

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

Proyecto final de graduación en modalidad de práctica dirigida presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Diseño y documentación del proceso de elaboración de un producto cárnico crudo fermentado (salami) en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

**Elaborado por:
Stephanie Calderón Badilla
Carné: B41198**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
Febrero 2020**

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:

Stephanie Calderón Badilla

Aprobado por:

PhD. Natalia Barboza Vargas
Presidente del Tribunal

M.Sc. Adriana Araya Morice
Directora del Proyecto

M.Sc. Manuel Montero Barrantes
Asesor del Proyecto

Ph.D. Eric Wong
Asesor del Proyecto

Lic. Allan Chavarría Quesada
Profesor Designado

Dedicatoria

A mis padres, quiénes me han acompañado y apoyado en cada etapa del camino. A mi abuela Ligia, quién me enseñó tanto sobre la vida.

Agradecimientos

A mis padres, por haber hecho todo lo posible y más para que yo alcanzara mis sueños. Por enseñarme a luchar por lo que quiero y a no rendirme nunca a pesar de los obstáculos. Por todos los esfuerzos que hicieron durante mi vida para que pudiera llegar a donde estoy hoy.

A mi familia, por apoyarme y siempre creer en mí.

A los amigos que me regaló la U, Ale, Aliz, Eri, Feli, Luis, Mike y Pao porque con ustedes compartí una de las etapas más importantes de la vida. Por las alegrías, por los momentos de estrés, por las tristezas, la diversión, la ayuda y el apoyo. Me siento muy afortunada de haber compartido esta etapa con ustedes.

A Juanma, por la compañía durante tantísimas horas en planta, pero principalmente por siempre estar ahí para mí y por apoyarme siempre.

A la profe Adriana, no pude haber pedido una mejor directora de proyecto. Gracias por acompañarme en mi aventura de hacer una práctica dirigida, por tener siempre la puerta abierta para mí cada vez que tenía una duda, por hacer todo y más para ayudarme a terminar este proyecto.

Al profe Eric, gracias por los consejos y el apoyo, así como por su disponibilidad para ayudarme.

A Giova por estar siempre dispuesto a ayudarnos, por las largas conversaciones motivadoras, por el apoyo en el lab de química y por ser una excelente persona.

A Alonso por ayudarme muchísimo en planta y por todas las horas dedicadas a hacer salami.

A todos mis profesores de TA por compartir su tiempo y conocimiento con los estudiantes y ayudar a convertirnos en buenos profesionales.

A todas las personas que fueron parte de esta etapa, ya sea por poco o mucho tiempo, porque todos de una u otra forma me ayudaron a crecer y alcanzar esta meta.

Índice

Tribunal Examinador	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Cuadros	ix
Índice de Abreviaturas	xi
Resumen	xii
1. Justificación	1
2. Objetivos	5
General	5
Específicos	5
3. Marco Teórico	6
3.1. Embutidos crudos fermentados (ECF)	6
3.2. Materias primas en productos crudos fermentados	10
3.3. Elaboración de ECF.....	17
3.4. Reacciones químicas y enzimáticas en ECF	21
3.5. Parámetros de control durante la fermentación y maduración de ECF	24
3.6. Parámetros físico químicos y sensoriales de ECF	25
3.7. Microorganismos asociados con ECF	34
3.8. Riesgos químicos asociados con ECF	36
3.9. Tecnología de barreras para inocuidad en ECF.....	36
3.10. Procedimiento de Operación	37
4. Resultados metodológicos	39
4.1. Localización	39
4.2. Evaluación de la situación inicial de la empresa	39
4.3. Determinación de las condiciones de fermentación para la elaboración de embutido crudo fermentado (salami)	54
4.4. Determinación de las condiciones de maduración y secado para la elaboración de embutido crudo fermentado (salami)	60
4.4.1. Diseño experimental	60
4.4.2. Procesamiento del embutido.....	61
4.4.3. Resultados y discusión de la determinación de las condiciones de maduración y secado para la elaboración de un embutido crudo fermentado (salami).	63
4.5. Modificaciones de la formulación y condiciones de procesamiento de prototipos obtenidos en objetivos previos.....	70
4.6 Elaboración de procedimiento de fabricación de salami crudo fermentado, ficha técnica de producto y registro de operación.....	84

4.6.1. Formato de los documentos.....	84
4.6.2. Procedimiento de fabricación de salami crudo fermentado.....	85
4.6.3. Ficha técnica de producto.....	86
4.6.4. Registro de operación.....	86
4.6.5. Registro de análisis de calidad.....	86
4.6.6. Revisión de los documentos elaborados.....	87
5. Conclusiones.....	88
6. Recomendaciones.....	89
7. Referencias.....	90
8. Anexos.....	103
Anexo 1. Clasificación de materias primas no cárnica disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.....	103
Anexo 2. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami aplicando los tratamientos GDL y 2GDL.....	107
Anexo 3. Cálculo de límite grados-hora para tratamientos GDL y 2GDL.....	108
Anexo 4. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración y secado de salami con las condiciones del tratamiento MS1.....	109
Anexo 5. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami con las condiciones del tratamiento M1.....	110
Anexo 6. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración de salami con las condiciones del tratamiento M1.....	110
Anexo 7. Tiempos y temperaturas de cocción de repeticiones del tratamiento M2.....	111
Anexo 8. Cálculo de índice R para prueba preliminar de preferencia.....	113
Anexo 9. Análisis estadístico aplicado a parámetros físico químicos de tratamientos M1 y M2.....	114
Anexo 10. Documentación relacionada al proceso de elaboración de salami crudo fermentado.....	122

Índice de Figuras

Figura 1. Reacciones del proceso de fermentación ácido láctica para la obtención de lactato. Fuente: Elaboración propia basada en Tortora <i>et al.</i> (2007).....	19
Figura 2. Sustratos, productos y enzimas involucradas en reacciones de proteólisis de embutidos crudos fermentados. Fuente: Elaboración propia adaptada de (Toldrá, Sanz, & Flores (2001). ...	22
Figura 3. Esquema de las reacciones químicas y bioquímicas más importantes que afectan las características físico químicas y sensoriales de los embutidos crudo fermentados. Fuente: Elaboración propia adaptada de Sebranek (2004).	24
Figura 4. Escalas de color utilizadas en HunterLab y CIELab. Fuente: (Sahin & Gulum, 2006).	26
Figura 5. Sólido tridimensional de color (luminosidad, croma y “hue”) de la escala L*C*h. Fuente: (Konica Minolta, 2007).....	27
Figura 6. Gráfica general de análisis de perfil de textura. Fuente: (ISO 5492:2008, 2012).	29
Figura 7. Comportamiento de distintas reacciones y microorganismos a distintos valores de actividad de agua en un alimento. a) Oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma de adsorción; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras, y h) crecimiento de bacterias. Fuente: (Badui, 2006). ..	32
Figura 8. Etapas y condiciones de procesamiento para la elaboración de salami crudo fermentado.	55
Figura 9. Comportamiento del pH en dos tratamientos (GDL y 2GDL) de salami, fermentados a 37 °C y 90-95 % de humedad relativa.	56
Figura 10. Tiempo requerido para alcanzar valores de pH menores a 5,1 en dos tratamientos de salami.	58
Figura 11. Comportamiento del pH durante la maduración del tratamiento MS1.	63
Figura 12. Comportamiento de pérdida de peso de tres réplicas del tratamiento MS1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.	64
Figura 13. Fotografías de salami con exudado de grasa correspondientes a tres repeticiones del tratamiento MS1. A1: Repetición 1 con funda, A2: repetición 1 sin funda, A3: repetición 1 con marca de grasa. B1: Repetición 2 con funda, B2: repetición 2 sin funda, B3: repetición 2 con marca de grasa. C1: Repetición 3 con funda, C2: repetición 3 sin funda, C3: repetición 3 con marca de grasa.....	68

Figura 14. Análisis de posibles causas de exudado de grasa en salami. Fuente: elaboración propia con información de Arnau (2013).....	70
Figura 15. Comportamiento del pH en tratamiento M1 durante la fermentación realizada a, 32 C ° y 90 - 95 % de humedad relativa. Nota: las líneas verticales representan barras de error estandar.	76
Figura 16. Comportamiento de pérdida de peso del tratamiento M1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami. Nota: los resultados son presentados con intervalo de confianza.	77
Figura 17. Comparación fotográfica de salami elaborados aplicando tres tratamientos distintos (MS1, M1 & M2). A1: MS1 con funda, A2: MS1 sin funda. B1: M1 con funda, B2: M1 sin funda. C1: M2 con funda, C2: M2 sin funda.	78
Figura 18. Comparación fotográfica del corte transversal de salami elaborados mediante tres tratamientos distintos M1, M2 y MS1.	79
Figura 19. Resultados de prueba de agrado realizado a los productos obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2. Nota: a) M1, b) M2.	82
Figura 20. Resultados de preferencia de los productos obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2.	83
Figura 21. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de fermentación del tratamiento GDL.	107
Figura 22. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de fermentación del tratamiento 2GDL.	107
Figura 23. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de maduración del tratamiento MS1.....	109
Figura 24. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami con las condiciones del tratamiento M1.....	110
Figura 25. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración de salami con las condiciones del tratamiento M1.	110
Figura 26. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 1 del tratamiento M2.....	111
Figura 27. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 2 del tratamiento M2.....	111
Figura 28. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 3 del tratamiento M2.....	112

Figura 29. Análisis de varianza del aw de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	114
Figura 30. Análisis de varianza del pH de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	114
Figura 31. Análisis de varianza del contenido de humedad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	115
Figura 32. Análisis de varianza del parámetro de color L* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	115
Figura 33. Análisis de varianza del parámetro de color a* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	116
Figura 34. Análisis de varianza del parámetro b* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	116
Figura 35. Análisis de varianza del parámetro C*ab de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	117
Figura 36. Análisis de varianza del parámetro h _{ab} de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	117
Figura 37. Análisis de varianza de dureza de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	118
Figura 38. Análisis de varianza de adhesividad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	118
Figura 39. Análisis de varianza de elasticidad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	119
Figura 40. Análisis de varianza de cohesividad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	119
Figura 41. Análisis de varianza de masticabilidad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.	120
Figura 42. Análisis de varianza de pérdida de peso de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	120
Figura 43. Análisis de varianza del contenido de sal de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.....	121

Índice de Cuadros

Cuadro I. Principales microorganismos utilizados como cultivos iniciadores en embutidos crudos fermentados.....	15
Cuadro II. Parámetros, unidades de medición, definiciones y forma de medición de parámetros obtenidos mediante el perfil de textura (TPA).....	30
Cuadro III. Resultados de evaluación realizada en visitas de diagnóstico a la planta Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para la definición de condiciones de proceso de elaboración de salami. 42	
Cuadro IV. Formulación prueba utilizada por Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para las pruebas de embutidos crudos fermentados y comparación con valores recomendados en la literatura.	47
Cuadro V. Caracterización de equipos disponibles para la elaboración de salami en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.	50
Cuadro VI. Condiciones seleccionados para los tratamientos a evaluar en las etapas de fermentación, maduración y secado de salami.	51
Cuadro VII. Formulaciones utilizadas en pruebas preliminares para la determinación de condiciones de fermentación, maduración y secado de salami.....	52
Cuadro VIII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) de dos tratamientos (GDL y 2GDL) para la determinación del tiempo de fermentación de salami.	57
Cuadro IX. Humedad relativa y temperatura de dos tratamientos (MS1 y MS2) utilizados para definir las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.....	60
Cuadro X. Promedio de parámetros físico químicos del salami obtenido mediante el tratamiento MS1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.	66
Cuadro XI. Condiciones de temperatura y humedad relativa utilizadas para la etapa de maduración y secado de los tratamientos realizados.	74
Cuadro XII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) del tratamiento M1 para la determinación del tiempo de fermentación de salami.....	76
Cuadro XIII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) del tratamiento M1 para la determinación del tiempo de maduración y secado de salami.....	78

Cuadro XIV. Parámetros físico químicos medidos a salami obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2. 79

Cuadro XV. Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. 103

Índice de Abreviaturas

AGL: ácidos grasos libres

a_w: actividad de agua

BAL: bacterias ácidos lácticas

CITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

ECF: embutido crudo fermentado

GDL: glucono delta lactona

HR: humedad relativa

Mb: mioglobina

NOMb: nitrosilmioglobina

NO: óxido nítrico

Temp: temperatura

TPA: perfil de textura

Resumen

Calderón Badilla, Stephanie

Diseño y documentación del proceso de elaboración de un producto cárnico crudo fermentado (salami) en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

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

Calderón Badilla, S., 2020.

140 págs. 153 refs.

Se determinaron las condiciones de fermentación, maduración y secado para la elaboración de salami crudo fermentado en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. Se realizó una evaluación de las materias primas disponibles, formulación utilizada, equipos disponibles para producción y condiciones de procesamiento en la planta. Se determinó que se requerían modificaciones en la formulación utilizada debido a la presencia de un preservante que inhibía el crecimiento adecuado del cultivo iniciador. Además, se eligieron condiciones de proceso para las pruebas que pudieran reproducirse en los equipos disponibles en la empresa.

Se evaluaron dos cantidades de glucono delta lactona (GDL) (2,5 g/kg y 5 g/kg) y se utilizó el tiempo para alcanzar un valor de pH menor a 5,1 como variable respuesta. Se determinó que a mayor cantidad de GDL, menor es el tiempo requerido para alcanzar el pH deseado. Se planteó la evaluación de maduración y secado del salami con humedad escalonada utilizando deshumidificador (MS1) y sin deshumidificador (MS2) en la cámara y se utilizó como variable respuesta el tiempo requerido para alcanzar una pérdida de peso del 40 %. Al realizar pruebas preliminares se determinó que no era posible obtener las condiciones deseadas de humedad relativa sin el deshumidificador, por lo que el tratamiento MS2 no se realizó. Los salami obtenidos al madurar y secar con las condiciones de MS1 presentaron gran cantidad de exudado de grasa, el cual es un defecto en estos productos. Se detuvo la evaluación de las condiciones de maduración y secado y se decidió realizar modificaciones para obtener un producto aceptable.

Al realizar una análisis de causa raíz se encontró que la aplicación de alta temperatura durante la fermentación fue la principal causa del defecto observado y que además, la adición de oleoresina contribuía a este defecto. En el producto modificado (M1) se disminuyó la temperatura de fermentación y se eliminó la oleoresina utilizada en el producto. Además, se

realizó un tratamiento con cocción posterior (M2). Los productos obtenidos fueron sometidos a una caracterización fisicoquímica (pH, a_w , contenido de sal, color instrumental, textura instrumental y contenido de humedad) y se determinó que ambos eran aceptables y que no presentaron exudado de grasa. Se realizó un “bench testing” con miembros de la empresa y se determinó de forma preliminar que ambos productos fueron gustados y que no existe preferencia por ninguno de los productos.

Palabras claves: exudado de grasa, fermentación, maduración, pH, salami, secado.

M. Sc. Adriana Araya Morice

Escuela de Tecnología de Alimentos

1. Justificación

El origen de los embutidos fermentados no se conoce con exactitud, sin embargo, es sabido que han sido elaborados por más de dos mil años en los países mediterráneos. En sus inicios, el principal objetivo de estos productos era aprovechar los residuos cárnicos y aumentar su vida útil (Zeuthen, 2007). En la actualidad se elaboran con un principio similar al original, mezclando carne y especias y luego embutiéndolas en una funda. Posteriormente, se fermentan, secan y maduran por un período de tiempo determinado. Hoy estos productos se consumen en la mayor parte del mundo, no obstante Europa es el mayor productor y consumidor de los mismos (Talon, Leroy, & Fadda, 2004).

El consumo de embutidos fermentados ha presentado un aumento en Costa Rica en los últimos años, por lo que algunas empresas de la industria cárnica han realizado esfuerzos para diseñar procesos de elaboración de productos similares a los elaborados en Europa (Fernández, 2013). La empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A., con más de 80 años de experiencia en la fabricación de productos cárnicos y embutidos, es una de las empresas que desea incursionar en dicho mercado con la producción de chistorra, longaniza, cantimpalo, salami y fuet. Actualmente en Costa Rica se comercializan pocas marcas de embutidos fermentados y la mayoría de ellas son importadas (Fernández, 2013), por lo anterior, la producción de estos embutidos a nivel nacional puede otorgar a la empresa una ventaja competitiva al incursionar en un mercado que aún no se ha explotado en nuestro país.

Los productos cárnicos fermentados poseen un pH ligeramente ácido, el cual ronda entre los 4,8 – 5,8, una actividad de agua menor a 0,94 y una vida útil tentativa de varios meses (Di Gioia, 2015). Los embutidos fermentados requieren un procesamiento controlado para asegurar la obtención de productos inocuos y con la calidad adecuada. La fermentación de estos productos consiste en el consumo de azúcares, por parte de microorganismos, en ausencia de oxígeno y la generación de ácidos orgánicos (Mani, 2018). La obtención de un embutido fermentado de calidad depende, principalmente, de dos factores: la correcta acidificación con ácido láctico, proveniente de la conversión del reservorio de glucógeno presente en los tejidos cárnicos y de los azúcares adicionados, y la disminución de la actividad de agua del producto por la maduración y secado (Ockerman & Basu, 2014). Por ello, el establecimiento de condiciones adecuadas y el control de las etapas de fermentación y maduración es de suma importancia para tener la

eficiencia adecuada del cultivo fermentador y lograr el descenso adecuado del pH y la actividad de agua. Además, de lograr una etapa de maduración que desarrolle aromas y sabores característicos del producto (Martín, 2005).

La carne es una materia prima rica en nutrientes y debido a sus características se considera un ambiente óptimo para el crecimiento y propagación de microorganismos, tanto de deterioro como patógenos (Gul, Singh, & Wani, 2016). La susceptibilidad de esta materia prima debe tomarse en cuenta al elaborar productos cárnicos crudos fermentados, ya que se debe asegurar el cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), el establecimiento de parámetros de proceso adecuados y la utilización de materia prima de calidad para obtener un producto inocuo.

La calidad de los embutidos fermentados depende no solo de la calidad de los ingredientes utilizados y de la composición de la población microbiológica, sino también de las condiciones específicas de procesamiento y maduración (Yilmaz & Velioglu, 2009). Por ello, se requiere de la definición y control de parámetros específicos de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire durante la fermentación, secado y maduración de estos productos, con el fin de asegurar el crecimiento microbiológico de los cultivos iniciadores y la acción enzimática adecuada (Toldrá, 2017). La definición y control adecuado de los parámetros antes mencionados permite la obtención de un producto crudo fermentado que cumpla con las características de calidad deseadas.

El color rojizo fuerte de los embutidos fermentados se debe a la formación de nitroso mioglobina como resultado de una serie de reacciones que implican la formación de óxido nítrico a partir de nitrito y su reacción posterior con la mioglobina. Para lograr la coloración adecuada se debe asegurar la reducción adecuada del nitrato y la disminución del pH, ya que estos factores afectan de forma directa la formación de nitroso mioglobina y por ende la obtención del color rojo característico (Talon *et al.*, 2004).

Asimismo, el aroma y sabor de los embutidos fermentados son algunas de las características más importantes de estos productos, las cuales se generan principalmente por la formación de ácido láctico dada por la fermentación de carbohidratos, así como otras reacciones bioquímicas. El pH es el parámetro más importante a controlar debido a que la actividad de las bacterias ácido lácticas es la que contribuye al sabor ácido característico de estos productos, no

obstante una acidificación excesiva puede impartir sabores indeseados y afectar la calidad del producto (Flores & Olivares, 2015).

Con respecto a la textura, al adicionar sal a la materia cárnica se da la solubilización de las proteínas musculares, las cuales coagulan y forman un gel provocado por la acidificación causada por las bacterias ácido lácticas. La formación del gel se estabiliza por la pérdida de agua y determina la textura del embutido. La textura adecuada es entonces determinada tanto por el pH del producto como por las condiciones de secado, lo cual implica que también estas condiciones requieren de un control adecuado para la obtención del producto deseado (Talon *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista de inocuidad, estos productos son considerados de alto riesgo debido a que no poseen un tratamiento térmico para eliminar patógenos y por la naturaleza de la carne y sus condiciones de procesamiento existe un alto riesgo de presencia de patógenos como *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* (Mor-Mur & Yuste, 2010). Por ello, se debe asegurar el alcance adecuado de las barreras que controlan el crecimiento microbiano, las cuales en este caso son un pH ácido, actividad de agua baja, contenido de sal y contenido de nitritos adecuado (Lund, Baird, & Gould, 2000). Además, se debe asegurar la utilización de materias primas inocuas para evitar la introducción de patógenos a la planta de procesamiento.

Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. es una empresa costarricense que elabora productos cárnicos desde 1933. Actualmente se encuentra certificada con FSC 22000 v4 y tiene como misión brindar a sus clientes alimentos de calidad mediante el cumplimiento y mejora continua de estándares de inocuidad, equipo y servicio (Grupo MAZU, n.d.). Por ende, para la empresa es de suma importancia que mediante esta práctica dirigida se desarrolle un proceso que produzca un embutido crudo fermentado que cumpla con los requisitos de calidad e inocuidad establecidos por la norma antes mencionada. La empresa desea ampliar su catálogo de productos e incorporar una línea de embutidos crudos fermentados, los cuales no se producen ampliamente en Costa Rica.

A pesar de un esfuerzo preliminar realizado, no se ha logrado la obtención de los productos con las características deseadas de color y textura ni los valores de pH adecuados, lo cual ha frenado su producción y lanzamiento al mercado. Por ende, el diseño del proceso de producción de salami utilizando los recursos disponibles en la empresa, como primer producto de esta nueva línea de producción, favorecerá en la definición del proceso y parámetros de

producción y calidad necesarios para asegurar el lanzamiento en el mercado del producto, además del establecimiento de un procedimiento que puede ser aplicado a otros productos similares. Para definir un proceso adecuado para la empresa es fundamental realizar una evaluación previa que permita realizar una verificación detallada de las condiciones y factibilidad de procesamiento de los equipos disponibles en la planta de Inversiones ZAMU de Alajuela S.A., así como de las características de las materias primas utilizadas y la formulación del producto con el fin de desarrollar un proceso que se adecue a los equipos disponibles en la empresa, logrando un producto inocuo que cumpla con las características deseadas.

La elaboración y documentación del procedimiento para la elaboración del salami facilitará la implementación adecuada del proceso y puesta en marcha de la línea de embutidos crudos fermentados permitiendo la elaboración de un embutido reproducible y de calidad que cumpla con las exigencias del cliente. Considerando lo antes mencionado, esta práctica dirigida tiene como objetivo establecer las condiciones de proceso y características del producto final para la elaboración de un embutido crudo fermentado (salami) en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

2. Objetivos

General

Establecer las condiciones de proceso y características del producto final para la elaboración de un embutido crudo fermentado (salami) en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. mediante una evaluación de condiciones de proceso iniciales, pruebas a escala piloto y documentación del procedimiento de operación estandarizado.

Específicos

- Examinar las condiciones de procesamiento, equipos de producción, materias primas y formulación disponibles en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. para obtener información que permita establecer un proceso de elaboración de un embutido crudo fermentado (salami).
- Evaluar variaciones, viables para la empresa, en la etapa de fermentación del proceso de elaboración de un embutido crudo fermentado (salami), para la elección de condiciones que permitan el alcance de valores de entre pH 5,0 – 5,1 posterior a la fermentación.
- Evaluar variaciones, viables para la empresa, en la etapa de maduración y secado del proceso de elaboración de un embutido crudo fermentado (salami), para la elección de condiciones que permitan el alcance de una pérdida de peso del 40 % en el producto terminado.
- Evaluar modificaciones en la formulación y procesamiento de los prototipos realizados para la obtención de un producto apto para ser comercializado.
- Documentar el procedimiento de elaboración del producto crudo fermentado (salami) para la aplicación de un proceso reproducible en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

3. Marco Teórico

3.1. Embutidos crudos fermentados (ECF)

3.1.1. Definición

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2014) un embutido crudo fermentado (ECF) consiste en una mezcla de carnes magras y tejidos grasos combinados con sales de cura, azúcares y especias y usualmente embutido en una funda. Además, sus características son completa o parcialmente dependientes de la fermentación generada por ciertos tipos de bacterias. Dichos productos no son sometidos a un tratamiento térmico previo a su consumo y pueden ser clasificados en distintas categorías.

Existen muchas variaciones en la elaboración de ECF, las cuales se pueden deber a la formulación, tipo de cultivo utilizado, grado de molienda de las materias primas cárnicas, calibre, fermentación y condiciones de maduración (Talon *et al.*, 2004). Independiente de estas variaciones, un producto se considera ECF siempre y cuando cumpla con los parámetros establecidos de reducción de pH y actividad de agua (Lachowicz, Zochowska-Kujawska, & Sobczak, 2012).

3.1.2. Orígenes

La fermentación y el secado se consideran unas de las técnicas más antiguas para la conservación de alimentos en general y la cual, también era aplicada a alimentos de origen cárnico, tanto embutidos como piezas enteras. Existen evidencias que sugieren su existencia desde hace más de 2000 años, tanto en Asia como en Europa (Puolanne & Petaja-KanninenEsko, 2015). Debido a las múltiples características que hacen de la carne un sustrato ideal para el deterioro, era necesario encontrar formas para alargar su vida útil, sin embargo, se descubrió que la fermentación también generaba sabores y olores agradables (Gul *et al.*, 2016).

En Europa, la producción y consumo de ECF inició en el área mediterránea debido a las condiciones climáticas de la zona, las cuales favorecían el secado y maduración natural de estos productos. En las zonas frías del norte de Europa, las condiciones climáticas no favorecían el secado natural, por lo que se aplicaban técnicas de ahumado para obtener alimentos deshidratados. Fueron los romanos quienes perfeccionaron y extendieron estas técnicas de producción a través de su imperio (Vignolo, Fontana, & Fadda, 2010).

Durante muchos siglos la elaboración de productos crudos fermentados se realizó de manera empírica alrededor del mundo, lo anterior generó una gran variedad de productos con diferentes características sensoriales y de larga vida útil. Fue hasta finales del siglo XIX cuando se inició el estudio y entendimiento de la química y microbiología asociadas los mismos. Hoy, estos métodos siguen siendo utilizados para elaborar embutidos gracias al desarrollo de aromas, texturas y sabores que estos procesos generan en los productos (Toldrá, 2002).

3.1.3. Tipos de embutidos crudos fermentados (ECF)

Los embutidos crudos fermentados son un grupo de alimentos sumamente heterogéneo debido a su amplia variabilidad, así como sus múltiples orígenes geográficos. Por ello, no existe solamente una clasificación para este tipo de productos. Las clasificaciones utilizadas más comúnmente son por región de origen y por contenido de humedad. Es importante destacar que en los Estados Unidos estos productos deben cumplir con características o parámetros específicos para el país, los cuales difieren a los establecidos en la mayoría de países europeos. La principal diferencia radica en que en Estados Unidos estos productos se clasifican por la proporción humedad : proteína (MPR), la cual se obtiene mediante la división del porcentaje de humedad del producto entre el porcentaje de proteína. En cambio en Europa se utiliza como parámetro la actividad de agua (a_w), la cual se considera un parámetro más adecuado para determinar la estabilidad del producto (Sebranek, 2004).

Debido a que Europa es la mayor zona de producción de ECF, una de las clasificaciones más conocidas es la que divide estos productos en los elaborados en el Norte de Europa y en el Sur de Europa o Mediterráneo. Los ECF del Norte de Europa son productos que contienen cerdo y res, así mismo poseen períodos cortos de maduración y las temperaturas a las que se realiza la fermentación no exceden los 30 °C (Demeyer & Stahnke, 2002). Además, alcanzan valores de pH entre los 4,8 -4,9. El salami húngaro y alemán pertenecen a esta clasificación (Talon *et al.*, 2004). En contraste, los ECF mediterráneos o del Sur de Europa son elaborados a base de cerdo solamente y requieren períodos de maduración mucho mayores. Las temperaturas que se utilizan para fermentar estos productos son menores a las del Norte y no hay una separación clara en las etapas de fermentación y maduración (Demeyer & Stahnke, 2002). Los valores de pH alcanzados en estos productos se encuentran entre 5,2 - 5,8. Estos incluyen el salami italiano, salchichón español y saucisson francés (Talon *et al.*, 2004).

Dentro de la clasificación anterior se pueden encontrar embutidos secos y semisecos, categorías también utilizadas para clasificar estos productos.

a. Secos

Los embutidos secos son elaborados a base de carne picada o molida y son sometidos a períodos largos de maduración. Entre los principales productos destacan el salami, salchichón y pepperoni (Ockerman & Basu, 2016) .

Para los Estados Unidos este tipo de producto posee las siguientes características: reducción de pH de entre 4,7 – 5,3, pérdida de humedad del 20 % - 50 % y porcentaje de humedad menor al 35 %. Además debe fermentarse a temperaturas entre los 15 °C - 40 °C de 1 a 5 días y deben contener nitritos (Ockerman & Basu, 2016).

Para Europa debe darse una reducción de pH entre 5,3 – 5,6; deben presentar una pérdida de humedad del 20 – 50 % y un porcentaje de humedad de 20 % - 45 %. Con respecto al procesamiento puede darse a temperaturas entre los 22 °C - 26 °C por 12 a 14 semanas (Ockerman & Basu, 2016). En ambos casos los embutidos secos se caracterizan por tener un sabor menos ácido que los embutidos semisecos.

b. Semisecos

Estos productos se distinguen por un sabor mucho más ácido que los secos, debido a que son sometidos a procesos forzados de fermentación. Su contenido de humedad es mayor que el de los embutidos secos, pero menor que el de los embutidos cocidos con agua adicionada (Vignolo *et al.*, 2010).

Al igual que los embutidos secos son elaborados con carne picada o molida y la acción bacteriana reduce el pH a valores menores a 5,0. Son secados para remover 8 % - 30 % de la humedad y poseen un contenido de humedad del 30 al 50 %. Generalmente son empacados posterior al secado y calentamiento, además pueden ser ahumados (Ockerman & Basu, 2016).

En los Estados Unidos, la mayoría de los embutidos semisecos son fermentados rápidamente (doce horas o menos) a altas temperaturas (32 °C - 46 °C) y posteriormente cocidos, pero no son sometidos a un proceso de secado. En cambio en Europa, estos productos generalmente experimentan un proceso de pérdida de peso durante las operaciones de cocción o ahumado. Además, la fermentación se realiza de forma lenta (24 horas o más) y a menor

temperatura (Sebranek, 2004). Estos productos incluyen el “summer sausage”, chorizo y salchichón español, entre otros (Ockerman & Basu, 2016).

3.1.4. Definición de salami

Según la Norma Oficial de Productos Cárnicos: Clasificación y Características, el salami o salame “se entiende como el embutido seco, elaborado sobre la base de carne de cerdo o carne de cerdo y vacuno, con el agregado de tocino, tritурados y mezclados, con ingredientes y aditivos de uso permitido, introducido en tripas autorizadas, cocido o no, ahumado o no y sometido a proceso de maduración” (Poder Ejecutivo, 2008).

3.1.5. Tipos de salami

Es posible encontrar muchos tipos de salami, cuyas variaciones se deben principalmente a la región o país de origen del producto. Entre los tipos más conocidos destacan:

Salami Milano: también conocido como Crespone, se elabora con carne de res y cerdo molida finamente y con adición de sal, pimienta y ajo. Se originó en los pueblos de Codogno y San Colombano al Lambro, Italia. El secado se realiza a temperaturas entre los 3 °C y 7 °C o 15 °C y 25 °C. Su apariencia y sabor es similar al salami húngaro, pero su textura característica se debe al equipo utilizado para la molienda llamado “finimondo”(Aquilanti, Garofalo, Osimani, & Clementi, 2012).

Salami húngaro: como su nombre lo indica es un salami de origen húngaro elaborado generalmente de carne de cerdo, la cual es obtenida de cerdos mayores de dos años debido a que su carne es mucho más oscura, firme y posee un menor contenido de agua disponible. Se utilizan azúcares, nitritos y algunas especias como pimienta, nuez moscada y clavo de olor. Se elabora a bajas temperaturas de fermentación (10 °C -12 °C) hasta obtener un a_w menor a 0,95 (Feiner, 2016d).

Salami Genovese es un ECF seco con una proporción de humedad : proteína no mayor a 2,3:1. Es preparado solamente de carne de cerdo o con una mezcla de cerdo con una pequeña cantidad de res. La carne es sometida a un proceso de molienda grueso y posteriormente embutido en una funda natural. En este producto no se utiliza proceso de ahumado (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2005).

Salami alemán: se elabora con 70 % - 80 % de carne de cerdo y el restante de carne de res. Es un producto de fermentación media ya que alcanza valores de pH entre 4,8 -5,1 en 3 – 4 días.

Contiene nitrito, ascorbato, pimienta blanca, pimienta negra, ajo, culantro y semillas de alcaravea (Feiner, 2016d).

Salami cotto: este tipo de salami es sometido a un proceso de fermentación de 2 a 7 días, posteriormente cocido y algunas veces ahumado. Contiene granos de pimienta enteros y debe refrigerarse (Toldrá & Reig, 2007).

Kantwurst: este producto es de origen austriaco y es un tipo de ECF rectangular con valores de pH entre 4,8-5,0. Se elabora con cultivos fermentadores y contiene especias como pimienta, ajo, culantro y semillas de alcaravea. Se utiliza una fermentación lenta de 2 a 3 días en la que el producto se coloca en una prensa para obtener su forma característica (Feiner, 2016d).

3.1.6. Producción y consumo de ECF a nivel global y en Costa Rica

La producción y consumo de ECF se ha expandido en el mundo, sin embargo Europa continúa siendo el principal productor y consumidor de estos productos. Los datos referentes al consumo de ECF son escasos y poco actualizados. Sin embargo, es sabido que países como España, Italia, Alemania y Francia poseen los mayores valores de producción y consumo *per cápita* (Holck, Heir, Johannensen, & Axelsson, 2015). En estos países entre 20 % - 40 % de los productos cárnicos procesados corresponden a embutidos fermentados. En el caso de Estados Unidos, se estima que un 5 % de la producción de carne es procesada en embutidos fermentados (Hames, Haller, & Ganzle, 2008). Con respecto a Costa Rica no hay datos reportados sobre el consumo de estos productos.

3.1.7. Normas de ECF

En Costa Rica no existe una norma o reglamento específico para la producción y comercialización de salami o de productos crudos fermentados en general, por lo que debe cumplirse lo establecido en la Norma Oficial de Productos Cárnicos Clasificación y Características, Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios y la Norma Oficial de Etiquetas para Productos Alimenticios.

3.2. Materias primas en productos crudos fermentados

La calidad de las materias primas utilizadas en la elaboración de estos productos es de suma importancia, ya que al no ser tratados térmicamente, su calidad depende en gran parte de la

baja carga microbiológica de las materias primas utilizadas. Para la elaboración de ECF se utilizan materias primas cárnicas y no cárnicas, las cuales se detallan a continuación.

3.2.1. Materias primas cárnicas

a. Carne

i. Definición

El Reglamento técnico RTCR 411 define carne como: “la parte muscular comestible de los animales de abasto sanos faenados, constituida por todos los tejidos blandos que rodean el esqueleto, tendones, vasos sanguíneos, grasa, nervios, aponeurosis y todos los tejidos no separados durante la faena. Además se considera carne al diafragma, los músculos del sostén del hioides, corazón y esófago”.

b. Tocino

i. Definición

El tocino se define como “los trozos de tejido adiposo que se encuentran en la región dorso lumbar y en la papada del cerdo” (Poder Ejecutivo, 2008).

ii. Tipos de tocino

El tocino adecuado para la elaboración de ECF es el obtenido de la zona dorsal del cerdo debido a su consistencia y firmeza. Los tejidos adiposos provenientes de la barriga y los que posean consistencia blanda no deben utilizarse debido a que contienen un mayor porcentaje de grasas insaturadas, lo cual favorece la oxidación y además presentan poca resistencia al corte (Garabello & Díaz, 2017).

Con respecto al almacenamiento, se deben evitar periodos prolongados debido a que ciertas lipasas se mantienen activas a bajas temperaturas, provocando la liberación de ácidos grasos libres que podrían causar oxidación y rancidez (Sheikha & Bakar, 2013).

3.2.2. Materias primas no cárnicas

a. Sal

De acuerdo al RTCA 67.04.54:10 “la sal se trata principalmente de cloruro de sodio de calidad alimentaria. Incluye la sal de mesa, la sal yodada y la sal dendrítica” (MEIC, 2012). A nivel tecnológico, la sal es un ingrediente de gran importancia en la elaboración de ECF, el alto contenido de sal en estos productos contribuye a la estabilidad microbiológica y vida útil

mediante el enlace con moléculas de agua. Dichos enlaces disminuyen el agua libre en el producto y por ende reducen la disponibilidad de la misma para los microorganismos (Holck, Axelsson, Mcleod, Rode, & Heir, 2017).

Además, una función fundamental de la sal en ECF es la solubilización de las proteínas miofibrilares, las cuales son solubles solamente en alta fuerza iónica. Dicha solubilización es necesaria para la obtención de la textura característica de estos productos (Alves, 2015).

b. Nitritos y nitratos

El nitrito y nitrato se utilizan en ECF en la forma de sales de sodio y potasio. El término nitrito se utiliza para referirse tanto al anión (NO_2^-) como al ácido nítrico (HNO_2).

Las funciones del nitrito en los productos cárnicos son:

- **Formación de coloración roja:** El óxido nítrico generado a partir del nitrito reacciona con la mioglobina y produce el pigmento rojo/rosado típico de los embutidos curados (Sebranek, 2009).
- **Desarrollo de sabor y aroma característico:** el papel de los nitritos en el desarrollo de sabor de los ECF es complejo y en algunos casos se tiene poca información sobre sus mecanismos de acción. No obstante, es sabido que se da la unión de nitritos con proteínas y lípidos, lo que provoca la formación de compuestos tanto volátiles como no volátiles los cuales contribuyen al sabor de estos productos. Además, la unión de nitritos a aminoácidos que contienen sulfuro resulta en la formación de residuos con enlaces SH los cuales imparten un aroma y sabor específicos (Govari & Pexara, 2015).
- **Efecto bacteriostático:** el nitrito puede actuar como preservante contra bacterias como *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus* y especialmente *Clostridium botulinum*. En concentraciones de 80–140 ppm de nitrito/kg de producto es considerado una barrera efectiva contra el crecimiento de bacterias. Sin embargo, el nitrito posee poco impacto contra bacterias como *Micrococci*, *Lactobacillus*, y *Enterococci* (Feiner, 2016b)
- **Efecto antioxidante:** el nitrito puede actuar como secuestrante de oxígeno, ya que puede oxidarse fácilmente a NO_2 . Al reaccionar con el oxígeno, disminuye su presencia en los ECF y evita el desarrollo de rancidez y sabores extraños (Govari & Pexara, 2015).

El nitrato (NO_3^-) es la sal del ácido nítrico. Se utiliza en ECF para desarrollar y estabilizar la coloración rosada características de carnes curados. Sin embargo, este compuesto por sí solo no es efectivo en las reacciones de curado hasta que es reducido a nitrito. Debido a que puede reducirse a nitrito, posee las mismas funciones que este compuesto (Igoe, 2011), las cuales fueron mencionadas anteriormente. La reducción del nitrato en ECF se da por la acción de la enzima nitrato reductasa de algunas bacterias, las cuales pueden estar presentes en la pasta naturalmente o por la adición mediante cultivos iniciadores (Sheikha & Bakar, 2013).

c. Acidulantes

Estos aditivos son compuestos químicos que controlan o ajustan el pH del alimento al que se adicionan (Aramouni & Deschenes, 2015). Pueden ser utilizados como agentes saborizantes, inhibidores del crecimiento microbiano, agentes quelantes, amortiguadores, agentes gelificantes o coagulantes, entre otros (Igoe, 2011). En el momento de elegir el acidulante indicado para cada producto, se deben tomar en cuenta aspectos como solubilidad en agua, perfil de sabor, higroscopicidad y estado físico (Aramouni & Deschenes, 2015). Estos productos se pueden adicionar de forma directa como la glucono delta lactona (GDL) o encapsulado como el ácido cítrico y el ácido láctico. La encapsulación del ácido cítrico y el ácido láctico se realiza debido a que estos ácidos no pueden adicionarse de forma directa en la pasta de los embutidos, debido a que generan una acidificación inmediata provocando que las proteínas cárnicas coagulen y por ende impidiendo el proceso de embutición (Pegg & Shahidi, 2007).

d. Azúcares

Los carbohidratos son utilizados como sustrato para el crecimiento microbiano y la fermentación ácido láctica. La velocidad de formación de ácido láctico está directamente relacionada con el tipo y cantidad de carbohidrato utilizado. El uso de azúcares metabolizables, como la sacarosa y dextrosa, genera caídas rápidas de pH inhibiendo el crecimiento de bacterias sensibles al ácido. Mientras que el uso de carbohidratos de metabolización lenta (dextrinas) reduce la velocidad de generación de ácido láctico y por ende, la disminución del pH (Xiong & Mikel, 2001).

El uso de azúcares simples, como la dextrosa y sacarosa, se considera más efectivo debido a que pueden ser transportados a través de la pared celular bacteriana sin necesidad de ser

degradados. La cantidad de azúcar añadido a embutidos secos y semi secos está entre 0,5% y 2 %. Entre menor es el pH deseado, mayor la cantidad de azúcar que debe adicionarse.

e. Cultivos

Tradicionalmente, la fermentación de los ECF se realizaba utilizando microbiota de las materias primas utilizadas. Sin embargo, la utilización de este tipo de microbiota resulta en productos con características poco consistentes debido a las posibles variaciones de microorganismos que actúan durante la fermentación (Ockerman & Basu, 2014).

Los cultivos iniciadores son preparaciones microbiológicas que contienen grandes cantidades de células de al menos un microorganismo, las cuales son añadidas a las materias primas para acelerar el proceso de fermentación de un producto (Ray & Joshi, 2014). Previo a la utilización de cultivos iniciadores, la inoculación se realizaba adicionando una porción de pasta del embutido del lote anterior con el fin de aumentar la cantidad de bacterias ácido lácticas presentes. No obstante, este método ya no es utilizado en plantas de producción de ECF debido a que todas las bacterias presentes en el lote anterior, incluidas las no deseadas, eran incluidas en el nuevo lote de ECF (Feiner, 2016c). El uso de cultivos iniciadores permite un mayor control del proceso de fermentación y la obtención de resultados más consistentes. Además, reduce el tiempo de fermentación, disminuye las posibilidades de deterioro, mejora la inocuidad y el desarrollo de color y sabor en el producto (Leroy, Verluyten, & De Vuys t, 2006).

Los cultivos utilizados en ECF deben tolerar altos contenidos de sal, pH ácido y bajo a_w , los cuales son condiciones típicas en este tipo de productos (Toldrá, 2017). En la fermentación de ECF, se identifican dos grupos principales de microorganismos como responsables de las transformaciones que se llevan a cabo durante las etapas de fermentación y maduración: bacterias ácido lácticas (BAL), especialmente *Lactobacillus* sp. y cocos Gram positivo coagulasa negativo, especialmente *Staphylococcus* sp. Las BAL son responsables de la producción de ácido láctico, así como del descenso en el pH que provoca la coagulación de proteínas cárnicas y su sabor ácido característico (Garriga & Aymerich, 2014).

i. Tipos de microorganismos

Los cultivos iniciadores poseen distintas mezclas de microorganismos según las características del embutido deseado, así como del tipo de fermentación a realizar. En el Cuadro I se detallan algunos de los microorganismos más utilizados y sus funciones principales en la elaboración de ECF.

Cuadro I. Principales microorganismos utilizados como cultivos iniciadores en embutidos crudos fermentados.

Tipo de microorganismo	Género	Especie	Funciones principales
Bacterias ácido lácticas	<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus sakei</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Acidificación Disminución de población de microorganismos no deseados
	<i>Peddiococcus</i>	<i>Peddiococcus pentosaceus</i> , <i>Peddiococcus acidilacti</i>	Acidificación
Staphylococcus coagulasa negativo	<i>Staphylococcus</i>	<i>Staphylococcus xylosum</i> , <i>Staphylococcus carnosus</i> , <i>Staphylococcus equorum</i>	Desarrollo de color y aroma debido a actividad catalítica lipolítica y proteolítica. Además de capacidad de degradación de aminoácidos y ácidos grasos.
Mohos	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium nalgiovense</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i>	Reducción de rancidez por uso de oxígeno y producción de catalasa. Aumento de pH por oxidación de ácido láctico y producción de amonio. Desarrollo de sabor por actividad lipolítica y proteolítica.
Levaduras	<i>Debaryomices</i>	<i>Debaryomices hansenii</i>	Desarrollo de sabor debido a actividad lipolítica y proteolítica. Aumento de pH debido a descomposición de peróxidos y consumo de ácido acético y láctico.

Fuente: Adaptado de (Toldrá, 2017) y (CHR. Hansen, 2009)

f. Fundas o tripas

La funda o tripa es un “producto flexible, elaborado con un material de colágeno de origen animal, celulosa, materiales sintéticos o mezclas de éstos; de permeabilidad variable, que se utiliza para embutir productos cárnicos procesados” (Poder Ejecutivo, 2009). En la producción de salchichas fermentadas es importante la selección de la funda utilizada debido a que actúan como barreras microbiológicas y también influyen en el crecimiento de los microorganismos beneficiosos (Pecanac, Baltic, & Djordjevic, 2015).

Las tripas naturales son el intestino de res, cerdo u oveja y son utilizados para embutir productos como salchichas, salami, entre otros. Debido a su naturaleza la contaminación con microorganismos entéricos y exógenos es inevitable, sin embargo la calidad microbiológica depende de las prácticas de manufactura, el manejo post proceso y las temperaturas de almacenamiento (Chawla, Chander, & Sharma, 2006). Este tipo de tripas resiste la presión generada durante la embutición, son permeables al vapor de agua, gases y humo. Además, son elásticas y pueden cerrarse en los extremos con clips. Las tripas naturales se utilizan comúnmente en procesos tradicionales de producción debido a la heterogeneidad del diámetro de las mismas (Djordjevic, Pecanac, Todorovic, & Dokmanovic, 2015).

Las tripas artificiales fueron creadas a inicio del siglo XX, cuando los requerimientos de la industria cárnica superaron la oferta de tripas naturales (Campos, Rivas, Elisa, & Castro, 2018). En el mercado es posible encontrar fundas artificiales elaboradas a base de colágeno, celulosa, nylon, entre otros (Wu, Chi, & Christieans, 2015). Este tipo de fundas ha aumentado su popularidad debido a la uniformidad de su tamaño, forma, fortaleza, flexibilidad y calidad higiénica. Entre sus principales ventajas destacan que no requieren almacenamiento a bajas temperaturas y no presentan problemas de deterioro durante su almacenamiento y transporte (Feng, Drummond, Zhang, & Sun, 2014).

g. Especies

El Reglamento técnico RTCR 411:2008 define especias como: “los productos vegetales sin materias extrañas, que se utilizan enteras o en polvo, o sus extractos, en pequeñas cantidades, para proporcionar sabor, aroma y color a los alimentos” (Poder Ejecutivo, 2009). Las especias son lo que diferencia principalmente los ECF, la pimienta molida (0,2% – 0,3%) se encuentra prácticamente en todos los tipos de ECF. Las semillas de mostaza, culantro, jengibre, cardamomo, nuez moscada, clavo de olor, paprika y ajo son algunas de las especias utilizadas en

este tipo de productos (Chi & Wu, 2015). Además de ser utilizadas para el sabor, estas materias primas también poseen un efecto directo en la velocidad de fermentación. Se ha demostrado que algunas especias, como el ajo, nuez moscada, canela y jengibre estimulan la producción de ácido debido a que contienen cantidades significativas de manganeso. El manganeso es un elemento esencial para el crecimiento de los cultivos y facilita la producción rápida de ácido (Sebranek, 2004). También se ha demostrado que algunas especias poseen actividad microbiana contra microorganismos no deseados (Vignolo *et al.*, 2010).

h. Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos que inhiben la oxidación de otras moléculas (Joshi & Biswas, 2015) debido a que poseen la capacidad de donar radicales hidrógeno. Estos radicales pueden reaccionar con otros radicales libres para prevenir la propagación de las reacciones durante el proceso de oxidación. Al unirse a los radicales libres, minimizan la rancidez y retardan la oxidación lipídica sin alterar las características sensoriales de los productos cárnicos y alargando su vida útil (Kumar, Yadav, Ahmad, & Narsaiah, 2015). El ácido ascórbico, ascorbato, eritorbato y en algunas ocasiones tocoferoles son algunos de los antioxidantes comúnmente utilizados en ECF (Feiner, 2016c).

3.2.3. Reglamentación en uso de aditivos en ECF

Los ECF deben cumplir con los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10 para Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios (MEIC, 2012).

3.3. Elaboración de ECF

A continuación se mencionan algunas de las operaciones más comunes en el proceso de elaboración de embutidos crudos fermentados.

3.3.1. Picado y mezclado

La reducción de tamaño de las materias primas cárnicas (carne y grasa) se realiza generalmente en una cutter o picadora industrial, la cual está compuesta por un set de cuchillas y un tazón, ambos rotatorios. En este equipo se realiza tanto el picado de la carne como el mezclado con las materias primas no cárnicas (Demeyer, 2004).

Al realizar el picado y mezclado en una picadora se añade primero la carne, posteriormente se adicionan el cultivo y los condimentos, y luego la grasa hasta obtener el tamaño de partícula deseado. Finalmente, se adiciona la sal de cura y se mezcla para asegurar una distribución homogénea en la pasta. Al realizar el picado la carne debe estar fría o ligeramente congelada y el tocino debe estar congelado para evitar el embarrado (Medi , 2007).

La velocidad del picado, así como el orden de la adición de los ingredientes determinan el tamaño de partícula de la grasa, este parámetro debe controlarse cuidadosamente ya que afecta el daño generado al tejido graso y el incremento en la temperatura de la pasta. En esta etapa se desea evitar la incorporación de oxígeno a la mezcla por lo que, de ser posible, es mejor realizarse bajo condiciones de vacío. Si se desea obtener tamaños de partícula de mayor grosor, es recomendable realizar el picado de la carne en un molino (Demeyer, 2004).

3.3.2. Embutido

Posterior al picado y mezclado, la pasta debe introducirse en una embutidora intentando reducir el aire presente en la mezcla. La pasta se embute en tripas, ya sea naturales o artificiales, que sean permeables al vapor de agua, oxígeno y humo. Durante esta operación debe controlarse la presión de embutido, ya que debe ser lo suficiente para evitar espacios vacíos en el embutido, pero no excesiva ya que puede provocar el rompimiento de la funda. El embutido debe realizarse a temperaturas menores a los 5  C para evitar el embarrado de grasa en la funda (Baños & Díaz, 2015).

3.3.3. Fermentación

a. Definición

La fermentación es un proceso metabólico en el cual se da el consumo de carbohidratos en la ausencia de oxígeno y como resultado de una serie de reacciones se pueden obtener ácidos orgánicos, gases o alcohol (Mani, 2018). Existen dos tipos principales de fermentación, la ácido láctica y la alcohólica. En la fermentación ácido láctica, dependiendo del tipo, se obtienen como productos; ácido láctico, otros ácidos orgánicos y alcoholes. En la fermentación alcohólica se obtiene etanol y dióxido de carbono. En el caso de los ECF solamente es de importancia la fermentación ácido láctica, la cual puede ser homofermentativa (solamente se produce ácido láctico) o heterofermentativa (producción de ácido láctico, otros ácidos orgánicos y alcoholes).

La producción de ácido láctico se lleva a cabo en dos etapas, en la primera de ellas denominada glucólisis, se obtienen dos moléculas de ácido pirúvico producto de la oxidación de una molécula de glucosa. En la siguiente etapa las dos moléculas de ácido pirúvico son reducidas por dos moléculas de NADH y se obtienen dos moléculas de ácido láctico, como se representa en la Figura 1 (Tortora, Funke, & Case, 2007).

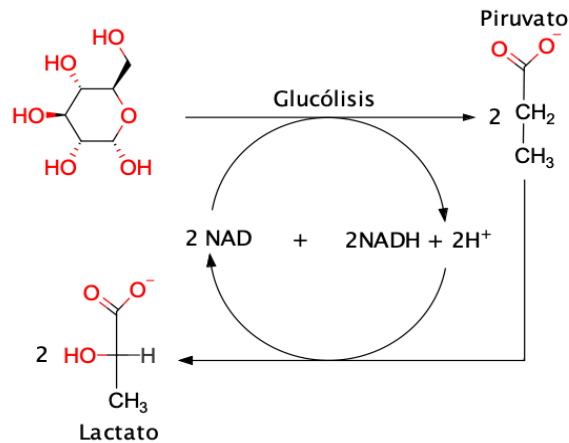


Figura 1. Reacciones del proceso de fermentación ácido láctica para la obtención de lactato.
Fuente: Elaboración propia basada en Tortora *et al.* (2007).

b. Tipos de fermentación en ECF

La fermentación de ECF depende del tipo y cantidad de microorganismos utilizados, así como de la temperatura a la que se realice. En términos generales se utilizan dos clasificaciones: fermentación lenta y fermentación rápida.

- **Lenta:** esta fermentación se realiza a temperaturas iguales o menores a los 15 °C. En ella el aroma, color y consistencia del embutido se desarrolla más despacio, sin embargo las coloraciones obtenidas son más intensas y estables. La fermentación lenta es característica de los embutidos del sur de Europa (Hernández, Alfaro, & Arrieta, 2003).
- **Rápida:** las temperaturas utilizadas son mayores a 25 °C. Este tipo de fermentación es muy favorable en términos de tiempo de proceso, ya que el embutido está listo para la venta en un tiempo mucho menor. No obstante, la coloración del producto es menos estable y presentan una mayor acidez (Hernández *et al.*, 2003).

c. Microorganismos involucrados

Las bacterias ácido lácticas y los cocos coagulasa negativos (*Staphylococcus* sp. y *Kocuria* sp.) son los dos grupos de microorganismos importantes en la fermentación y maduración de ECF (Morot-bizot, Leroy, & Talon, 2006). Las bacterias ácido lácticas se adaptan de buena manera a las condiciones de fermentación cárnica, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro principalmente como resultado del crecimiento competitivo y la acidificación del producto. Estas bacterias producen cantidades suficientes de ácido para reducir el pH de la carne a valores de pH entre 4,8 – 5,0 (Lachowicz *et al.*, 2012).

d. Condiciones de fermentación en el procesamiento de ECF

Según el método de ECF del norte de Europa, la fermentación y maduración se realizan en cámaras y condiciones separadas. En cambio, en el sur de Europa se realizan de forma combinada. Independientemente del método, se recomienda un período de temperado a temperatura ambiente posterior al embutido. Esta etapa permite la liberación de humedad, así como el inicio de la fermentación al provocar un aumento en la temperatura del embutido (Mediá, 2007).

Durante la fermentación se utilizan valores altos de humedad relativa para mantener la funda hidratada y el embutido suave. En el caso de los embutidos del sur de Europa, la fermentación se realiza a temperaturas bajas (22 °C - 24 °C) y posteriormente se disminuye aún más la temperatura y humedad relativa para dar paso a la maduración y pérdida de peso del producto (Demeyer, 2004). En cambio en el procesamiento de los embutidos del norte de Europa o fermentación rápida, se utilizan temperaturas mucho más elevadas y la humedad relativa se mantiene constante durante el proceso (Demeyer, 2004).

3.3.4. Maduración y secado

Durante la maduración y el secado se dan reacciones de proteólisis y lipólisis en el embutido, además se da pérdida de agua hasta alcanzar valores de hasta 40 %. El proceso de maduración y secado se lleva a cabo a temperaturas entre los 10 °C y 15 °C en períodos de entre 4 y 12 semanas. La humedad relativa de las cámaras de maduración puede tener valores mínimos de 63 a 75 % y máximos de 86 a 95% (Vignolo *et al.*, 2010). La pérdida de agua es fundamental durante la maduración ya que está directamente relacionada con la disminución del a_w del producto y, por ende, limita el crecimiento de microorganismos (Cevoli *et al.*, 2014).

La velocidad de secado debe controlarse de forma estricta mediante el control de la temperatura y humedad relativa de la cámara de maduración, ya que secados muy rápidos pueden provocar endurecimiento de la corteza y, por ende, poca pérdida de agua, mientras que secados muy lentos pueden provocar el crecimiento de microorganismos indeseados en la superficie del producto. La velocidad del secado depende principalmente del pH y diámetro del producto (Ministry for Primary Industries, 2017).

3.4. Reacciones químicas y enzimáticas en ECF

3.4.1. Proteólisis

La proteólisis consiste en la hidrólisis de proteínas miofibrilares a polipéptidos, posteriormente a péptidos pequeños y finalmente a aminoácidos libres. Estas reacciones son catalizadas por peptidasas y proteasas como las calpaínas y catepsinas. Adicionalmente, la microbiota presente en el embutido contribuye a la hidrólisis proteica durante la maduración (Toldrá, 2012). La actividad proteolítica de *Staphylococcus* sp. y algunos mohos ha sido caracterizada ampliamente, también se ha demostrado el rol de bacterias ácido lácticas en estas reacciones (Pasini *et al.*, 2018).

El mecanismo de acción en la proteólisis posee una serie de etapas consecutivas: en la primera de ella se da la acción de las calpaínas y catepsinas, las cuales actúan en proteínas miofibrilares de gran tamaño y generan fragmentos de proteína y polipéptidos de tamaño intermedio. En la segunda etapa, los productos de las reacciones anteriores son hidrolizados a péptidos más pequeños por tripeptidilpeptidasas y dipeptidilpeptidasas. Finalmente, dipeptidasas, aminopeptidasas y carboxipeptidasas actúan en los polipeptidos y péptidos generados en la etapa anterior para formar aminoácidos libres (Toldrá, 2012). En la Figura 2 se presenta un resumen de las reacciones explicadas anteriormente

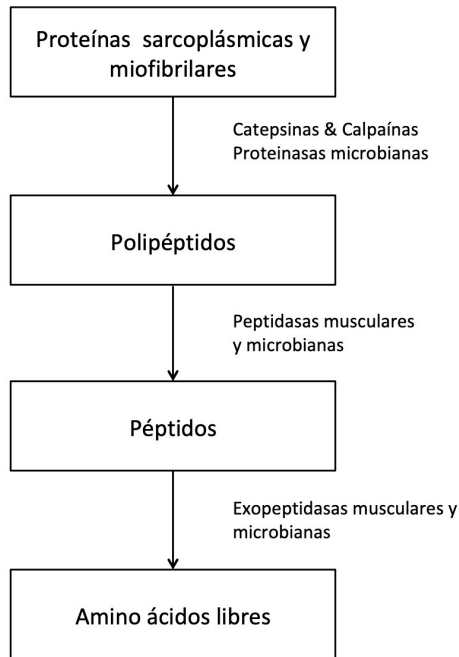


Figura 2. Sustratos, productos y enzimas involucradas en reacciones de proteólisis de embutidos crudos fermentados. Fuente: Elaboración propia adaptada de (Toldrá, Sanz, & Flores (2001).

El proceso de proteólisis en ECF contribuye a su consistencia por la degradación de la estructura miofibrilar y además al sabor característico, por la acumulación de péptidos pequeños y aminoácidos libres. Los aminoácidos libres se relacionan directamente al gusto o indirectamente como precursores de compuestos de sabor que se forman por la degradación de aminoácidos. El grado de proteólisis varía dependiendo de las condiciones de procesamiento y del tipo de cultivos utilizados, pero puede darse hasta niveles que alcanzan porcentajes de nitrógeno no proteico de hasta 20% (Toldrá *et al.*, 2001). La disminución del pH en estas reacciones es de suma importancia ya que cuando el pH es menor a 5,0 es cuando se da la mayor actividad proteolítica de enzimas endógenas (Toldrá, 2012).

3.4.2. Lipólisis

La lipólisis consiste en el rompimiento enzimático de tri-, di- y monoacilglicérol, así como de fosfolípidos, los cuales generan ácidos grasos libres (AGL). Las lipasas y fosfolipasas, respectivamente, son las encargadas de estas reacciones. Al darse la liberación de los ácidos grasos libres, éstos poseen un efecto directo en el sabor (contribuyen a la acidez) y un efecto

indirecto en el aroma por la generación de compuestos volátiles a través de reacciones oxidativas (Toldrá, 2008).

El contenido de AGL aumenta durante la maduración y puede variar desde 0,7 % – 1,5 % en la pasta fresca hasta 2,2 % – 4,5 % en los embutidos madurados. En los ECF las reacciones de lipólisis se llevan a cabo casi de forma exclusiva por el tejido adiposo y por enzimas musculares, la contribución de las enzimas microbianas es muy baja debido a que las condiciones en el embutido son alejadas de las condiciones óptimas para la acción de las lipasas bacterianas. La lipólisis provocada por las enzimas endógenas corresponde a más del 60% de la liberación de AGL (Zanardi, 2009).

Diversos factores afectan las reacciones de lipólisis en productos fermentados entre ellos la calidad de las materias primas, los procesos microbiológicos que suceden, la actividad hidrolítica de las lipasas presentes y las reacciones de oxidación (Lachowicz *et al.*, 2012). Es de suma importancia la utilización de materias primas cárnicas frescas y con bajos recuentos microbiológicos, debido a que el uso de materiales deteriorados puede incrementar los procesos de oxidación, disminuyendo la vida útil de estos productos (Marcincak, 2016).

3.4.3. Oxidación lipídica

La oxidación es una de las principales causas de deterioro sensorial y nutricional en productos cárnicos debido a la insolubilización de proteínas, al desarrollo de sabores extraños y a la formación de radicales libres y otros compuestos oxidados (Ventanas, Estevez, Tejeda, & Ruiz, 2006). Estas reacciones son favorecidas por el alto contenido de grasa y el bajo contenido de agua presente en estos productos, sin embargo dichas reacciones pueden ser controladas o minimizadas con la adición de antioxidantes naturales o sintéticos (Lachowicz *et al.*, 2012).

Los principales factores que afectan las reacciones de oxidación son el contenido de grasa de los productos, la composición de ácidos grasos, el procesamiento, las condiciones de fermentación y maduración, el tiempo de almacenamiento y la adición de aditivos (Marcincak, 2016).

3.4.4. Resumen de reacciones en ECF

Las características finales de un ECF dependen del efecto combinado de las reacciones explicadas anteriormente, así como de las reacciones que provocan la formación de color y disminución de pH de estos productos. La Figura 3 presenta un resumen de estas reacciones y los parámetros que son afectados por las mismas

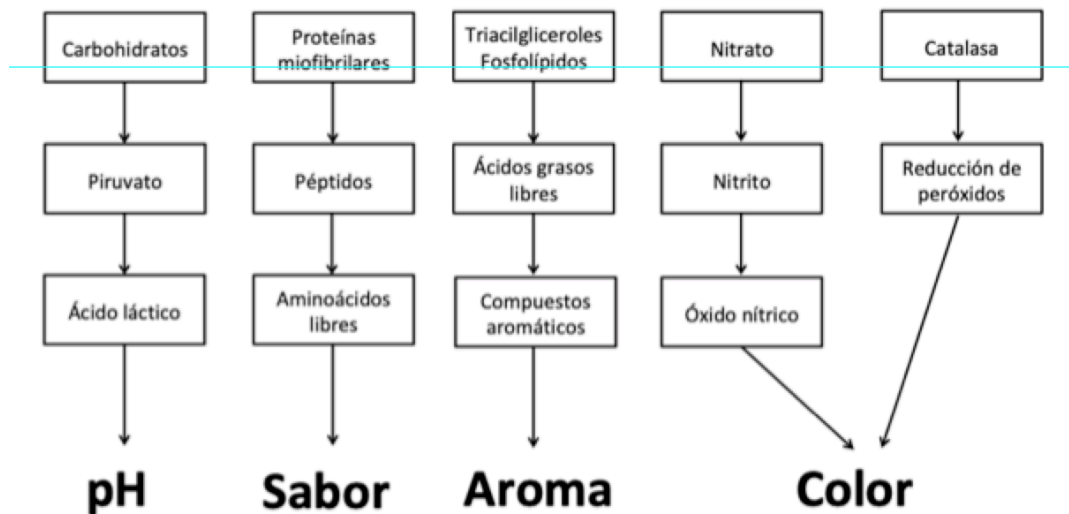


Figura 3. Esquema de las reacciones químicas y bioquímicas más importantes que afectan las características físico químicas y sensoriales de los embutidos crudos fermentados. Fuente: Elaboración propia adaptada de Sebranek (2004).

3.5. Parámetros de control durante la fermentación y maduración de ECF

3.5.1. Temperatura

El control de la temperatura influye principalmente en la velocidad de fermentación de los ECF, pero también debe ser regulada durante el proceso de maduración y secado. Las temperaturas utilizadas para la fermentación son variables, independientemente de ello entre mayor sea la temperatura de fermentación, más rápida será la producción de ácido láctico. En los embutidos del norte de Europa generalmente se utilizan temperaturas entre los 10 °C – 17 °C, en el sur de Europa entre 18 °C y 24 °C (Vignolo *et al.*, 2010). En Estados Unidos, donde se prefieren las fermentaciones rápidas se utilizan temperaturas de hasta 43 °C (Karl, 2000).

3.5.2. Humedad relativa

La humedad relativa se define como la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente comparada con la cantidad máxima que puede contener el aire a una temperatura dada (Nagle, 2000). En la fermentación las condiciones de humedad relativa dependen del a_w del ECF, generalmente deben utilizarse porcentajes que sean 2 % - 5 % menores que el a_w dentro del embutido para evitar el endurecimiento superficial (Feiner, 2016c). Durante la maduración la utilización de humedades muy bajas pueden provocar la deshidratación de la superficie del embutido y dificultar la salida de agua del producto. Se pueden utilizar humedades constantes (70 – 78%) o escalonadas en las que se realiza una reducción gradual (Lachowicz *et al.*, 2012)

3.5.3. Flujo de aire

El flujo de aire dentro de la cámara de maduración es fundamental para asegurar la homogeneidad de condiciones dentro de la cámara. En producciones industriales de ECF se utilizan cámaras de maduración en donde se puede controlar electrónicamente el flujo de aire, humedad relativa y temperatura del ambiente. Estas cámaras generan un flujo de aire hacia arriba, el cual se mueve de forma cíclica por el piso de la cámara con el fin de asegurar una maduración homogénea de los productos que se encuentran dentro de la cámara (Yilmaz & Velioglu, 2009). En términos generales, entre mayor sea la velocidad del aire en la cámara mayor será la velocidad de secado. Sin embargo, después de cierto valor de velocidad de aire el secado ya no dependerá de este parámetro sino de la velocidad de difusión del agua del interior del embutido hacia la superficie (Grau, Andres, & Barat, 2015).

3.6. Parámetros físico químicos y sensoriales de ECF

3.6.1. Color

a. Definición y medición

El color es definido como la sensación que experimenta un individuo cuando energía radiante dentro del espectro visible (380-770 nm) entra en la retina del ojo. Para que el fenómeno del color pueda ocurrir debe existir un objeto coloreado, luz en la región visible del espectro y un observador (Badui, 2006).

La base científica para la medición de color o colorimetría se fundamenta en la existencia de tres tipos distintos de respuesta (ρ , Υ y β) a señales en el ojo humano, los cuales se dan a través de cuatro receptores distintos. Los mensajes recibidos por el ojo humano generan entonces tres tipos de señales distintos. Un colorímetro está compuesto por un set de filtros, una fuente de luz blanca, un serie de fotómetros y una computadora. Los tres o cuatro filtros en el colorímetro replican la respuesta del observador y generan datos en escalas como CIELAB, HunterLab o Y,x,y (Fontana & Campbell, 2004). Las mediciones también pueden realizarse utilizando un espectrofotómetro.

La mayoría de los colorímetros utilizan las escalas CIELAB o HunterLab. En el caso del espacio de color Hunter L, a, b , se fundamenta en un esquema de vectores tridimensionales basados en la teoría de colores opuestos. El parámetro L corresponde a luminosidad y sus valores van desde 0 (negro) hasta 100 (blanco), además se ubica de forma vertical en la escala. Con respecto al parámetro a , este se ubica de forma horizontal, al igual que el parámetro b y ambos poseen valores positivos y negativos. En la escala a , los valores van desde el rojo (positivos) hasta el verde (negativos), mientras que en la escala b los valores van desde el amarillo (positivos) hasta el azul (negativos) (Wrolstad & Smith, 2017). Lo explicado anteriormente se ejemplifica en la Figura 4.

Por otra parte, la escala CIELab corresponde a una modificación en la forma de calcular los valores de la escala HunterLab. En este caso, los parámetros representan las mismos rangos de luminosidad y colores pero son representados mediante L^* , a^* y b^* . Debido a que los valores obtenidos en cada escala al reportar los resultados se debe aclarar la escala y el colorímetro utilizado para la medición (Joshi & Brimelow, 2002).



Figura 4. Escalas de color utilizadas en HunterLab y CIELab. Fuente: (Sahin & Gulum, 2006).

El color también puede expresarse utilizando la escala L*C*h, cuyos términos son Luminosidad (L*), croma o saturación (Cab*) y “hue” o tono (hab). Este sistema permite representar los colores de forma numérica y se asemeja a la forma en que el ojo humano percibe el color directamente (Tang & Yang, 2016). Estos parámetros son calculados a partir de los valores de a* y b*, utilizando las siguientes ecuaciones (Braña *et al.*, 2011):

$$C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

En el espacio L*C*h las coordenadas son cilíndricas, en donde la luminosidad se determina por su posición en el eje central, el valor C* (cromaticidad) tiene valor cero en el centro y aumenta con la distancia del eje y el valor hab, representa el ángulo de tono. En el ángulo 0° inician las tonalidades rojas, en el 90° las tonalidades amarillas, en el 180° las verdes y a partir del 270°, las azules. Como se observa en la Figura 5.

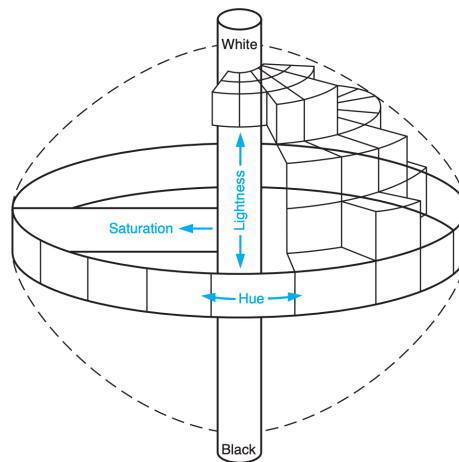


Figura 5. Sólido tridimensional de color (luminosidad, croma y “hue”) de la escala L*C*h.
Fuente: (Konica Minolta, 2007)

b. Desarrollo de color

El color característico de la carne se debe a los pigmentos musculares presentes en ella, el nitrito actúa como un estabilizante de la mioglobina mediante la formación de un enlace químico reversible (Pegg, 2000).

Las reacciones para la formación de nitrosilmioglobina (NOMb), principal pigmento responsable de la coloración de los ECF, inician con la reducción química de los nitritos en el medio reductor de la carne (pH ácido) produciendo óxido nítrico (NO) (Honikel, 2008). La transformación de la mioglobina (Mb) a nitrosilmioglobina puede suceder mediante dos vías: la vía indirecta, en la cual la mioglobina reacciona directamente con el óxido nítrico y genera NOMb; y en la directa, en la cual la Mb es oxidada a metamioglobina, la cual posteriormente reacciona con NO y genera nitrosilmetamioglobina (MMb-NO₂) que se reduce posteriormente a NOMb (Bazan, 2008).

La formación de la coloración óptima en ECF depende altamente de las condiciones de fermentación utilizadas que llevan a la disminución del pH y la eliminación del oxígeno. Así como de factores como el contenido de humedad, contenido de grasa y el contenido de hemoproteínas (Fongaro *et al.*, 2015). Se han demostrado incrementos de hasta el 20 % de pigmentos después del proceso de fermentación. Es por ello que se deben elegir cuidadosamente los parámetros a utilizar durante la fermentación de estos productos (Moller, Jongberg, & Skibsted, 2015). En el salami, el color cambia de un rojo brillante en el producto fresco a un rojo oscuro en el salami madurado. La intensidad de la coloración depende de la concentración total de la mioglobina, así como las proporciones de oximioglobina, mioglobina y metamioglobina (Fongaro, Alamprese, & Casiraghi, 2013).

De no realizar el proceso de forma adecuada se pueden generar defectos en el producto final, algunos defectos relacionados a la coloración de los ECF son coloración verde/gris en el exterior, halos de nitrificación, coloración grisácea, oxidación del color, reducción del color, coloración violeta, entre otros (Arnau, 2013).

3.6.2. Aroma y sabor

El sabor de los embutidos fermentados es el resultado de reacciones químicas y microbiológicas que ocurren durante las etapas de fermentación y maduración, las cuales generan características muy distintas a las de los embutidos cocidos.

La fermentación de carbohidratos genera ácidos orgánicos, lactato y acetato, los cuales contribuyen a la acidez del producto. En el caso de las reacciones de proteólisis e hidrólisis generan precursores de compuestos aromáticos, los cuales actúan como sustratos de otras reacciones químicas y enzimáticas que otorgan el aroma característicos de estos productos (Flores & Olivares, 2015).

El sabor y aroma adecuado de estos productos depende de los parámetros de proceso y de la calidad de materias primas utilizadas. La elección inadecuada de parámetros de proceso o el uso de materias primas de baja calidad o inadecuadas puede desarrollar sabores y olores no deseados (Flores & Olivares, 2015). Entre los defectos de sabor es posible encontrar sabor ácido, amargo, floral, amoníaco, rancio, falta de aroma, entre otros. Los cuales son provocados por diversas fallas en el proceso de producción del embutido (Arnau, 2013).

3.6.3. Textura

a. Definición y medición

La Organización Internacional de la Estandarización (ISO) define textura de alimentos (en la boca) como “ todos los atributos mecánicos y estructurales (geométricos y superficiales) de un producto, perceptibles por los receptores mecánicos, táctiles y en algunos casos receptores visuales y auditivos, desde la primera mordida hasta la ingesta” (Braña *et al.*, 2011). En el análisis de Perfil de Textura (TPA) las muestras son comprimidas dos veces utilizando un texturómetro, el cual imita la acción de masticación y mordida de la boca. La principal ventaja de esta análisis es que puede generar múltiples parámetros en una sola medición (HunterAssociates Laboratory Inc, 2012). Entre los parámetros obtenidos mediante este análisis se encuentra dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad, entre otros. En el Cuadro II y Figura 6, se presenta la definición de estos parámetros, sus unidades de medida y cómo calcularlos.

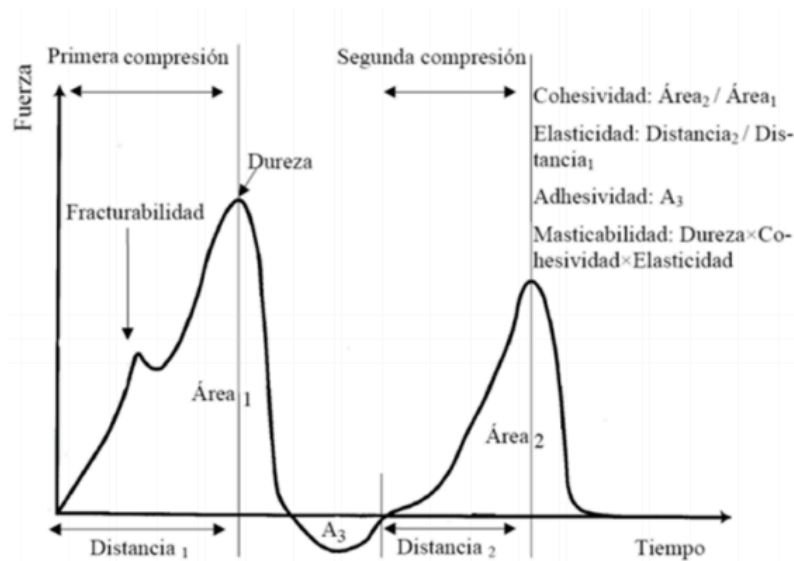


Figura 6. Gráfica general de análisis de perfil de textura. Fuente: (ISO 5492:2008, 2012).

Cuadro II. Parámetros, unidades de medición, definiciones y forma de medición de parámetros obtenidos mediante el perfil de textura (TPA).

Parámetro	Unidad (Sistema Internacional)	Definición	Forma de medida
Dureza	Newton	Fuerza requerida para lograr una deformación predeterminada	Pico más alto en el gráfico
Fracturabilidad	Newton	Fuerza en la primera ruptura significativa de la curva	Primer pico en la curva
Cohesividad	Sin unidad	Fuerza de los enlaces internos en la muestra	Área 2/Área 1
Adhesividad	Julios	Trabajo requerido para sobrepasar las fuerzas pegajosas entre la muestra y el aditamento	Área 3
Elasticidad	Metros	Velocidad a la que la muestra deformada regresada a su tamaño y forma original	Distancia 2-Distancia 1
Masticabilidad	Julios	Energía requerida para masticar un alimento sólido para tragarlo	Dureza*Cohesividad*Elasticidad

Fuente: Adaptado de (Mathew *et al.*, 2009).

b. Desarrollo de textura

La textura en ECF depende tanto del proceso de acidificación, así como del proceso de secado. El desarrollo de la textura durante la acidificación resulta de la desnaturalización y coagulación proteica (Barbut, 2015). El pH necesario para la coagulación incrementa con el aumento en el contenido de sal, con las concentraciones de sal utilizadas comúnmente (2% - 3%), el pH de coagulación es cercano a 5,3. La dureza del embutido incrementa significativamente al alcanzar un pH de 5,4 y luego continúa aumentando gradualmente hasta pH 4,9 (Demeyer & Stahnke, 2002). Durante el picado, la sal promueve la solubilización y extracción proteica de las miofibrillas, generando una cobertura pegajosa alrededor de las partículas. Posteriormente, durante la acidificación las proteínas solubilizadas coagulan y forman un gel que une las partículas de grasa y carne (Barbut, 2015).

Por su parte, el secado es determinante en la dureza del producto de forma que aquellos que han sido sometidos a procesos largos de secado generalmente poseen mayor dureza. En esta etapa se debe realizar un control riguroso de la humedad relativa, ya que si se aplican humedades menores a las recomendadas se puede desarrollar una corteza exterior, lo cual provoca mayor dureza en la parte externa del producto y más suavidad en la parte interna generando heterogeneidad en el producto (Toldrá, 2011).

Es necesario asegurar una velocidad de acidificación y secado adecuadas para obtener las características deseadas de textura en un ECF. Entre los problemas de textura más comunes se puede destacar el encostrado, la textura blanda, la falta de ligado y la gomosidad (Arnau, 2013).

3.6.4. pH

La escala de pH es utilizada para describir la acidez de una disolución y se define como la concentración de iones hidrógeno, con carga positiva, en una disolución. Este parámetro se calcula utilizando la siguiente ecuación (Yurkanis, 2008):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

A menor pH, mayor acidez en la disolución. Las soluciones ácidas poseen valores de pH menores a 7, mientras que las básicas poseen valores mayores a 7 (Leistner, 2000).

En los ECF el descenso de pH se da en la etapa de fermentación por la acción de microorganismos, generalmente BAL, que consumen los azúcares adicionados y los convierten

en ácido láctico (Mani, 2018). Estos productos poseen un rango de pH entre 4,6 – 5,2 y la determinación de este parámetro es importante para asegurar la inocuidad de los productos elaborados (Xiong & Mikel, 2001).

3.6.5. a_w

La actividad de agua (a_w), a una temperatura dada, es la proporción del equilibrio parcial de la presión de vapor de agua en el sistema (p_w) comparada al equilibrio parcial del vapor del agua en agua líquida pura (p_w^o) a la misma temperatura. Lo cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$a_w = \left(\frac{p_w}{p_w^o}\right)_T \text{ (Kamenik, 2016)}$$

Este parámetro es de gran importancia en la inocuidad, estabilidad, procesamiento, vida útil y características sensoriales de un alimentos ya que permite estimar la disponibilidad de agua en un alimento. La cantidad de agua disponible afecta el pardeamiento enzimático, oxidación lipídica, degradación de vitaminas, reacciones enzimáticas, degradación de proteínas, crecimiento microbiológico, entre otros. En la Figura 3, se muestra los cambios que ocurren en un alimento en función de la actividad de agua.

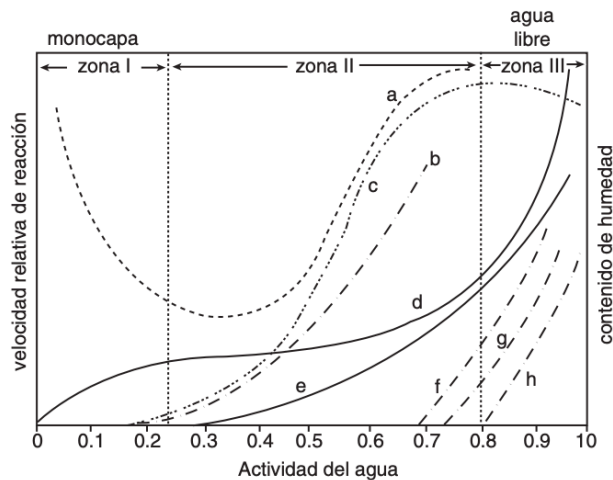


Figura 7. Comportamiento de distintas reacciones y microorganismos a distintos valores de actividad de agua en un alimento. a) Oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma de adsorción; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras, y h) crecimiento de bacterias. Fuente: Badui (2006).

La actividad de agua se puede determinar por métodos higrométricos, método isopiéstico, psicrometría, entre otros. La medición por punto de rocío es un método psicométrico en el que un espejo es enfriado hasta el punto de rocío del aire, en una cámara cerrada en la cual se encuentra la muestra. Cuando se da la formación de rocío, un sensor óptico registra en cambio en el reflejo y registra una temperatura de rocío mediante una termocupla ubicada en la parte de atrás del espejo. Al mismo tiempo, la temperatura de la muestra es medida con un termómetro infrarrojo y se utilizan ambas temperaturas para determinar el a_w de la muestra. Este método se caracteriza por ser el más rápido, más exacto y preciso para el rango completo de mediciones (Reid, 2007).

En el caso de los ECF los valores de actividad de agua varían según el tipo de embutido, los embutidos secos poseen valores de a_w entre 0,85-0,91, estos productos poseen larga estabilidad y pueden ser almacenados sin refrigeración. En el caso de los ECF semisecos, posee valores mayores a 0,90, por lo que deben tener valores de pH menores para asegurar su inocuidad y deben almacenarse en refrigeración (Vignolo *et al.*, 2010).

3.6.6. Contenido de humedad

Este parámetro se expresa usualmente como un porcentaje y corresponde a la cantidad de agua total presente en un producto, expresada en función de la masa total del producto. El contenido de humedad puede expresarse en dos formas: base húmeda, la cual expresa la cantidad de agua en la masa total del producto o en base seca, la cual se expresa como la masa de agua en la masa seca del producto (Figura & Teixeira, 2007).

El contenido de agua en un alimento puede determinarse por diversos métodos:

- a. *Secado con horno o estufa:*** la muestra es secada en un horno a condiciones específicas, las cuales varían según las características del alimento, y se determina la cantidad de agua por la pérdida de peso de la muestra (Mauer & Bradley, 2017).
- b. *Métodos de destilación:*** consisten en codestilar el agua presente en un alimento con un solvente con alto punto de ebullición y que sea insoluble en agua. Se recolecta el destilado y se determina el volumen de agua obtenido. Una de las ventajas es que presenta menos descomposición térmica de compuestos que los métodos con horno, sin embargo la lectura del volumen de agua puede ser más imprecisa que el pesaje (Mauer & Bradley, 2017).

3.7. Microorganismos asociados con ECF

3.7.1. Patógenos

Debido a la ausencia de un tratamiento térmico en los ECF existe un riesgo importante por la presencia de microorganismos en estos productos, entre los principales patógenos asociados destacan:

a. *Staphylococcus aureus*

Es un contaminante común en carnes crudas y además es altamente tolerante a la sal y nitritos. Sin embargo, es poco tolerante a condiciones ácidas, por lo que un punto de control crítico en el procesamiento de estos productos es alcanzar valores de pH menores a 5,3 antes de que el organismo produzca la toxina (Food and Drug Administration, 2012c). Debido al riesgo que representa la producción de toxina de este microorganismo en los ECF se determinó un parámetro denominado “grados-hora”, este parámetro se utiliza para calcular el tiempo máximo que un ECF puede someterse a determinada temperatura sin que se genere la toxina (Talon *et al.*, 2004).

b. *Clostridium perfringens*

Es un patógeno importante presente en el tracto gastrointestinal de los humanos y muchos animales de sangre caliente, el cual puede causar intoxicación por alimentos y diarrea (Tylingo, 2012). Las carnes, especialmente de pollo y res, y los productos que contienen carne son vehículos importantes para este patógeno. También puede encontrarse en productos vegetales, incluyendo especias y hierbas (Sebranek, 2004).

c. *Escherichia coli O157:H7*

Puede estar presente en el intestino y heces de res, cerdo y pollo, por lo que la carne puede contaminarse durante la matanza y el procesamiento de estos animales. *Escherichia coli O157:H7* no crece a temperaturas mayores a los 44,5 °C, pero tiene cierta tolerancia al ácido siendo el pH mínimo para su crecimiento entre 4,0 - 4,5. A su vez, puede sobrevivir fermentación, secado y almacenamiento en refrigeración en la mayoría de embutidos fermentados.

d. *Listeria monocytogenes*

Esta bacteria es una de las mayores preocupaciones en las industrias de productos cárnicos y lácteos debido a sobrevivencia a temperaturas menores a 1 °C, su tolerancia a la sal y su capacidad de formar biofilms muy resistentes. Esta bacteria es una de las principales causantes

de muertes por enfermedades de transmisión alimentaria (Mor-Mur & Yuste, 2010). Gran cantidad de cepas de *Listeria* sp. han sido aisladas de embutidos fermentados, sin embargo hay evidencias que señalan que la fermentación, maduración y nitritos reducen su sobrevivencia y crecimiento (Food and Drug Administration, 2012a).

e. *Salmonella* sp.

En alimentos ha sido encontrada en carnes, pollo, huevo, leche, derivados lácteos, coco, especias, camarones, entre otros (Di Gioia, 2015). Al estar ligada a matrices cárnicas el control de la misma en el procesamiento de ECF es de suma importancia, *Salmonella* sp. es una bacteria termo sensible, no obstante estos productos no son sometidos a cocción, por lo que debe asegurarse el uso de materias primas de alta calidad para evitar su presencia.

3.7.2. Deterioro

Se ha detectado la presencia de diversos microorganismos de deterioro tales como *Pseudomonas* sp. provenientes de utensilios utilizados en el procesamiento, algunas enterobacterias, levaduras como *Candida* sp. y mohos provenientes de las materias primas cárnicas; no obstante, se ha determinado que a pesar de encontrar recuentos en las materias primas estos usualmente se mantienen durante el período de fermentación y experimentan una disminución o eliminación durante el proceso de maduración (Food and Drug Administration, 2012b).

Recuentos altos de *Pseudomonas* sp. (hasta 10^4 UFC/g) han sido reportados en embutidos frescos, sin embargo, han desaparecido o sido reducidos significativamente durante la fermentación y maduración (Food and Drug Administration, 2012b). A su vez, también se han reportado valores de entero bacterias entre $10^3 - 10^6$ UFC/g, sin embargo al darse el incremento del porcentaje de sal, disminución de pH y a_w se han dado reducciones hasta alcanzar 10^2 UFC/g (Champomier-Verges & Zagorec, 2015).

Lo antes mencionado es evidencia de que la fermentación cárnica es una técnica natural que controla el desarrollo de microorganismos no deseados tanto patógenos como de deterioro. No obstante, es de suma importancia recordar que la buena calidad microbiológica de las materias primas, así como las buenas practicas de manufactura influyen de forma importante en el control microbiológica ejercido por la fermentación y maduración, ya que si se presentan cargas microbiológicas excesivas la fermentación y maduración podrían no tener un efecto suficiente en el control de estos microorganismos.

3.8. Riesgos químicos asociados con ECF

3.8.1. Aminas biogénicas

Son compuestos nitrogenados de bajo peso molecular y contienen uno o más grupos amino en su estructura. Están presentes en tejidos de animales y plantas vivas donde ejercen funciones de regulación biológica (Metaxopoulos, Samelis, & Papadelli, 2001). Estos compuestos se consideran perjudiciales para la salud debido a sus efectos vasodilatadores y psicoactivos, la histamina, cadaverina, tiramina y putrescina son algunos de los compuestos que pueden encontrarse en ECF (Castaño, García Fontan, Fresno, Tornadijo, & Carballo, 2002). Las aminas biogénicas pueden estar presentes en distintos alimentos y si se ingieren en cantidades excesivas pueden causar enfermedades al alterar las concentraciones fisiológicas normales. Los síntomas de una intoxicación por aminas biogénicas incluyen dolor de cabeza, náusea, incremento en ritmo cardíaco y presión arterial (Holck *et al.*, 2017).

Enterobacterias y *Pseudomonas* sp. son microorganismos de deterioro que frecuentemente se aíslan de materias primas utilizadas en ECF y pueden producir aminas biogénicas. Por lo que el control de la calidad higiénica de las materias primas es fundamental para evitar el desarrollo de estos compuestos no deseados (Lorenzo, Franco, & Carballo, 2017). La presencia de estos compuestos depende de la contaminación por microorganismos descarboxilantes y la concentración de compuestos precursores en el embutido (Pasini *et al.*, 2018).

La aplicación de ciertos controles en el procesamiento de embutidos fermentados puede minimizar la cantidad de aminas biogénicas presentes en los mismos, entre ellos destacan el uso de cultivos iniciadores adecuados, uso de materias primas de alta calidad, así como formulaciones y condiciones de maduración adecuadas (Talon *et al.*, 2004).

3.9. Tecnología de barreras para inocuidad en ECF

Como su definición lo indica, los ECF no son sometidos a un proceso térmico que permita la reducción o eliminación de microorganismos patógenos y de deterioro. Por ende, tanto la inocuidad como la estabilidad de estos productos depende de la generación de un ambiente que provoque la disminución de la población microbiológica presente en el alimento. En el caso del salami, y de los productos crudos fermentados en general, la reducción microbiológica se logra mediante la aplicación de la tecnología de obstáculos o barreras. Dicho método consiste en la

aplicación de barreras que generan un ambiente hostil para las células bacterianas presentes, inhibiendo su crecimiento, disminuyendo su sobrevivencia o provocando su muerte. El método se basa en la combinación de estas barreras, las cuales no deberían poder ser superadas por los microorganismos durante el almacenamiento, ya que de superarse podrían causar el deterioro del alimento y comprometer su inocuidad (Talon *et al.*, 2004).

Las barreras aplicadas en los embutidos crudos fermentados pueden clasificarse como internas y externas. Las internas son aquellas que actúan propiamente en la pasta del embutido, entre las cuales destacan la aplicación de preservantes como la sal y los nitritos, la microbiota competitiva, bajo a_w y bajos valores de pH. En cuanto a las externas, son aquellas que corresponden al ambiente en el que se almacena el producto terminado, como la temperatura del ambiente y la aplicación de humo (Martín, 2005).

En el procesamiento de salami, la sal y los nitritos son barreras importantes en las etapas iniciales debido a que inhiben el crecimiento de bacterias como *Pseudomonas* sp. y algunas Gram negativas, las cuales se reproducen rápidamente en la carne y provocan su deterioro en presencia de oxígeno. Aunque el crecimiento de este tipo de bacterias es inhibido, otras bacterias utilizan el oxígeno presente en el embutido y disminuyen su potencial reductor (Eh). La disminución en el potencial reductor se considera otra barrera porque impide el crecimiento de bacterias aerobias y favorece la selección de BAL. Estas bacterias actúan como microbiota competitiva y disminuyen el pH al metabolizar los azúcares presentes, aumentando esta barrera. Al someter estos productos a períodos largos de maduración los nitritos pierden su efecto y las BAL mueren poco a poco, por lo que estas barreras dejan de ser efectivas. El potencial reductor y el pH también sufren un incremento, el a_w es la única barrera que se fortalece con el tiempo por lo que se convierte en la responsable de la estabilidad de estos productos. El aseguramiento de estas barreras es distintas etapas del procesamiento en sumamente importante para lograr un producto inocuo y de buena calidad (Leistner & Goulg, 2002).

3.10. Procedimiento de Operación

Es un documento que describe en detalle todas las operaciones relevantes que se realizan en un proceso específico. El desarrollo y uso de estos procedimientos forma parte integral de un sistema de calidad exitoso debido a que provee la información requerida para llevar a cabo una

tarea de forma correcta y facilita la consistencia en la calidad de los productos elaborados (United States Environmental Protection Agency, 2007).

El proceso de operación de un proceso debe incluir (United States Environmental Protection Agency, 2007):

- Título
- Tabla de contenidos
- Procedimientos
- Verificaciones o revisiones
- Referencias

El propósito de este documento es lograr la ejecución de las operaciones de forma correcta y constante. Se recomienda que este documento esté al alcance de los operarios que realizan dicho procedimiento (Food and Drug Administration, n.d.).

4. Resultados metodológicos

4.1. Localización

La práctica dirigida se llevó a cabo en las instalaciones de la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), ubicada en San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

Las evaluaciones de equipo disponible y condiciones de proceso se realizaron en las instalaciones de Inversiones ZAMU de Alajuela, S.A. Las condiciones de los equipos de la empresa fueron consideradas para establecer las condiciones de procesamiento evaluadas en la planta piloto del CITA.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de química de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica.

4.2. Evaluación de la situación inicial de la empresa

Para determinar la situación de la empresa con respecto a la elaboración de embutidos crudos fermentados, se realizaron reuniones con Sofía Zamora, líder del equipo de inocuidad, y la tecnóloga de alimentos Daisy Sánchez, quién estaba a cargo de las pruebas de estos productos. Basado en la información obtenida fue posible establecer la situación actual (previa a la realización de la práctica dirigida), solicitudes, limitaciones y aspectos de mejora de la empresa. Los hallazgos en cada una de estas categorías son presentados a continuación.

4.2.1. Contexto empresarial

Inversiones ZAMU de Alajuela S.A es una empresa de embutidos con una amplia gama de productos cocidos, entre ellos mortadela, jamón, chorizo precocido, chuleta ahumada, chicharrones, preformados, entre otros. Además de poseer dos marcas propias, la empresa maquila para una gran cantidad de marcas a nivel nacional e internacional. A pesar de esto, la empresa y sus funcionarios no poseen experiencia en la elaboración de embutidos crudos fermentados. La decisión de incursionar en este mercado nació de la solicitud de una marca de embutidos españoles que desea producir en territorio costarricense.

La empresa cuenta con certificado veterinario de operaciones con médico oficial, posee permisos de exportación a Nicaragua, Honduras, Guatemala y el Salvador y además está certificada

con la norma FSSC 22000: v4.1. Por consiguiente, se da por entendido que cuenta con buenas prácticas de manufactura y con un sistema de gestión de calidad bien establecido.

4.2.2. Situación inicial y requerimientos de la empresa

Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. había realizado varias pruebas pequeñas de un producto crudo fermentado, las cuales no fueron exitosas debido a que no fue posible alcanzar un pH menor a 5,3 durante la fermentación. El alcance de valores de pH menores al antes mencionado, son fundamentales debido a que impiden la generación de toxina de *S. aureus*, microorganismo de referencia en embutidos crudos fermentados, ya que posee alta tolerancia tanto a la sal como a los nitritos, sin embargo, es poco tolerante al ácido, por lo que la obtención de un pH menor a 5,3 en el menor tiempo posible, es considerado un punto crítico de control en el procesamiento de estos productos (Sebranek, 2004).

Para la realización de las pruebas se utilizó una formulación que tenía como ingredientes lomo o paleta de cerdo, tocino, sal de cura con 7,5 % de nitritos, cultivo iniciador (Bactoferm LHP Dry, Chr Hansen, Dinamarca), pimienta negra y un paquete de condimentos. De ahora en adelante se hará referencia a esta formulación como “formulación prueba”. El embutido se elaboraba mediante un proceso de molienda, mezclado, embutido, reposo, fermentación en horno a 28-30 °C y maduración/secado por aproximadamente siete días (se realizaba la maduración/secado a pesar de no alcanzar pH menor a 5,3).

Bajo este escenario, la empresa solicitó elaborar un producto que alcance un pH menor a 5,3 utilizando los equipos disponibles actualmente. Además, enfatizaron en la necesidad de desarrollar un proceso que generara un embutido de calidad en el menor tiempo posible, debido a que un proceso prolongado implica altos gastos de operación.

La mayor limitante de la empresa es que no cuentan con una cámara de fermentación/maduración/secado, la cual es un equipo especializado para la elaboración de productos crudos fermentados que permite el control de temperatura, humedad relativa y flujo de aire durante el proceso. El aire circula dentro de la cámara, ya sea por convección natural o forzada, lo cual permite un secado más rápido y homogéneo del producto (Lewick, 2014). La empresa no planea adquirir este tipo de equipo, hasta no tener evidencia de que sea rentable la elaboración estos productos. Las pruebas preliminares se realizaron utilizando el horno para el proceso de fermentación y una cámara de refrigeración con un deshumidificador incorporado para el proceso de maduración y secado.

Otras limitaciones que presentaba el equipo de investigación y desarrollo de la empresa para la elaboración de embutidos crudos fermentados fueron: el desconocimiento de la importancia del papel de la actividad de agua en el producto, el cual es fundamental para el aseguramiento de la inocuidad de los embutidos fermentados (Taormina & Sofos, 2014), por lo que solo se estaba midiendo el porcentaje de pérdida de peso y utilizando erróneamente como parámetro para el control de la inocuidad; además, la empresa no contaba con un instrumento para monitorear las condiciones de humedad relativa de la cámara que se utiliza para la maduración, lo cual dificulta el procesamiento de estos productos, ya que, como se mencionó anteriormente, requieren un monitoreo y control de este parámetro.

4.2.3. Análisis inicial de posibles aspectos de mejora en el procesamiento de embutidos crudos fermentados.

Se realizó una evaluación de diversas categorías relacionadas a la elaboración de salami crudo fermentado, los aspectos evaluados, observaciones realizadas y oportunidades de mejora detectadas son presentadas en el Cuadro III.

Se determinó que la empresa cuenta con buena disponibilidad de materias primas, tanto cárnicas como no cárnicas. Para las materias primas cárnicas se cuenta con varios proveedores de los mismos tipos y cortes de carne, lo cual les asegura disponibilidad de producto, en caso de que alguno de los proveedores falle o tenga escasez de cierta materia prima específica. Además, hay gran variedad de cortes de carne, carne molida y carne deshuesada mecánicamente para utilizar en la formulación del producto a elaborar.

Con respecto a las materias primas no cárnicas, a pesar de tener muchos productos, la cantidad que es apta para ser utilizada en embutidos crudos fermentados es más reducida. Sin embargo, cuentan con los aditivos necesarios para elaborar salami. Entre las posibles oportunidades de mejora, se encuentra la utilización de fundas específicas para embutidos crudos fermentados, las cuales se encojen durante el proceso de maduración y secado y aseguran la obtención de un producto con mejores características visuales.

Al realizar la revisión de las materias primas se determinó que la empresa no contaba con un documento adecuado para el manejo de materias primas disponibles, por lo que se elaboró un documento con la categoría, proveedor y disponibilidad de ficha técnica. Dicho documento se presenta en el Anexo 1.

Cuadro III. Resultados de evaluación realizada en visitas de diagnóstico a la planta Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para la definición de condiciones de proceso de elaboración de salami.

Categoría	Aspecto a evaluar	Observaciones	Oportunidades de mejora
Materia prima cárnica	Tipos de carne	Disponibilidad de carne de cerdo, res y pollo, tanto en piezas enteras, como carne molida y carne deshuesada mecánicamente.	No detectadas
	Proveedores disponibles	La empresa cuenta con seis proveedores de carne de cerdo, cuatro de carne de res y dos proveedores de carne de pollo. Todos los proveedores están debidamente aprobados y son auditados según el procedimiento de evaluación y aprobación de proveedores.	No detectadas
Materia prima no cárnica	Variedad de aditivos disponibles	La empresa cuenta con amplia variedad de materias primas no cárnicas, entre ellas antioxidantes, azúcares, condimentos, especias.	No se cuenta con un documento adecuado para el control de las materias primas disponibles.
	Acidulantes disponibles	El único acidulante disponible es glucono delta lactona. Adecuado para uso en salami.	No detectadas
	Antioxidantes disponibles	Dos tipos de antioxidantes disponibles: Ácido ascórbico y eritorbato de sodio. Ambos adecuados para el producto.	No detectadas
	Azúcares disponibles	Dos tipos disponibles: dextrosa y sacarosa. Ambos adecuados para el producto.	Se recomienda mayormente el uso de dextrosa para este tipo de productos (Feiner, 2016c).
	Colorantes disponibles para salami	Siete tipos de colorantes disponibles. Todos permitidos y utilizados en este tipo de producto	No detectadas
	Especias disponibles	Cuentan con 15 especias disponibles que pueden ser utilizadas en salami	No detectadas

Cuadro III (Continuación). Resultados de evaluación realizada en visitas de diagnóstico a la planta Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para la definición de condiciones de proceso de elaboración de salami.

Categoría	Aspecto a evaluar	Observaciones	Oportunidades de mejora
Materia prima no cárnica	Condimentos disponibles	Cuentan con una amplia variedad de packs de condimentos para embutidos, pero para salami solamente hay disponible oleoresina para salami.	Se recomienda no utilizar condimentos que incluyan preservantes porque no permiten el crecimiento del cultivo.
	Otros aditivos	La empresa cuenta con gran variedad de humos líquidos, también con extensores, fosfatos, gomas, preservantes y enzimas.	No detectadas
	Tipos de cultivo iniciador	Solamente un tipo de cultivo disponible: Bactoferm LHP Dry	No detectadas
	Tipos de funda	Disponibilidad de fundas artificiales a base de polímeros para salchicha, salchichón, mortadela, jamón, pepperoni y chorizo y fundas artificiales de colágeno	Incluir fundas específicas para embutidos crudos fermentados
	Calibre de fundas	Calibres disponibles: 15 mm, 35 mm, 40 mm, 50 mm y 60 mm	No detectadas
Materia prima	Fichas técnicas	Se corroboró que todas las materias primas utilizadas cuentan con su ficha técnica correspondiente	No detectadas
	Manejo de proveedores	La empresa cuenta con un procedimiento de evaluación y aprobación de proveedores, el cual establece la forma de control de los proveedores actuales en aspectos como inocuidad, calidad y servicio. Así, como el procedimiento para la selección y aprobación de nuevos proveedores.	No detectadas

Cuadro III (Continuación). Resultados de evaluación realizada en visitas de diagnóstico a la planta Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para la definición de condiciones de proceso de elaboración de salami.

Categoría	Aspecto a evaluar	Observaciones	Oportunidades de mejora
Formulación	Contenido de ingredientes	La carne, tocino, azúcares y especias se encuentran dentro del rango recomendado. Los nitritos y la sal sobrepasan el rango recomendado, mientras que el condimento y los cultivos se encuentran en cantidades menores.	Ajuste de los contenidos de la formulación basado en los valores recomendados en literatura o fichas técnicas.
	Tipo de carne	Lomo de cerdo molido. Se considera adecuado para el producto.	No detectadas
	Tipo de tocino	Tocino molido proveniente de cualquier parte del cerdo	Utilizar solamente grasa dorsal y del cuello, debido a que la grasa proveniente de la barriga del cerdo o con consistencia blanda no se recomiendan porque promueven el embarrado en el embutido y son difíciles de cortar durante el procesamiento (Garabello & Díaz, 2017).
	Adición de agua	5% de agua adicionada	Eliminar agua de la formulación. El salami es uno de los pocos productos cárnicos en los que no se adiciona agua (Feiner, 2016c), ya que es sometido a una etapa de secado.
	Tipo de condimento	Se utiliza un condimento que contiene sal, dextrosa, lactosa, conservantes: metabisulfito potásico, antioxidantes; ascorbato sódico, citrato trisódico; Colorantes: ácido cármínico-rojo natural; Aromas; Especias.	Evitar el uso de condimentos que incluyan antimicrobianos (sulfito) ya que evita el crecimiento del cultivo (Elmadfa, Muskat, & Fritzsche, 2011).

Cuadro III (Continuación). Resultados de evaluación realizada en visitas de diagnóstico a la planta Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para la definición de condiciones de proceso de elaboración de salami.

Categoría	Aspecto a evaluar	Observaciones	Oportunidades de mejora
Equipos para producción	Tipo de equipo	La empresa cuenta con el equipo adecuado para la producción de embutidos: molino, mezcladora, embutidora, horno, cámaras de refrigeración, congelación y selladoras. No cuenta con equipo especializado para la elaboración de embutidos crudos fermentados. Además, no cuentan con instrumentos para medición de humedad relativa, ni actividad de agua.	Inversión en equipos más aptos para el procesamiento de embutidos crudos fermentados y de instrumentos de medición para el control de estos procesos.
	Capacidad de producción	Los equipos son para producción en altas cantidades, los lotes deben ser de al menos 20 kg, ya que es la cantidad mínima que se puede colocar en la embutidora.	No detectadas
	Cantidad de equipo disponible	La empresa cuenta con una unidad de cada uno de los equipos mencionados, lo cual implica que deben ser utilizados durante el menor tiempo posible, para asegurar su disponibilidad en el procesamiento de otros productos.	Inversión en equipos más aptos para el procesamiento de embutidos crudos fermentados
Condiciones de procesamiento	Temperatura de planta	La planta posee áreas refrigeradas y no refrigeradas. Las áreas de proceso refrigeradas se mantienen a temperatura a 10 °C (Poder Ejecutivo, 2001). Se comprobó mediante registro de temperaturas de proceso.	No detectadas
	Humedad relativa en planta	La humedad relativa varía según el sector de la planta, no se lleva un control de la misma y no se tiene forma de modificarla. No afecta el proceso a realizar.	No detectadas
	Temperatura en cámara	Temperaturas experimentales varían de forma importante a las temperaturas en el panel de control.	Revisión de la cámara de refrigeración y calibración del medidor de temperatura
	Humedad relativa en cámara	Controlada mediante el uso de un deshumidificador casero. Deshumidificador posee solo dos modos de control: normal y turbo.	Utilizar deshumidificador con mayor capacidad de control.

Referente a la calidad e inocuidad de las materias primas disponibles, se determinó que la empresa cuenta con un programa de evaluación y aprobación de proveedores ejecutado de manera adecuada asegurando la calidad de las materias primas utilizadas mediante calificación y auditoría de los proveedores. Puesto que este producto no es sometido a un tratamiento térmico, es de suma importancia asegurar que las materias primas sean de alta calidad y con baja carga microbiológica. Las materias primas utilizadas para este producto provienen de proveedores clasificación A, esto implica, según lo establecido en el procedimiento de la empresa, que poseen notas de auditoría entre 85 y 100 o poseen una certificación de inocuidad, asegurando el uso de materias primas de buena calidad que son procesadas en establecimientos que cumplen con controles estrictos de calidad e inocuidad.

Se analizó la formulación utilizada para las pruebas preliminares realizadas por la empresa, identificando algunas oportunidades de mejora (Cuadro III). El tipo de carne y su contenido se consideran adecuados para el producto, la empresa utilizó lomo de cerdo para las pruebas preliminares realizadas, este es uno de los cortes considerados como magros, por lo es adecuado para salami. Feiner (2016b) indica que los salami elaborados solamente con carne de cerdo se fermentan más rápidamente que los que contienen carne de res, debido a que la carne de cerdo posee una mayor cantidad de ácido láctico. La carne de res además de tener un pH inicial más alto posee una mayor capacidad amortiguadora, lo cual reduce la acidificación total durante la fermentación. Se decidió mantener el tipo de carne que la empresa estaba utilizando en las pruebas y no adicionar res, para realizar un proceso de acidificación más rápido. Además de lomo, se podría utilizar paleta y solomillo, ya que también son cortes magros (Interprofesional Porcino de Capa Blanca, n.d.). También es importante rescatar que a pesar de la disponibilidad, no es recomendable el uso de carne deshuesada mecánicamente, carne de ternera, carne de pollo o cualquier tipo de carne con alto contenido de bacterias patógenas (Ministry for Primary Industries, 2017). El contenido de grasa de cerdo es también adecuado, sin embargo se recomienda el uso de grasa dorsal y del cuello por su mayor dureza consecuencia del bajo contenido de ácidos grasos insaturados para evitar defectos en los embutidos elaborados (Garabello & Díaz, 2017).

Se procedió a realizar una comparación de la formulación prueba con lo recomendado en la literatura para salami (Cuadro IV), utilizando un código de color para la evaluación, en el que el color verde señala los aspectos de la formulación que se encuentran dentro de lo recomendado

en la literatura o en las fichas técnicas de los productos respectivos y el color rojo señala los que están fuera de lo recomendado.

Cuadro IV. Formulación prueba utilizada por Inversiones ZAMU de Alajuela S.A para las pruebas de embutidos crudos fermentados y comparación con valores recomendados en la literatura.

Materia prima	Especificación	Valores recomendados	Formulación
Lomo de cerdo	Molido	60 - 85% ^{a,b,c}	Dentro del rango recomendado
Tocino de cerdo	Molido	10 - 40% ^{d,e,f}	Dentro del rango recomendado
Agua	Líquida	No se adiciona ^g	5% de masa cárnica
Sal de cura	7,5 % nitritos	130 ppm de nitritos ^h	375 ppm
Cloruro de sodio	Proveniente de la sal de cura y del condimento	2-3% ^{ij}	3,86%
Espicias	Pimienta negra	0,2 – 0,3% ^{k,l}	Dentro de los valores normales
Condimento	Polvo	35 g/kg ^m	5,5 g/kg
Azúcares	Dextrosa y lactosa provenientes del condimento	Dextrosa 0,5 – 0,7% ^d Lactosa 1% ^d	1,5 %
Antioxidantes	Ascorbato sódico y citrato trisódico provenientes del condimento	Ácido cítrico/ Ascorbato sódico: 0,5 – 1% ^{n,h}	No se indica
Cultivo	Hansen LHP	0,19g/kg ^o	0,16 g/kg

Nota: ^a(Pisacane, Luisa, Puglisi, Dallolio, & Rebecchi, 2015), ^b(Kunrath *et al.*, 2017),^c(Novelli *et al.*, 2017) ^d(Feiner, 2016c),^e(Vignolo *et al.*, 2010),^f(Yilmaz & Velioglu, 2009),^g(Feiner, 2016c), ^h(MEIC, 2012),ⁱ(Almeida *et al.*, 2016),^j(Fieira, Marchi, Marafao, & Alfaro, 2018), ^k(Puolanne & Petaja-KanninenEsko, 2015),^l(Chi & Wu, 2015), ^m(Estellés, 2015), ⁿ(Feiner, 2016c), ^o(Demeyer, 2004), ^o(CHR. Hansen, 2016).

Entre los principales hallazgos se encontró que la formulación contiene un 5 % de agua (Cuadro IV). En estos productos la adición de agua no es adecuada porque resulta en un aumento en los costos de producción, ya que aumenta el tiempo de maduración y secado del producto. La adición de agua no se considera influyente en el descenso del pH, pero si en el tiempo de

maduración y secado por lo que se decidió eliminarla de la formulación y se reemplazó con carne y grasa en partes iguales.

Referente al contenido de nitritos, se determinó que era mucho mayor al permitido, ya que el Reglamento Técnico Centroamericano de Aditivos Alimentarios establece para este tipo de productos un nivel máximo aceptado de 130 mg/kg de nitritos (MEIC, 2012). Esto implica que se debía reducir el contenido de sal de cura adicionado en la formulación a 0,19 % para cumplir con lo estipulado en el reglamento.

El contenido de sal presente en la formulación es un poco mayor al recomendado. Según Puolanne & Petaja-KanninenEsko (2015) cantidades mayores al 3 % pueden retardar la fermentación debido a que pueden inhibir el crecimiento de las bacterias ácido lácticas. Por ende, se debía disminuir el contenido de sal por lo menos un 0,86 % ya que, al inhibir o dificultar el crecimiento de las BAL, pudo afectar la disminución del pH de los embutidos de la formulación prueba. No obstante, es importante mantener como mínimo un 2 % de sal para obtener la ligazón deseada y además inhibir el crecimiento de algunos microorganismos no deseados (Puolanne & Petaja-KanninenEsko, 2015).

En la formulación prueba se utilizó solamente pimienta molida, en un porcentaje un poco mayor al valor promedio. No obstante, las especias son lo que diferencia principalmente los embutidos crudos fermentados y su aplicación varía ampliamente según el gusto del público meta. El uso de pimienta negra no se considera influyente en el problema que enfrenta la empresa, ya que inclusive se ha determinado que algunas especias poseen un efecto positivo en la velocidad de fermentación debido a su contenido de manganeso (Sebranek, 2004).

Los ingredientes presentes en el condimento utilizado son sal, dextrosa, lactosa, conservantes: metabisulfito potásico, antioxidantes como ascorbato sódico, citrato trisódico; colorantes, como el ácido carminico-rojo natural; aromas y especias. La dextrosa y lactosa son azúcares fermentables que actúan como fuente de energía para el cultivo iniciador y las bacterias endógenas presentes en las materias primas. Estos azúcares corresponden al 19,5 % del condimento utilizado y aportan 1,5 % a la formulación (Estellés, 2015). En la ficha técnica no se especifica el porcentaje por separado de cada uno de los azúcares. Sin embargo, se encuentra dentro de los valores recomendados en la literatura por lo que el cultivo iniciador tiene una fuente adecuada y suficiente de energía para su crecimiento. Por tanto, esto no se considera un factor que afecte la producción de ácido láctico en el embutido. El ascorbato sódico y citrato trisodico

son antioxidantes adecuados para el salami y además estabilizan los pigmentos rojos nitrosilados (Demeyer, 2004), por lo que su presencia en el producto es adecuada.

El metabisulfito potásico es un preservante que inhibe el crecimiento de levaduras, hongos y bacterias (Elmadfa *et al.*, 2011), Por lo que se consideró que afecta el crecimiento del cultivo iniciador adicionado y la demás microbiota endógena presente en las materias primas. Por ende, se recomendó la eliminación de este condimento de la formulación. Es importante tomar en cuenta que se debe adicionar sal, azúcares fermentables, colorantes (si se desea) y antioxidantes para compensar los proporcionados por el condimento.

El cultivo utilizado en la formulación es Bactoferm LHP Dry (Chr Hansen, Dinamarca), conformado por bacterias ácido lácticas que son anaerobias facultativas, resistentes a altas cantidades de sal y fermentadoras de glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa. Dicho cultivo es utilizado para la producción de embutidos mediante fermentación extra rápida a 28 – 38 °C y se considera adecuado para el uso en producción de salami, sin embargo se estaba utilizando en un cantidad menor a la recomendada, por lo que se consideró adecuado aumentar la dosis utilizada a lo recomendado por el fabricante (0,19g/kg).

Como indica el Cuadro III, a pesar de la disponibilidad de equipo para elaboración de embutidos, no todos los disponibles son óptimos para la elaboración de salami. Se realizó una revisión de los equipos disponibles en la planta de la empresa y que podían utilizarse en la elaboración de salami. En el cuadro V se presenta la información recolectada sobre estos equipos.

La picadora de carne, el molino y el mezclador se consideraron adecuados para el procesamiento de salami. Se decidió utilizar la picadora en lugar de la mezcladora y el molino, con el fin de unificar las operaciones de picado y mezclado en un solo equipo, reduciendo el tiempo de procesamiento y la limpieza y desinfección posterior al procesamiento. Además, la picadora permite alcanzar el tamaño de partícula deseado en la pasta cárnica.

El horno no se considera el equipo óptimo para realizar la etapa de fermentación, ya que es muy grande para las cantidades que se estiman procesar y, además, se requiere para la elaboración de muchos productos, por lo que los tiempos prolongados en la fermentación del salami no son ideales para la empresa. Sin embargo, es el único equipo en la planta que posee control de temperatura y humedad relativa, haciéndolo la única opción viable para fermentar el producto. Para el establecimiento de las temperaturas de fermentación se tomó en cuenta la temperatura mínima y máxima que puede alcanzar el horno.

Cuadro V. Caracterización de equipos disponibles para la elaboración de salami en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Tipo de equipo	Descripción	Capacidad	Potencial de control	Marca & Modelo
Picadora de carne	Picadora de carne industrial con cuchillas y tazón giratorios. Material: acero inoxidable.	300 L	Botonera mecánica con tres velocidades de picado	Alpina Hoegger
Molino	Molino de tornillo sin fin Material: acero inoxidable Potencia: 15 HP	No disponible	Una velocidad	Hobart 56
Mezcladora	Mezcladora con paletas pequeñas Material: acero inoxidable	Capacidad: 50 L Mínimo: 5 kg	Una velocidad, marcha hacia adelante y hacia atrás	No disponible
Embutidora	Embutidora automática, detector de metales incorporado. Cuenta con porcionamiento automático.	Mínimo: 20 kg	Panel de control electrónico con posibilidad de almacenar condiciones programadas	Vemag
Horno	Horno adaptado a gas. Dimensiones 2,20 m x 1,84 m. Cuenta con sistema de ahumado y de dispersión de vapor	Tres carros de embutidos. Aproximadamente 400 kg de producto Temperatura mínima: 25 °C	Control externo mediante botonera, permite control de humedad relativa y temperatura	Afmos Lebensmitteltechnik Alfa-Laval gruppe
Cámara de refrigeración	Cámara de dos puertas, con división en el medio Volumen utilizable 0,8 m ³	Aproximadamente 60 kg de producto Temperatura mínima: 0 °C Temperatura máxima: 20 °C	Panel de control manipulado solamente por proveedor externo	No disponible
Deshumidificador	Deshumidificador casero eléctrico	Extracción de 29 litros por día	Panel de control con dos velocidades: normal y turbo	SANKEY ED 2905

La cámara de refrigeración utilizada para el proceso de maduración y secado tampoco es la más recomendable, especialmente por la dificultad de control de la temperatura y humedad relativa. La colocación dentro de la misma de un deshumidificador ayuda a controlar de mejor forma esta última, sin embargo, este equipo reduce de forma importante el espacio disponible ya que se coloca en el interior de una parte de la cámara, donde se pueden colgar los embutidos. Para el establecimiento de las temperaturas de maduración se tomó en cuenta la temperatura mínima y máxima que puede alcanzar la cámara de refrigeración.

Finalmente, el deshumidificador poseía una buena capacidad de extracción. No obstante, su forma de control es limitada a solamente dos modos de operación, lo que restringe la regulación de este parámetro durante el proceso.

4.2.4. Condiciones de fermentación y maduración

Para el establecimiento de las condiciones de fermentación y maduración a evaluar en esta Práctica Dirigida, se realizó una revisión bibliográfica de valores recomendados en la literatura y además se tomó en cuenta la capacidad de los equipos disponibles en la planta de la empresa.

Es importante acotar que las pruebas piloto se realizaron en la planta piloto del CITA, por lo que fue importante homologar las condiciones que tiene la empresa en los equipos utilizados en el CITA para la fermentación, secado y maduración. Tomando en cuenta esto, se definieron los tratamientos del Cuadro VI, para las pruebas preliminares.

Cuadro VI. Condiciones seleccionados para los tratamientos a evaluar en las etapas de fermentación, maduración y secado de salami.

Etapa	Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Fermentación	TI	32	90 – 95
	T2	37	90 – 95
Maduración	MS1	10- 15	Con deshumidificador Día 1: 90-95 (agua adicionada) Día 2: 85-90 (agua adicionada) Días restantes: 75 – 85
	MS2	10- 15	Sin deshumidificador

4.2.5. Pruebas preliminares

Se realizó una revisión bibliográfica de diversas formulaciones de salami (Nogueira, Montes, Favaro-Trindade, & Contreras-Castillo (2014), Kunrath *et al.* (2017), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (n.d.), Pisacane *et al.*(2015)) y se compararon con los ingredientes de cinco marcas de salami que se encuentran a la venta en el mercado costarricense. Las formulaciones definidas para las pruebas preliminares pueden verse en el Cuadro VII.

La variación en las formulaciones estaba en las especias o condimentos. Una de ellas se elaboró utilizando oleoresina con la cantidad recomendada por el fabricante y la otra utilizando pimienta negra molida y ajo en polvo. Se decidió utilizar una cantidad de GDL un poco menor a la recomendada debido a que la oleoresina provocaba una disminución importante en el pH de la pasta ya que contenía ácido cítrico (Trilogy Essential Ingredients Inc, 2015).

Las dos formulaciones se probaron con tres calibres distintos (32 mm, 40 mm y 60 mm) y tres tipos de funda (funda de colágeno, funda para pepperoni y funda de colágeno perforada). Los salami elaborados fueron sometidos a un proceso de fermentación a 32 °C hasta alcanzar pH de 5,1 y posteriormente a un proceso de maduración y secado a 70-75 % en una cámara de maduración. Se determinó el punto final cuando alcanzaron una pérdida de peso de 40%.

Cuadro VII. Formulaciones utilizadas en pruebas preliminares para la determinación de condiciones de fermentación, maduración y secado de salami.

Formulación	1	2
Lomo de cerdo (%)	70	70
Tocino dorsal (%)	30	30
Sobre la base cárnica		
Sal (g/kg)	21	21
Sal de cura (g/kg)	1,9	1,9
Dextrosa (g/kg)	6	6
Oleoresina (g/kg)	5	-
Ajo (g/kg)	-	2
Pimienta (g/kg)	-	3
GDL (g/kg)	2,5	2,5

Cuadro VII (Continuación). Formulaciones utilizadas en pruebas preliminares para la determinación de condiciones de fermentación, maduración y secado de salami.

Formulación	1	2
Ácido ascórbico (g/kg)	0,5	0,5
LHP Dry Bactoferm (g/kg)	0,19	0,19

Los salami obtenidos fueron sometidos a un panel sensorial informal con cinco panelistas, los cuales eran personal de la empresa (líder de inocuidad, inspectores de calidad, encargado de planta y encargado de producción). Se les solicitó que eligieran la formulación que preferían para ser utilizada en el resto de las pruebas. La empresa solicitó continuar la realización de las pruebas con la formulación 1, calibre de 32 mm y utilizando la funda de colágeno.

4.3. Determinación de las condiciones de fermentación para la elaboración de embutido crudo fermentado (salami)

Inicialmente para la determinación de las condiciones de fermentación, se planteó el uso de dos tratamientos: fermentación a 37 °C (T1) y fermentación a 32 °C (T2). Sin embargo, luego de terminar las pruebas relacionadas a T1, se obtuvo un tiempo de fermentación muy prolongado (10 horas), que no satisfacía las expectativas de la empresa por su limitante de equipo antes mencionada con el horno. Así que se procedió a evaluar distintas maneras de reducir el tiempo de fermentación. Entre los posibles tratamientos para reducir el tiempo se tomó en cuenta:

1. Fermentación lenta fuera del horno: debido a que el cuello de botella en este proceso es el horno, se consideró la posibilidad de eliminarlo del proceso. La fermentación de estos productos utilizando el cultivo LHP Bactoferm puede realizarse a temperaturas entre los 26 – 38 °C, por lo que la fermentación podría realizarse a temperatura ambiente en un área de la planta no refrigerada. Sin embargo, la planta no cuenta con un área separada en donde colocar los salami por períodos prolongados sin exponerlos a contaminantes. Al ser productos que no han sido sometidos a un tratamiento térmico no pueden ingresar a ciertas áreas de la planta, ya que podría generarse contaminación cruzada con los productos ya cocidos. Además, al aumentar el tiempo de fermentación se aumentaría la probabilidad de crecimiento de microorganismos no deseados o el desarrollo de toxina de *S. aureus*, por lo que por la inocuidad del producto se considera mejor la fermentación rápida en el horno.

2. Disminución del pH inicial de fermentación: la disminución del pH inicial de la pasta implica que se requiere una menor producción de ácido láctico por parte de los microorganismos para alcanzar el valor de pH deseado. Tanto el GDL como el ácido ascórbico, actúan como acidificantes artificiales, por lo que aumentar la cantidad adicionada en la formulación puede provocar la reducción deseada del pH. La adición de ácido cítrico o ácido láctico también son utilizados para el fin antes mencionado. Sin embargo, el ácido ascórbico, ácido láctico y ácido cítrico acidifican la pasta de forma inmediata lo que provoca la desnaturalización de las proteínas y genera cambios no deseados en la textura del embutido (Barbut, 2015).

Por su parte, el GDL es un compuesto de hidrólisis lenta por lo que permite la acidificación lenta de la pasta sin el daño indeseado a la textura del producto. Yim, Jang, & Chung (2016) determinaron que la adición de 0,5 % de GDL en la formulación genera valores de pH iniciales significativamente menores que al adicionar 0,25 %. El Departamento de Agricultura

de los Estados Unidos permite un máximo de 0,5 % de GDL en la formulación (Frédéric Leroy & Vuyst, 2009), y a pesar de que en Costa Rica no hay un límite establecido, se procedió a usar el límite planteado por este ente como un valor válido de referencia. Adicional al límite establecido en los Estados Unidos, el proveedor del cultivo también sugirió utilizar una cantidad entre 0,3 – 0,5 % (Solis, 2019), por lo que también se estaría acatando la recomendación esta recomendación.

Basado en la evaluación realizada se procedió a definir el siguiente diseño experimental: se utilizó un diseño irrestricto aleatorio de dos tratamientos: GDL (0,25%) y 2GDL (0,5%). La variable respuesta analizada fue el tiempo requerido para que el salami alcanzara un pH menor a 5,1.

Para cada tratamiento se elaboraron tres lotes de producto (2 a 5 kg) utilizando la misma materia prima y las condiciones de procesamiento mostradas en la Figura 8.

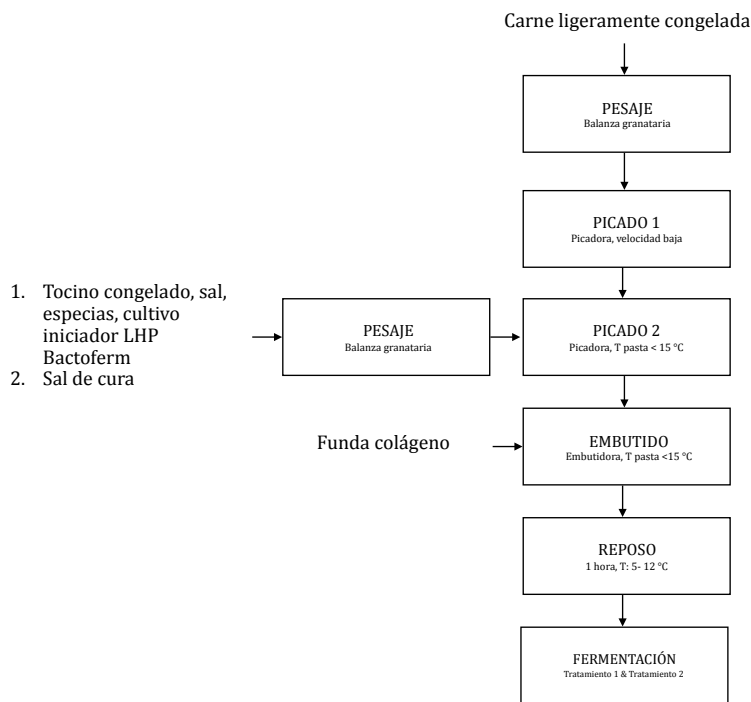


Figura 8. Etapas y condiciones de procesamiento para la elaboración de salami crudo fermentado.

Durante la fermentación se realizaron mediciones de pH cada hora, en tres embutidos seleccionados de forma aleatoria, utilizando un pHmetro (Daigger, 5500, Estados Unidos) con un electrodo HI1083B (HANNA Instruments, Estados Unidos) y siguiendo el método descrito por

(Braña *et al.*, 2011), realizando la medición en el centro geométrico del embutido. El pHmetro se calibró utilizando los buffers 4,0 y 7,0. Además, se monitoreó la temperatura y humedad relativa utilizando un higrómetro/psicrómetro (Tpi, modelo 597, Estados Unidos), los resultados son mostrados en el Anexo 2. En este caso, el procesamiento del salami se detuvo después de la fermentación.

Los cambios de pH durante la fermentación de los dos tratamientos son mostrados en la Figura 9, en la que se presenta una curva elaborada con el promedio de las tres repeticiones de cada tratamiento.

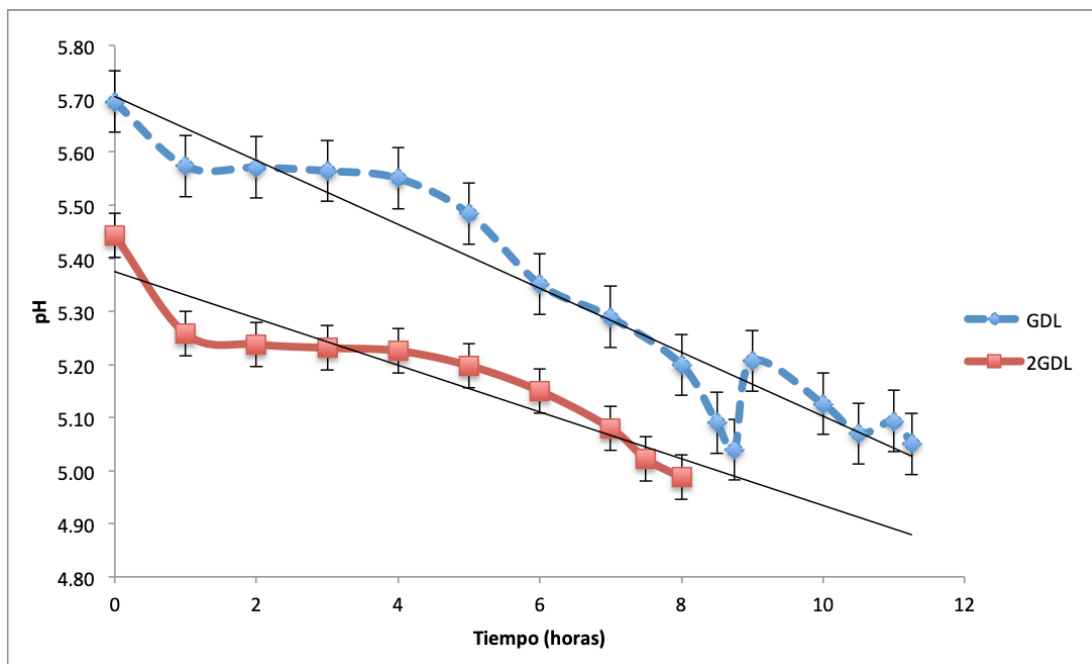


Figura 9. Comportamiento del pH en dos tratamientos (GDL y 2GDL) de salami, fermentados a 37 °C y 90-95 % de humedad relativa con línea de tendencia.

Nota: las líneas verticales representan barras de error estandar.

En ambos tratamientos se observó un patrón de acidificación similar en el que en la primera hora se dió una disminución importante de pH, en la cuatro horas siguientes la acidificación fue muy leve y posteriormente continuo a un ritmo más acelerado hasta alcanzar pH menor a 5,1.

Para el tratamiento 2GDL se presentó menor variación entre las repeticiones por lo que se obtuvo una tendencia de disminución de pH más definida, en cambio en el tratamiento GDL las

variaciones fueron mayores, lo cual se evidencia con las barras de error mostradas y con las fluctuaciones de pH presentadas en la etapa final de la fermentación.

Al duplicar la cantidad de GDL se disminuyó el pH de la pasta en 0,26 unidades, iniciando el proceso de fermentación con un pH menor, por lo que se requirió un tiempo menor para alcanzar el pH deseado. Según los resultados obtenidos, el tener un pH inicial menor no tuvo un efecto importante en la producción de ácido láctico por parte del cultivo iniciador, ya que se observó un comportamiento similar en ambos casos. Apesar de que las bacterias ácido lácticas son ácido tolerantes, ciertas cantidades de ácido pueden afectar su crecimiento. Yang *et al.* (2018) indican que el crecimiento de algunas bacterias ácido lácticas analizadas fue significativamente afectado por el pH inicial del medio, estando su pH óptimo entre 6,2 – 8,5. Adamberg, Kask, Laht, & Paalme (2003) también reportaron disminución en la producción de ácido láctico y velocidad de crecimiento de bacterias ácido laticas al disminuir el pH del medio. No obstante, en este caso no se observó una afectación en la producción de ácido lactico ya que el pH de los salami disminuyó en un menor tiempo al incrementar la cantidad de GDL y por ende disminuir el pH inicial del salami.

Para ambos tratamientos se aplicó un modelo de ajuste lineal. Las ecuaciones y valores de R^2 obtenidos para las repeticiones de cada tratamiento son mostrados en el Cuadro VIII.

Cuadro VIII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) de dos tratamientos (GDL y 2GDL) para la determinación del tiempo de fermentación de salami.

Tratamiento	Repetición	Ecuación	R^2
GDL	1	$pH = -0,0747(\text{tiempo}) + 5,7143$	0,9365
	2	$pH = -0,0471(\text{tiempo}) + 5,6144$	0,9499
	3	$pH = -0,0657(\text{tiempo}) + 5,8265$	0,92379
2GDL	1	$pH = -0,0451(\text{tiempo}) + 5,4289$	0,90223
	2	$pH = -0,0475(\text{tiempo}) + 5,3661$	0,8883
	3	$pH = -0,0395(\text{tiempo}) + 5,3302$	0,7570

En todos los casos, los coeficientes de determinación se consideran buenos, ya que los valores de R^2 son mayores a 0,7 (Granato, Maria, Calado, & Jarvis, 2014). Utilizando las ecuaciones mostradas en el Cuadro VIII, se calculó para cada tratamiento el tiempo (en horas)

requerido para alcanzar un pH menor a 5,1 y se calculó un valor promedio para cada tratamiento. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza para determinar si había diferencia entre los valores de tiempo de los tratamientos evaluados.

Los tiempos promedio requeridos para alcanzar valores de pH menores a 5,1 son mostrados en la Figura 10.

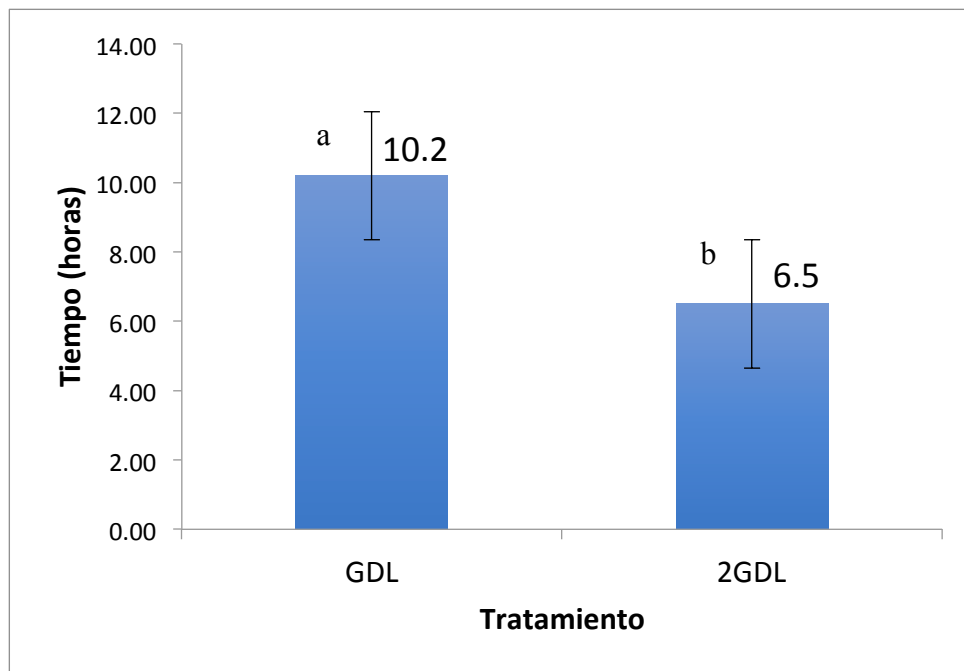


Figura 10. Tiempo requerido para alcanzar valores de pH menores a 5,1 en dos tratamientos de salami.

Notas: las barras verticales representan barras de error estándar. Letras distintas representan diferencias significativamente entre los valores.

Para el tratamiento GDL se obtuvo un tiempo promedio de $(10,2 \pm 2)$ horas, mientras que para 2GDL el resultado fue de $(6,5 \pm 1)$ horas. Los resultados del ANOVA ($p = 0,0022$) indicaron con un 95 % de confianza que los tiempos de fermentación de cada tratamiento son significativamente distintos.

Debido a que el tratamiento 2GDL generó un tiempo menor de fermentación se consideró más efectivo y se eligió éste para ser utilizado en las pruebas de maduración. Se calculó el parámetro grados-hora para confirmar que el tiempo de procesamiento era menor que el requerido para que *S. aureus* genere su toxina, siguiendo la metodología descrita por The American Meat Institute (1997). El cálculo de dicho parámetro es mostrado en el Anexo 3. Este

parámetro debe calcularse con la temperatura más alta alcanzada durante la fermentación. En este caso se utilizó 41 °C para tener un factor de seguridad, a pesar de que las temperaturas máximas alcanzadas fueron de 38,9 °C para GDL y 38,7 °C para 2GDL (Anexo 2). Para el tratamiento GDL se obtuvo un valor de grados-hora de 259 y para el 2GDL de 165, el cual al compararse con el valor establecido en la tabla para esa temperatura (900) se considera adecuado. Los procesos en los que el producto es expuesto a temperaturas mayores a 31,7 °C y menores a 37,8 °C antes de alcanzar un pH de 5,3 tienen un límite de 1000 grados hora, y si se sobrepasa este valor son considerados inseguros (Ministry for Primary Industries, 2017). Un embutido cuya fermentación se realice a las temperaturas antes mencionadas puede estar a estas temperatura por un máximo de 20 horas (Sebranek, 2004), lo cual indica que el tiempo de fermentación obtenido está dentro de la zona de seguridad y es mucho menor al requerido para que *S. aureus* produzca su toxina. De esta forma, se escogieron las condiciones del tratamiento 2GDL para la fermentación del salami. Estas condiciones serían las utilizadas en la fase de fermentación de los tratamientos realizados para evaluar las condiciones de maduración y secado de salami.

4.4. Determinación de las condiciones de maduración y secado para la elaboración de embutido crudo fermentado (salami)

4.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio de dos tratamientos. El primer tratamiento consistía en el uso de deshumidificador y condiciones de humedad escalonada (MS1) (Mediá, 2007) y el segundo tratamiento sin deshumidificador (MS2). Las condiciones detalladas se desglosan en el Cuadro IX.

Cuadro IX. Humedad relativa y temperatura de dos tratamientos (MS1 y MS2) utilizados para definir las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.

Tratamiento	Condiciones
Uso de deshumidificador y humedad escalonada (MS1)	Humedad relativa Con deshumidificador Día 1: 90 – 95% Día 2: 80 – 85% Días restantes: 70 – 80 % Temperatura 10- 15 °C
Sin deshumidificador (MS2)	Humedad relativa Sin deshumidificador (75-80%) Temperatura 10- 15 °C

La variable respuesta de ambos tratamientos fue el tiempo requerido para alcanzar una pérdida de peso del 40 %, dicho porcentaje es el deseado por la empresa y se encuentra entre los valores recomendados en la literatura (Prieto & Carballo, 1997).

Se realizó una prueba preliminar de los tratamientos y se determinó que no era posible alcanzar las condiciones de humedad relativa planteadas sin el uso de un deshumidificador. Al no utilizar deshumidificador en la cámara de maduración del CITA se obtenían humedades relativas entre los 90 – 95 %, por lo que se decidió no realizar el tratamiento MS2. Es importante rescatar

que no fue posible alcanzar estas condiciones en la planta piloto del CITA y que probablemente las condiciones en la planta de Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. sean distintas. Por lo que al realizar el escalamiento en la planta de la empresa podría plantearse nuevamente la realización de la maduración sin un deshumidificador.

4.4.2. Procesamiento del embutido

Se realizaron tres lotes (2 a 5 kg de producto) del tratamiento MS1 para determinar las condiciones de maduración y secado adecuadas para el alcance de una pérdida de peso de 40 % en el salami elaborado. Dichos lotes se elaboraron en días distintos y se colocaron juntos en la cámara de maduración. Los salami se elaboraron utilizando las condiciones de fermentación elegidas en el objetivo 2 de esta Práctica Dirigida. Además, se utilizaron las mismas materias primas y las operaciones previas a la maduración y secado se realizaron bajo las mismas condiciones que en el objetivo anterior (Figura 8), enfocando las variaciones solamente en la etapa de maduración y secado.

Durante el proceso se determinó la pérdida de peso del embutido y el pH diariamente. Además, se tomaron mediciones diarias de humedad relativa y temperatura de la cámara de maduración utilizando un higrómetro/psicrómetro (Tpi, modelo 597, Estados Unidos), y los valores son presentados en el Anexo 4. Al producto final se le realizaron mediciones de actividad de agua (a_w), textura instrumental, color instrumental y contenido de humedad, con los métodos que se detallan a continuación.

4.4.2.1. Pérdida de peso

Para la determinación de pérdida de peso se siguió el método utilizado por Cobos, Simental, Alfaro, Aguirre, & González (2014) utilizando balanza granataria. Las mediciones se realizaron diariamente en todos los embutidos.

4.4.2.2. pH

Las mediciones de pH se realizaron diariamente en tres embutidos utilizando un electrodo (HANNA Instruments, HI1083B, Estados Unidos) acoplado a un pHmetro (Daigger, modelo 5500, Estados Unidos). Se siguió el método descrito por (Braña *et al.*, 2011) realizando una medición en el centro geométrico del embutido. El pHmetro se calibró diariamente utilizando los buffers 4,0 y 7,0.

4.4.2.3. Actividad de agua

La medición de actividad de agua se realizó por triplicado para cada lote en el día 0 y en el producto terminado, utilizando el medidor Aqualab 4TE a 25 °C (Decagon, Estados Unidos). Las muestras se trituraron en una licuadora y se colocaron en las capsulas del equipo hasta la línea marcada.

4.4.2.4. Color instrumental

Para la medición de color instrumental se utilizaron tres embutidos por lote, los cuales fueron triturados utilizando una licuadora. Se determinaron los parámetros de color L*, a* y b*. La medición de color instrumental se realizó en el producto terminado por triplicado siguiendo el método establecido por Torrenegra & Pajaro (2017) utilizando un colorímetro ColorFlex 45 de HunterLab Reston. Con un ángulo de apertura de 10° y con tipo de luz D65. Los valores de C*ab y h_{ab} se obtuvieron a partir de los datos de medidos de a* y b* y utilizando las siguientes ecuaciones(Braña *et al.*, 2011):

$$H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

4.4.2.5. Textura instrumental

Se realizó la determinación de TPA por quintuplicado para cada lote en el producto terminado siguiendo el método utilizado por Araya (2017). Se cortaron rebanadas de 1 cm de grosor utilizando un cuchillo. Se utilizó un texturómetro TA-XTPLUS con un aditamento de compresión cilíndrico de 50 kg. Las muestras se comprimieron a un 50 % de su altura total y las curvas de fuerza-tiempo se registraron a una velocidad de 2 mm/s. Se determinaron los parámetros de dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad y masticabilidad del producto terminado.

4.4.2.6. Análisis de humedad

Se realizó el análisis de contenido de humedad en el producto terminado por triplicado para cada lote utilizando el método de secado con estufa al vacío a 100 °C establecido por Kirk *et al.* (1996). Se tomaron tres salami enteros y se trituraron utilizando una licuadora, se pesaron 5 g en cápsulas de aluminio prepesadas y en masa constante. Las muestras se secaron durante 18 horas y posteriormente se pesaron de forma diaria hasta alcanzar masa constante ($\pm 0,05$).

4.4.2.7. Contenido de sal

Se determinó el contenido de sal en el producto final utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de sal (\%)} = \left(\frac{\text{Masa inicial salami} * \text{Contenido de sal (\%)}}{\text{Masa final salami}} \right) * 100$$

4.4.3. Resultados y discusión de la determinación de las condiciones de maduración y secado para la elaboración de un embutido crudo fermentado (salami).

Durante el proceso de maduración y secado se realizó la medición del pH del salami, la determinación se realizó utilizando tres embutidos durante todo el proceso. El comportamiento del pH durante la maduración es mostrado en la Figura 11.

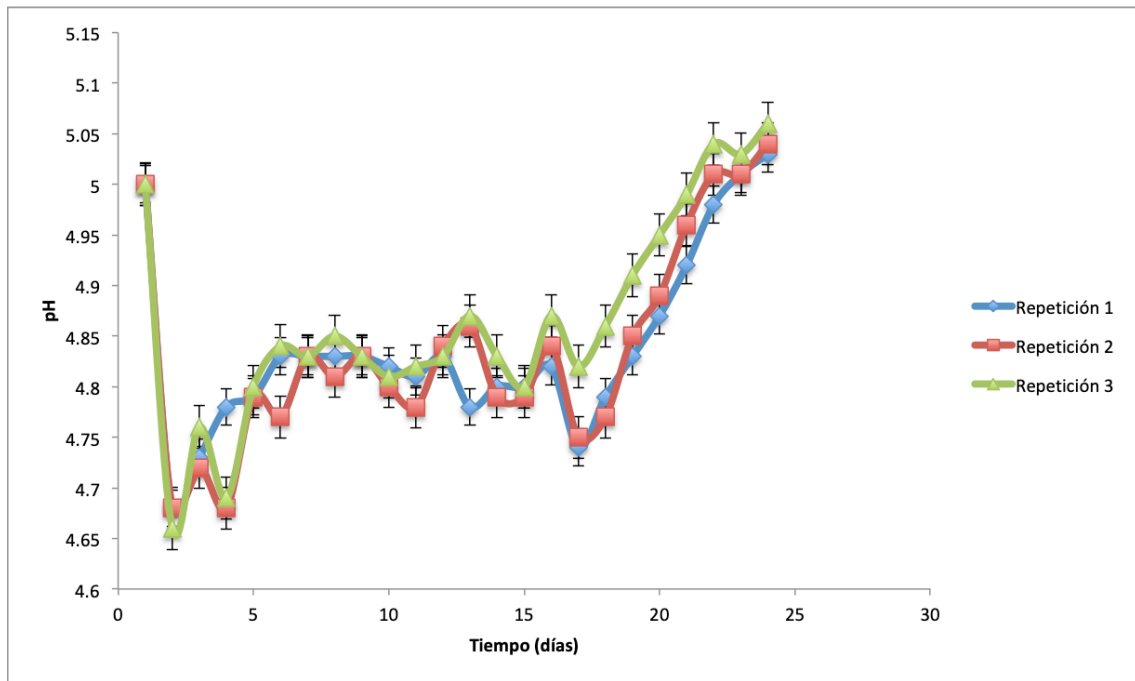


Figura 11. Comportamiento del pH durante la maduración del tratamiento MS1.

Nota: las líneas verticales representan barras de error estandar.

El comportamiento del pH durante la maduración correspondió a lo reportado en la literatura para este tipo de procesos. Posterior a la fermentación, el pH continuó disminuyendo hasta alcanzar valores cercanos a 4,6. El pH continúa disminuyendo por la acción de las bacterias ácido lácticas presentes en el embutido (Bozkurt & Erkmen, 2002). Luego, se dio un aumento paulatino hasta alcanzar valores de $(5,07 \pm 0,05)$. El aumento del pH de este tipo de productos se debe a la liberación de péptidos, aminoácidos y amoniaco, como resultado de reacciones

proteolíticas o bien por la degradación del ácido orgánico formado (Spaziani, Torre, & Stecchini, 2009).

Los resultados obtenidos para la pérdida de peso durante la maduración y secado del salami con el tratamiento MS1 son mostrados en la Figura 12.

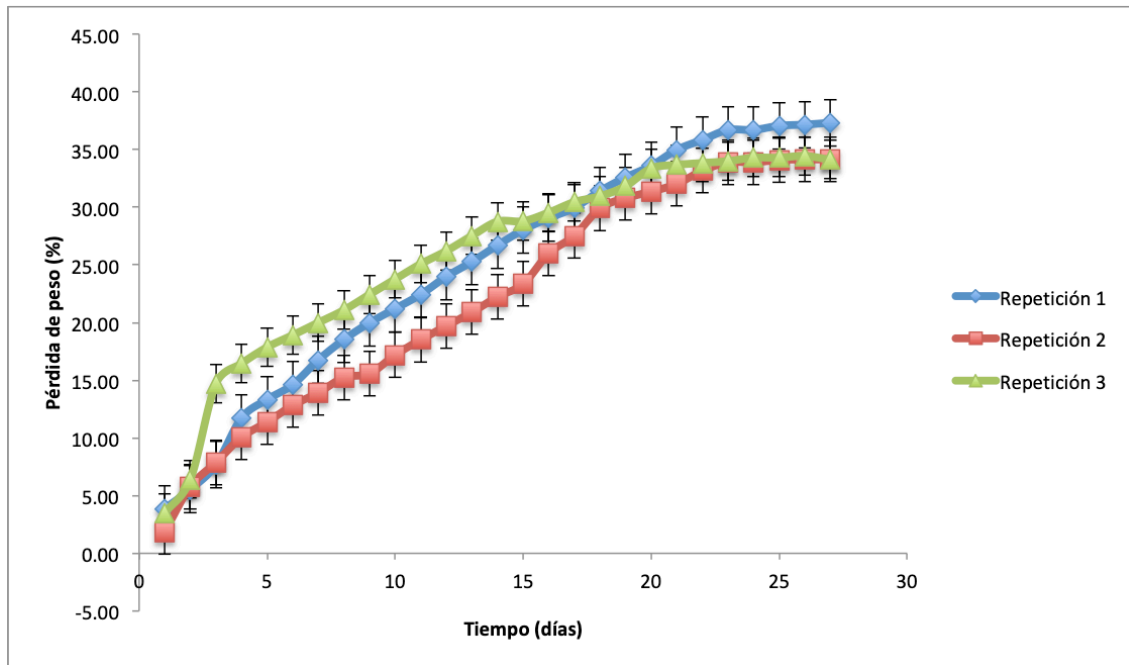


Figura 12. Comportamiento de pérdida de peso de tres réplicas del tratamiento MS1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.

Nota: las líneas verticales representan barras de error estandar.

Los datos obtenidos corresponden a una curva típica de secado de un alimento. En los primeros días de maduración se obtuvo una mayor pérdida de peso, evidenciada con un gradiente más pronunciado en la curva, este período se denomina período de inducción y durante éste se da una remoción rápida de agua. Generalmente es un período corto, comparado al resto del proceso (Santchurn, Arnaud, & Collignan, 2012). Posteriormente, en los días del 4 a 15-16, se observó una fase de secado constante en la que la velocidad de evaporación del agua en la superficie es menor que la velocidad de transporte de agua del interior del embutido hacia la superficie. En esta etapa la superficie del producto se mantiene húmeda y el agua en esa zona puede evaporarse con facilidad (Grau *et al.*, 2015).

Luego de los 20-21 días, disminuyó abruptamente la pérdida de peso y se obtuvieron valores de pérdida de peso casi constantes. El comportamiento general de las tres repeticiones fue

similar, pero en la primera de ellas, a nivel de la muestra, se alcanzaron pérdidas de peso mayores.

Es importante mencionar que durante el período de maduración, se observó la presencia de exudado de grasa en la superficie de los salami, la cual posteriormente se intensificó e inclusive se observó goteo. Por esta razón, se decidió detener el proceso de maduración, a pesar de no haber obtenido el 40% de pérdida de peso, debido a que los salami presentaron signos evidentes de exudado de grasa y cierto aroma rancio. Inclusive se considera factible que la pérdida de peso, después de cierto punto, se debiera a pérdida de grasa y no a pérdida de agua, como se esperaba. Debido a que la pérdida de peso se encontraba dentro del rango aceptable (mayor a 30 % para embutidos secos) (Talon *et al.*, 2004), se procedió con la medición del a_w de los salami para corroborar si estaban dentro del rango aceptable.

Se determinó que el a_w promedio de los salami era ($0,874 \pm 0,03$), por lo que cumplían con lo requerido ya que los embutidos secos deben tener un a_w menor a 0,90 para no representar un peligro para el consumidor (Xiong & Mikel, 2001). No obstante, el producto elaborado presentaba defectos evidentes, tanto en términos de aspecto, exceso de grasa, como en términos de olor y sabor rancio. Debido a esto, se realizó un panel informal y se determinó que el producto presentaba importantes notas de rancidez, por lo el producto obtenido podría ser rechazado por el consumidor. Al probar el producto en distintas etapas de la maduración se determinó que el sabor dado por la oleorresina iba en disminución y aumentaba el sabor y olor a rancio. Este comportamiento sugiere que la oleorresina se estaba oxidando con el tiempo, hecho que se debe a que la oleorresina tiene como ingrediente principal el aceite de soya, cuya composición es rica en ácidos grasos poliinsaturados, haciéndolo altamente susceptible a la oxidación lipídica (Wang, Li, & Cahoon, 2013).

A pesar de los defectos antes mencionados, se realizó la caracterización del producto obtenido, ya que permitía tener una base para futuras modificaciones. Los resultados de los parámetros físico químicos analizados son mostrados en el Cuadro X.

Cuadro X. Promedio de parámetros físico químicos del salami obtenido mediante el tratamiento MS1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami.

Parámetro		MS1
pH		5,10 ±0,07
a _w inicial		0,97±0,00
a _w final		0,87±0,03
Contenido de humedad (%)		28,61±3,06
Contenido de sal (%)		3,77±0,21
Pérdida de peso (%)		35,99±1,71
Color	L*	52,64±3,06
	a*	14,22±0,60
	b*	15,64±0,37
	C*ab	21,15±0,48
	h _{ab}	47,75±1,44
Textura	Dureza (N)	97,80±4,04
	Adhesividad(J)	-0,70±0,17
	Elasticidad (mm)	3,15±0,19
	Cohesividad	0,56±0,01
	Masticabilidad (J)	0,17±0,02

Nota: los valores son reportados con intervalos de confianza.

El pH del salami obtenido cumplió con los estándares de inocuidad establecidos para este tipo de productos, ya que era menor a 5,3, dicho valor es requerido para evitar la producción de la toxina de *S. aureus* (Sebranek, 2004). No obstante, para inhibir el crecimiento de *S. aureus* en aerobiosis se requiere un pH de 5,1, valor que sí se logra en este tratamiento y un a_w de 0,86 (Talon *et al.*, 2004). En este caso, el valor de a_w no es suficiente para inhibir el crecimiento de *S. aureus*, pero aún así se considera adecuado para este tipo de productos, ya que los embutidos secos deben poseer a_w menor a 0,90 (Taormina & Sofos, 2014).

Los embutidos secos presentan contenidos de humedad entre 25–45 %, por lo que el producto obtenido se encontraba dentro del rango antes mencionado (Ockerman & Basu, 2014). La pérdida de peso obtenida fue menor a la deseada, lo cual se atribuye principalmente a la gran cantidad de exudado de grasa, el cual pudo afectar la eliminación de agua del producto durante el secado. Sin embargo, a pesar de no alcanzar el porcentaje de pérdida de peso deseado tanto el a_w como el contenido de humedad corresponden a los de un embutido seco.

El contenido de sal se encontró entre los valores normales para este tipo de productos, ya que generalmente se adiciona entre 2%- 3% de sal a la pasta y posteriormente se incrementa por

la pérdida de agua a 2,5 – 5% en el producto final (Almeida *et al.*, 2016). Por lo que el producto obtenido se encontraba dentro del rango común para estos productos.

Los colores relacionados a los productos cárnicos se encuentran en el primer cuadrante del plano a^*b^* ($a^*, b^* > 0$, $0^\circ < h_{ab} < 90^\circ$) (Hunt & King, 2012). Los valores a^* y b^* positivos evidencian la obtención de un producto con coloración roja. Sin embargo, la obtención de un valor de saturación (C^*ab) bajo indica que el color era opaco y un valor h_{ab} intermedio indica que poseía tonalidades poco rojas (Hunt & King, 2012). En el salami, se espera la obtención de colores rojos o vinos fuertes, producto de las reacciones entre el óxido nítrico y la mioglobina (Fongaro *et al.*, 2013), en este caso el color fue menos fuerte de lo esperado (Figura 11).

Finalmente, se determinaron los parámetros de textura. Dichos parámetros varían de forma importante dependiendo de la formulación, contenido de humedad, tipo de carne utilizada, entre otros factores. Por lo que compararlos con valores teóricos no aporta información válida a este estudio y al no realizar el tratamiento MS2 no se obtuvieron valores comparables.

Los parámetros físico químicos evaluados cumplen con lo establecido para un salami crudo fermentado, no obstante los defectos provocados por el exudado de grasa hacen que el producto sea poco atractivo para el consumo. En la Figura 13, se muestran fotografías de los productos obtenidos, en los cuales se observa claramente la capa de grasa en el exterior del embutido.

Como se observa en la Figura 13, los tres lotes elaborados presentaron alta cantidad de exudado de grasa, lo anterior se evidencia con el brillo de la funda e incluso con algunos fragmentos de grasa solidificada. La alta cantidad de grasa en la funda pudo provocar que los poros de la misma se bloquearan y, por su carácter lipolítico, redujeran la permeabilidad al vapor de agua. Al remover la funda, se observó una capa gruesa de grasa. En el caso de la fotografía A3 inclusive se observan aglomeraciones de grasa en las puntas del embutido. Los salami fueron rodados en una hoja de papel y en los tres casos se observa una marca de grasa del tamaño total de salami. Dicha marca evidencia el exceso de grasa presente en la superficie del salami.

Además, es importante destacar que se observaron diferencias de coloración visual en distintas partes de las muestras de los salami. Especialmente al comparar las puntas con el centro. Este defecto no se evidencia al realizar las mediciones de color, ya que se tritura y se mezcla la totalidad del embutido.

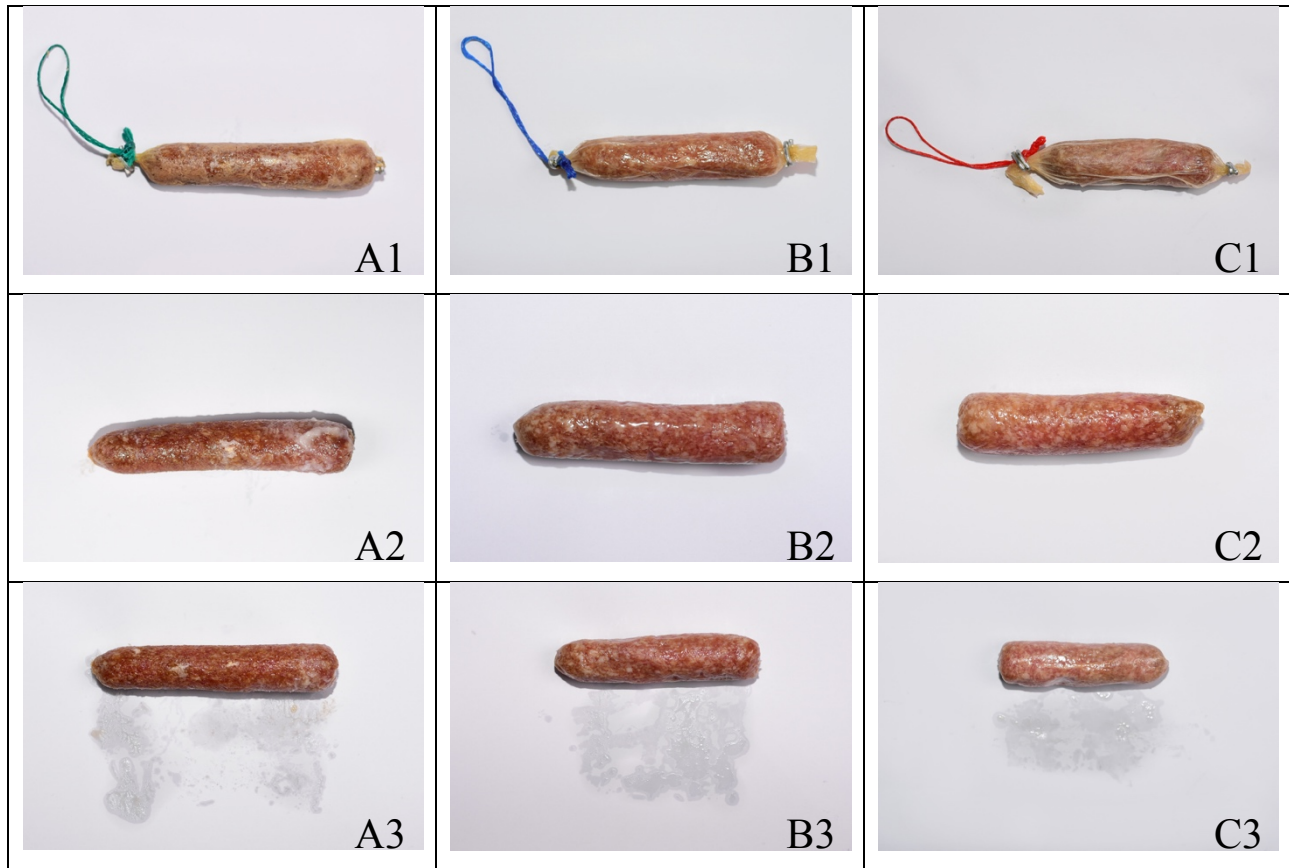


Figura 13. Fotografías de salami con exudado de grasa correspondientes a tres repeticiones del tratamiento MS1. A1: Repetición 1 con funda, A2: repetición 1 sin funda, A3: repetición 1 con marca de grasa. B1: Repetición 2 con funda, B2: repetición 2 sin funda, B3: repetición 2 con marca de grasa. C1: Repetición 3 con funda, C2: repetición 3 sin funda, C3: repetición 3 con marca de grasa.

Aparte de los defectos claros en términos de aspecto, también se presentaron fuertes olores y sabores rancios. Al obtener un producto con defectos que podrían generar rechazo de parte del consumidor, se tomó la decisión de realizar mejoras al producto, como una adición a la práctica dirigida inicialmente propuesta. Además, debido a que los datos obtenidos no reflejan el comportamiento de maduración adecuado, ya que la grasa pudo haber alargado el tiempo de maduración de forma importante, no se intentó obtener el modelo planteado de los datos, ni se realizaron análisis estadísticos.

Se decidió realizar un análisis de las posibles causas del exudado de grasa en el salami crudo fermentado y plantear modificaciones a los tratamientos realizados para intentar eliminar el defecto presentado debido a que no se consideró adecuado continuar analizando un proceso para

un producto que no podía ser comercializado, principalmente porque la empresa esperaba un producto de buena calidad. Por ende, se consideró fundamental intentar obtener un producto con buenas características sensoriales antes de optimizar el proceso de elaboración.

4.5. Modificaciones de la formulación y condiciones de procesamiento de prototipos obtenidos en objetivos previos.

4.5.1. Análisis de causa raíz

Se realizó un análisis de causa raíz para determinar posibles factores que causaron la aparición de exudado de grasa en los salami elaborados con las condiciones establecidas en los objetivos 2 y 3. Con la información recopilada se elaboró el diagrama de espinas de pescado mostrado en la Figura 14.



Figura 14. Análisis de posibles causas de exudado de grasa en salami. Fuente: elaboración propia con información de Arnau (2013).

Luego de identificar las posibles causas de este defecto se procedió a analizar cada una de ellas.

a. Grasas de bajo punto de fusión

- *Tipo de tocino*

Al solicitar las materias primas se indicó que se requería tocino dorsal de cerdo. Como se ha mencionado anteriormente, la firmeza de la grasa está directamente relacionada a la composición de ácidos grasos saturados y poliinsaturados. El tocino con alta cantidad de ácidos

grasos saturados es sólido y firme a temperatura ambiente (Wood *et al.*, 2003). El tocino recibido era firme y se podía cortar con facilidad, por lo que se consideró que correspondía a lo solicitado.

- *Dieta del cerdo*

La alimentación de los cerdos influye de forma importante en el punto de fusión de la grasa de cerdo debido a que los ácidos grasos obtenidos de la dieta se depositan en el cerdo sin alteraciones, si los cerdos fueron alimentados con dietas altas en ácidos grasos insaturados el punto de fusión de la grasa disminuye (Garabello & Díaz, 2017). Por lo que también es factible que la dieta de los cerdos de los que provenía el tocino haya afectado el comportamiento de la grasa utilizada. Sin embargo, este es un factor que no se puede alterar en el proceso estudiado y es sumamente difícil de controlar en general.

- *Adición de oleorresina*

Según las recomendaciones del proveedor, la oleorresina utilizada en las pruebas era apta para ECF. La dosis recomendada era de 0,5 % de la formulación, sin embargo se encontró evidencia en la literatura indicando que la adición de aceite líquido en la pasta para embutido fermentado podía generar un producto inaceptable con textura suave, funda separada del embutido, acumulación de grasa líquida debajo de la funda y coloraciones menos rojizas (Bloukas, Paneras, & Fournitzis, 1997). A pesar de haber añadido una cantidad de aceite líquido mucho menor que el analizado en el estudio, éste pudo haber tenido un efecto relacionado, especialmente al corroborar la similitud entre los defectos observados.

El principal ingrediente de la oleorresina es aceite de soya, el cual se caracteriza por ser rico en ácidos grasos poliinsaturados (Wang *et al.*, 2013). Este ingrediente, aunque sea en cantidades bajas, proporciona ácidos grasos poliinsaturados a la pasta del embutido. Karabulut, Turan, & Ergin (2004) demostraron que la mezcla de aceites y grasas puede provocar la disminución del punto de fusión de las grasas. La mezcla de oleorresina con grasa de cerdo pudo tener el efecto antes mencionado y generar la salida de los ácidos grasos poliinsaturados mediante un efecto de arrastre. Al utilizar oleorresina en las pruebas preliminares no se observó este defecto, sin embargo, éstas se realizaron a menor temperatura. Es factible que la exposición a mayores temperaturas incrementara el efecto de la adición de aceite líquido, aunque sea en pequeñas cantidades, a la pasta del salami.

b. Embarrado de la masa

- *Adición de grasas blandas*

Como se mencionó anteriormente, el tocino adicionado poseía una textura firme. Por lo que se consideró adecuado para la realización del producto y no se considera como la causa principal del exudado de grasa en los salami elaborados.

- *Tratamiento mecánico inadecuado*

La picadora utilizada tenía cuchillas con filo y en buen estado, el corte de las materias primas cárnicas se realizaba de forma limpia y con facilidad. Por ello, no se considera que la materia grasa haya sido expuesta a fricción excesiva que generara la ruptura de las partículas de grasa (Baer, 2012).

- *Temperaturas elevadas de materias primas*

La carne adicionada para la elaboración de salami estaba parcialmente congelada, mientras que el tocino se encontraba totalmente congelado. Los demás ingredientes correspondían a materias primas en polvo que se encontraban a temperatura ambiente. Por ende, se descartó el uso de materias primas a altas temperaturas como posible causa del exudado de grasa.

Además, posterior al proceso de embutido se realizó una revisión de los salami y los mismos no presentaban embarrado de la masa, por lo que también se descartó como causa del exudado.

c. Temperatura elevada de procesamiento

1. Picado

Durante el procesamiento de la pasta se controló su temperatura y en ningún momento sobrepasó los 10 °C, por lo que previo a la embutición se mantuvieron dentro del rango recomendado de 8 °C a 12 °C (Vignolo *et al.*, 2010). Al mantener la temperatura dentro del rango, se descarta exposición de la pasta a temperaturas elevadas como causa del exudado de grasa.

- *Temperatura de fermentación*

Al realizar la fermentación a una temperatura elevada podría darse la fundición de la grasa de cerdo. La grasa es el componente más variable de la carne en cuanto a composición y presenta una gran variabilidad en sus parámetros de calidad con un rango de fusión entre 28 y 48 °C (Garabello & Díaz, 2017). El punto de fusión del tocino utilizado no se conocía, pero varios

estudios sugieren que para el tocino dorsal este parámetro ronda entre los 29- 30 °C (Garabello & Díaz, 2017),(Ugarte, Oliverio, & Díaz, 2018).

Al realizar la consulta a un experto en la fabricación de ECF, este indicó que era muy probable que la alta temperatura de fermentación fuera un causante del exudado. Según lo recomendado por Ruiz (Comunicación personal, 24, setiembre, 2019), lo adecuado sería disminuir a menos de 30 °C, sin embargo el fermentador utilizado limita la temperatura a 32 °C , por lo que se decidió utilizar esta temperatura para la fermentación, como una modificación del procesamiento realizado en objetivos anteriores. También se decidió eliminar la oleorresina, por los razones antes mencionadas y por su aumento del sabor rancio durante el tiempo de maduración. Al utilizar especias enteras el sabor se intensifica con el tiempo en lugar de disminuir (Feiner, 2016a), por ello para evitar cambios en el sabor durante el tiempo se decidió utilizarlas en lugar de la oleorresina. Añadido a lo anterior, según la información recopilada la adición de oleorresina, al ser un aceite líquido, podría influir también en la generación de exudado en el salami.

Se decidió que el tratamiento modificado incluiría la disminución de la temperatura de fermentación y la eliminación de la oleorresina, el tratamiento modificado se denominó M1. Debido a que una de las principales solicitudes de la empresa era obtener un proceso rápido, se decidió elaborar también un ECF semiseco, el cual además de lo aplicado al tratamiento M1 sería sometido a una etapa de maduración más corta y a una etapa de cocción posterior. Este tratamiento se denominó M2. Las modificaciones planteadas para permitirían la obtención de un producto terminado en la mitad del tiempo que se requiere para elaborar el M1.

4.5.2. Diseño experimental y procesamiento del embutido

Se realizaron tres lotes de embutido a escala piloto con 2 a 5 kg de producto, las operaciones picado, embutido, reposo se realizaron bajo las mismas condiciones que los objetivos 2 y 3 (Figura 7). Dichas corridas se elaboraron en días distintos, se fermentaron por separado y se colocaron juntas de forma aleatoria en la cámara de maduración.

Se realizó la medición de pH de tres embutidos elegidos aleatoriamente cada hora durante el proceso de fermentación, las mediciones se realizaron utilizando el método de medición de pH descrito en la sección 4.4.2.2 pH, con un electrodo de penetración FC230B (HANNA Instruments, Estados Unidos). Además se monitoreó la temperatura y humedad relativa durante el

proceso, dichos resultados se encuentran en el anexo 5. La variable respuesta para el tratamiento M1 fue el tiempo requerido para alcanzar un pH menor a 5,1 durante la fermentación.

Posterior a la fermentación, cada lote se sometió a la etapa de maduración y secado según las condiciones elegidas, las cuales son mostradas en el Cuadro XI.

Cuadro XI. Condiciones de temperatura y humedad relativa utilizadas para la etapa de maduración y secado de los tratamientos realizados.

Tratamiento	Condiciones
Crudo Modificado (M1)	Humedad relativa Con deshumidificador Día 1: 90 – 95% Día 2: 80 – 85% Días restantes: 70 – 80 % Temperatura = 10- 15 °C Porcentaje de pérdida de peso= 40%
Cocido Modificado (M2)	Humedad relativa Con deshumidificador Día 1: 90 – 95% Día 2: 80 – 85% Días restantes: 70 – 80 % Temperatura= 10- 15 °C Porcentaje de pérdida de peso= 20- 25% Temperatura de Cocción= 72°C

Durante el proceso se determinó diariamente la pérdida de peso de todos los embutidos del lote y el pH de tres embutidos elegidos de forma aleatoria. La variable respuesta fue el tiempo requerido para alcanzar una pérdida de peso del 40 % para M1 y 20- 25% para M2. Además, se tomaron mediciones diarias de humedad relativa y temperatura de la cámara de maduración utilizando un higrómetro/psicrómetro (Tpi, modelo 597, Estados Unidos), las cuales se presentan en el Anexo 6. El tratamiento M2 fue sometido a un tratamiento de cocción en horno hasta alcanzar una temperatura interna de 72 °C, para asegurar la eliminación de microorganismos patógenos. Las condiciones de cocción de tratamiento M2 son mostradas en el Anexo 7.

Se realizaron los análisis físico químicos a los productos terminados de la misma forma que se describió en el apartado 4.4.2.

Para el análisis sensorial se realizó la siguiente metodología: se realizó un “bench testing” con 12 empleados de la empresa en el que se les solicitó indicar cuanto les agradaban las dos muestras presentadas en un escala hedónica de nueve puntos, dicha escala puede observarse en la Figura 19 . Las categorías de la escala iban desde “me disgusta muchísimo” hasta “me gusta muchísimo”. Se permitió asignar la misma categoría a más de una muestra.

Las muestras se presentaron en rodajas de 5 mm colocadas en canastas de papel codificadas. Para realizar la evaluación se les solicitaba a los panelistas que probaran una rodaja de cualquiera de las muestras y posteriormente tomaran una segunda rodaja y con base en ella asignaran la muestra a una de las categorías. Luego, repetían el mismo procedimiento con la segunda muestra.

Para determinar la preferencia de las muestras (M1 vs M2), se calculó un valor preliminar de índice R como se muestra en el Anexo 8.

4.5.3. Resultados y discusión modificaciones de la formulación y condiciones de procesamiento

El comportamiento del pH durante la fermentación del tratamiento M1 es mostrado en la Figura 15, se presenta una curva elaborada con el promedio de las tres repeticiones.

El pH del salame presentó un patrón de disminución similar al de los tratamientos GDL y 2GDL, del apartado 4.3. En este caso, la formulación contenía la misma cantidad de GDL que el tratamiento 2GDL, sin embargo el pH inicial del embutido es mayor. Lo anterior se atribuye a que la oleorresina provocaba una disminución del pH de la pasta cárnica, principalmente debido a que contenía ácido cítrico y al eliminarla provocó un aumento del pH de la pasta.

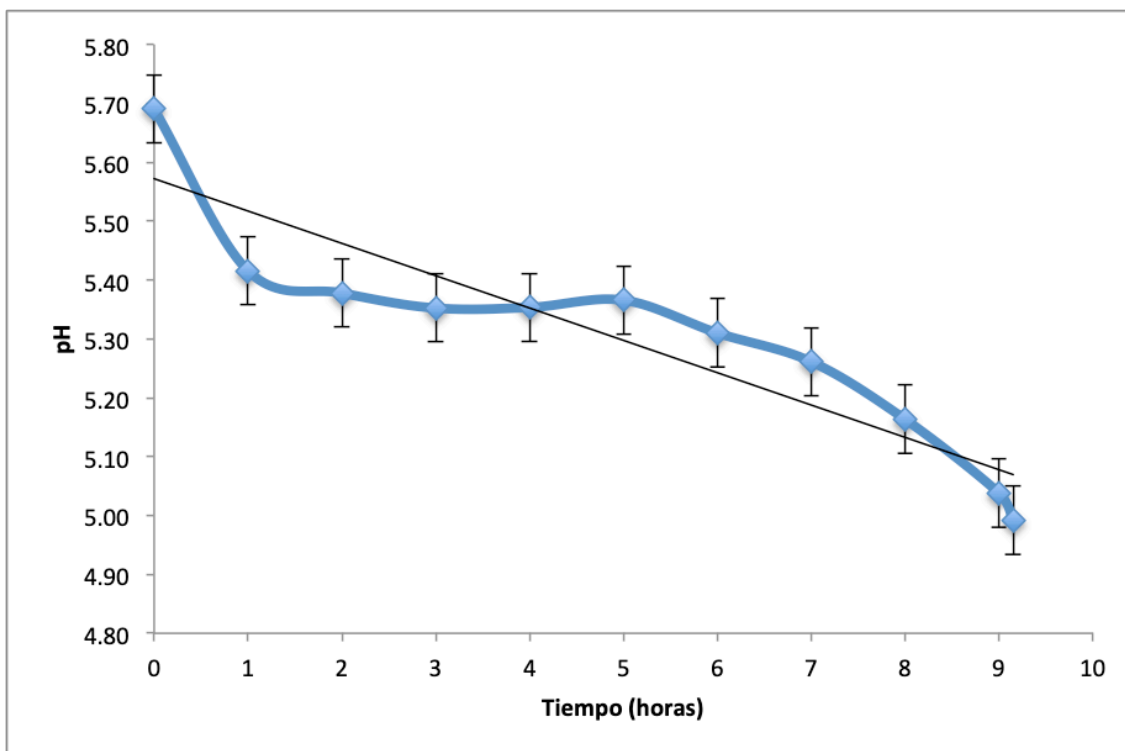


Figura 15. Comportamiento del pH en tratamiento M1 durante la fermentación realizada a, 32 C ° y 90 - 95 % de humedad relativa con línea de tendencia. Nota: las líneas verticales representan barras de error estandar.

Para el tratamiento M1 se aplicó un modelo de ajuste lineal, las ecuaciones y valores de R^2 obtenidos para las repeticiones de cada tratamiento son mostrados en el Cuadro XII.

Cuadro XII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) del tratamiento M1 para la determinación del tiempo de fermentación de salami.

Tratamiento	Repetición	Ecuación	R^2
M1	1	$\text{pH} = -0,0551(\text{tiempo}) + 5,5631$	0,8115
	2	$\text{pH} = -0,0529(\text{tiempo}) + 5,5969$	0,8203
	3	$\text{pH} = -0,0568(\text{tiempo}) + 5,5563$	0,8824

En todos los casos, los coeficientes de determinación se consideran buenos, ya que los valores de R^2 son mayores a 0,7 (Granato *et al.*, 2014). Utilizando las ecuaciones mostradas en el Cuadro XII, se determinó que el tiempo promedio requerido para alcanzar un pH menor a 5,1 era de $(8,8 \pm 0,8)$ horas. El tiempo de fermentación obtenido es mayor al deseado por la empresa, sin

embargo este tipo de procesos requiere cierta cantidad de tiempo para suceder de forma adecuada y no pueden acelerarse en exceso porque generan defectos en la calidad del producto. Si la empresa no desea utilizar el horno por este período de tiempo se recomienda que realicen la compra de un fermentador que pueden destinar para la elaboración de estos productos.

Los resultados de pérdida de peso del tratamiento M1 son mostrados en la Figura 16.

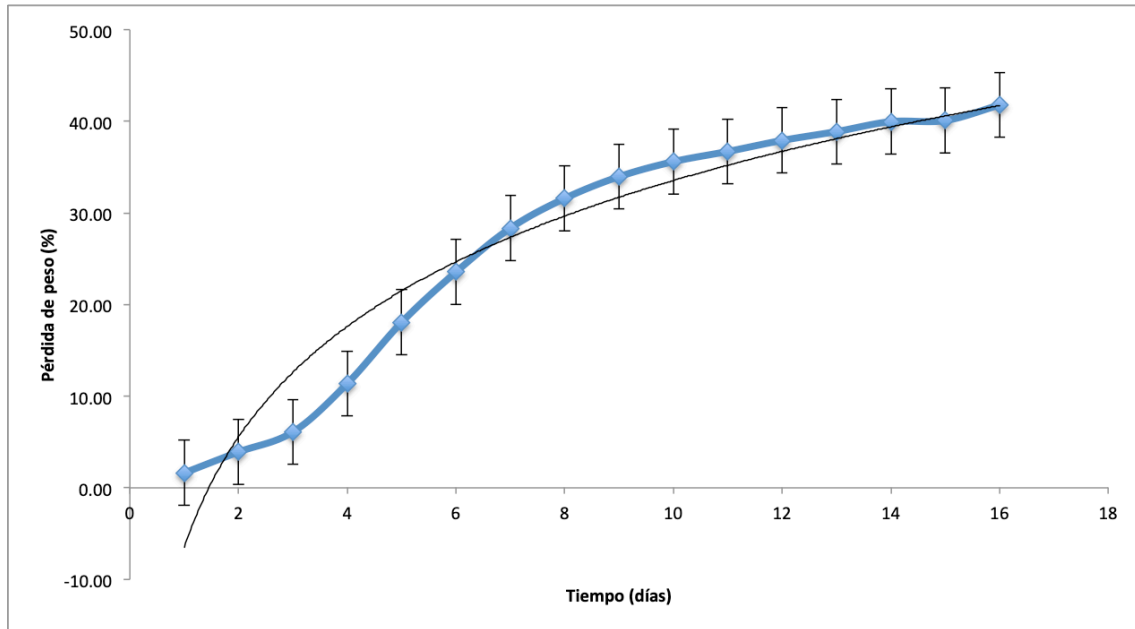


Figura 16. Comportamiento de pérdida de peso del tratamiento M1 para la determinación de las condiciones más eficientes de maduración y secado de salami con línea de tendencia.

Nota: los resultados son presentados con intervalo de confianza.

La pérdida de peso presentó las tres fases esperadas, rápida pérdida de peso en los primeros tres días, pérdida de peso constante hasta el día 8 y posteriormente disminución de la velocidad de secado hasta alcanzar una pérdida de peso del 40 %. En el tratamiento M1 no se presentaron problemas de exudado de grasa, por lo que se consideró que la disminución de la temperatura de fermentación y la eliminación de la oleoresina fueron medidas efectivas para mejorar la calidad del producto obtenido, esto es también observable en los productos finales obtenidos (Figura 17).

Para el tratamiento M1 se aplicó un modelo de ajuste logarítmico y las ecuaciones y valores de R^2 obtenidos para las repeticiones de cada tratamiento son mostrados en el Cuadro XIII.

Cuadro XIII. Ecuaciones y coeficiente de determinación (R^2) del tratamiento M1 para la determinación del tiempo de maduración y secado de salami.

Tratamiento	Repetición	Ecuación	R^2
M1	1	PP=16,299ln(tiempo)-6,4024	0,9144
	2	PP = 18,308ln(tiempo) -8,0307	0,9164
	3	PP = 18,19ln(tiempo)-5,7969	0,9467

Nota: PP (pérdida de peso)

Los coeficientes de determinación, al estar entre 0,9144 y 0,9467, indican un buen ajuste de los datos y se determinó que el tiempo requerido en M1 para alcanzar una pérdida de peso de 40 % fue de $(14,5 \pm 2,8)$ días y en M2 para alcanzar una pérdida de peso de 25% fue de $(6,1 \pm 0,8)$ días. El resultado obtenido se considera satisfactorio debido a que es similar al que la empresa obtuvo en pruebas preliminares para un producto de diámetro menor, por ende se considera que la aplicación de humedad relativa escalonada genera resultados eficientes para la maduración y secado del salami.

Se realizó una comparación fotográfica de los salami obtenidos mediante los tratamiento MS1, M1 y M2, la cual se presenta en la Figura 17.

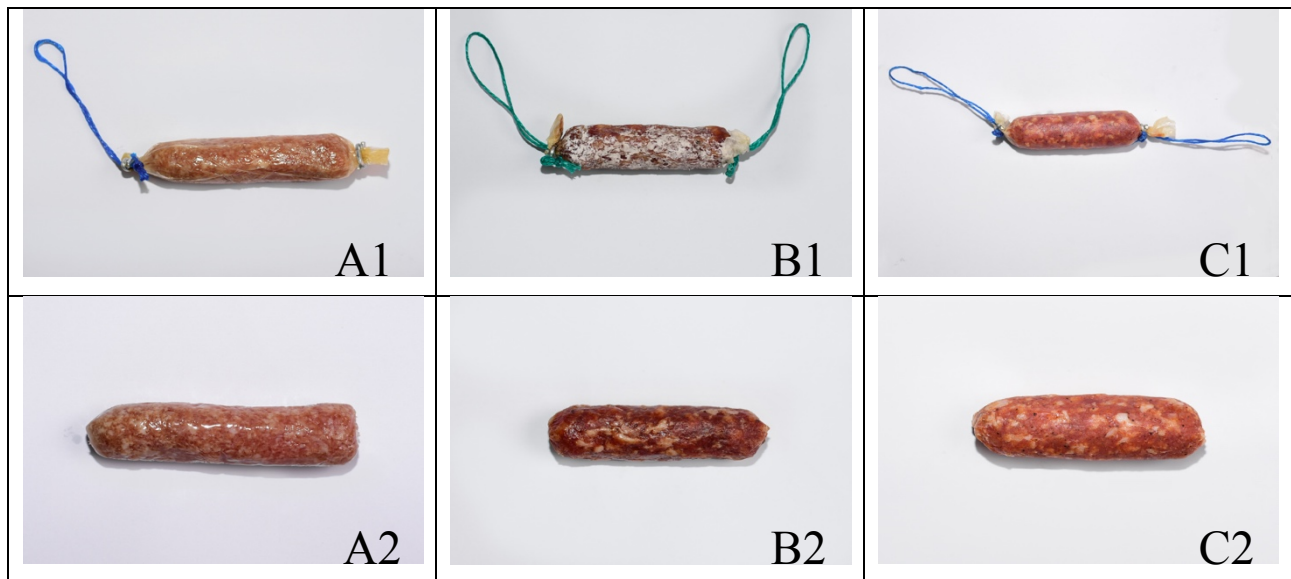


Figura 17. Comparación fotográfica de salami elaborados aplicando tres tratamientos distintos (MS1, M1 & M2). A1: MS1 con funda, A2: MS1 sin funda. B1: M1 con funda, B2: M1 sin funda. C1: M2 con funda, C2: M2 sin funda.

En la Figura 17 se observa claramente que las fundas de los salami M1 y M2 no presentan brillo, el cual se atribuye a la presencia de una capa de grasa. Además, no se observó desprendimiento de la funda ni acumulación de grasa debajo de ésta.

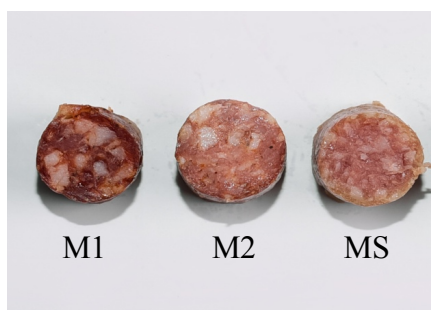


Figura 18. Comparación fotográfica del corte transversal de salami elaborados mediante tres tratamientos distintos M1, M2 y MS1.

En la Figura 18, se observa que además de la eliminación de la capa de grasa el salami M1 presenta una coloración roja intensa, característica de este tipo de productos, en cambio el salami MS1 presentó una coloración rosada y diferencias de tonalidad dentro del mismo salami. Las fotografías mostradas evidencian una mejora clara en el producto obtenido y una eliminación exitosa del exudado de grasa.

Al determinar que las mejoras aplicadas generaron productos de calidad aceptable se procedió a caracterizarlos y compararlos mediante un análisis de varianza. Los resultados obtenidos son mostrados en el Cuadro XIV.

Cuadro XIV. Parámetros físico químicos medidos a salami obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2.

Parámetro		M1	M2
pH		5,06±0,06 ^a	5,27±0,02 ^b
a _w inicial		0,97±0,00 ^a	0,97±0,00 ^a
a _w final		0,86±0,01 ^a	0,92±0,00 ^b
Contenido de humedad (%)		27,53±1,51 ^a	39,34±2,60 ^b
Pérdida de peso (%)		41,75± 0,22 ^a	32,28±2,60 ^b
Contenido de sal (%)		4,23±0,21 ^a	3,55±0,14 ^b
Color	L*	36,15±1,80 ^a	53,03±2,15 ^b
	a*	20,62±0,38 ^a	16,02±0,20 ^b
	b*	20,06±0,20 ^a	19,71±0,79 ^a
	C*ab	28,78±0,25 ^a	25,42±0,62 ^b
	h _{ab}	44,20±0,70 ^a	50,90±1,18 ^b

Cuadro XV (Continuación). Parámetros físico químicos medidos a salami obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2.

Parámetro		M1	M2
Textura	Dureza (N)	252,85±46,17 ^a	252,11±14,07 ^a
	Adhesividad(J)	-0,44±0,20 ^a	-0,08±0,03 ^b
	Elasticidad (mm)	3,30 0,01 ^a	4,31±0,03 ^b
	Cohesividad	0,54±0,01 ^a	0,63±0,03 ^b
	Masticabilidad (J)	0,45±0,08 ^a	0,69±0,07 ^b

Nota: letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas entre los valores. Las letras en la misma columna no poseen relación.

Todos los parámetros evaluados son significativamente distintos ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos, excepto la dureza y el parámetro de color b^* , lo cual es un resultado de esperar debido a los cambios que sufre la carne al ser sometida a un proceso de cocción. El resultado de cada ANOVA realizado se muestra en el Anexo 9. El valor de pH del salami M2, obtenido mediante un proceso de fermentación y cocción posterior, fue significativamente mayor ($p = 0,0035$) que el del salami crudo fermentado. El incremento en el pH de un producto cárnico es un resultado esperado del proceso de cocción debido a la pérdida de grupos ácidos libres y al incremento de la capacidad amortiguadora de la carne, lo cual se atribuye principalmente a la desnaturalización de proteínas sarcoplásmicas (Lawrie, 2006). Por su parte, el pH final del salami M1 estaba dentro del rango adecuado para este tipo de productos al ser menor a 5,3 (Sebranek, 2004).

Como era esperado, el salami crudo fermentado (M1) presentó valores de a_w y contenido de humedad significativamente menores que el salame cocido (M2), lo cual se debe a que fue expuesto a un período más prolongado de maduración y secado, de tal forma que provocó una remoción mayor de agua que el proceso de cocción aplicado. Al darse una mayor remoción de agua, el contenido de sal en el salami crudo fermentado es también mayor que en el otro producto. Basado en los valores de a_w y contenido de humedad el salami M2 se consideró un producto semiseco, mientras que el M1 se consideró un producto seco.

Con respecto al color de los productos, en el parámetro L^* se presentó un valor significativamente mayor ($p = 0,0005$) para el salami M2 que para el M1, al cocinarse la carne tiende a aclararse debido al incremento en la reflexión de la luz que sucede por la dispersión causada por las proteínas desnaturalizadas (Young & West, 2001). Por ende, era esperado que el salami M1 presentará valores de L^* mayores.

Los valores de a^* son significativamente distintos ($p < 0,0001$), como consecuencia de las reacciones de formación de color entre el óxido nítrico y la mioglobina, los cuales generan una coloración características en los embutidos crudos fermentados. Al pasar por un tiempo de maduración más prolongado las reacciones antes mencionadas se intensifican y generan una coloración mucho más roja. Añadido a lo antes mencionada, la desnaturalización de la mioglobina comienza a temperaturas entre los 55 °C y 65 °C, por lo que su degradación disminuye la coloración roja del embutido (King & White, 2006).

El salami obtenido mediante M2 presentó un valor de croma significativamente menor ($p = 0,0006$), evidenciando un color menos saturado, en este caso menos rojo. En el caso del tono, el ángulo 0 representa el color rojo y el ángulo 90, la coloración amarilla. Basado en lo anterior, la obtención de un valor de tono significativamente mayor para el salami M2 ($p = 0,0007$), respalda los datos de los otros parámetros y evidencia una tonalidad menos roja en el embutido sometido al proceso de cocción (Young & West, 2001).

No se presentaron diferencias significativas en el valor de b^* ($p = 0,4510$), por ende los diferentes productos poseen tonalidades amarillas similares, las cuales no son de mayor interés en los productos elaborados.

Al analizar los parámetros de textura del producto se determinó que no había diferencia significativa ($p = 0,9925$) en la dureza de los dos tipos de salami analizados. En el caso del tratamiento M1 la dureza se atribuye a la deshidratación del embutido, mientras que en el M2 a la coagulación de la proteína provocada por la exposición a temperaturas de 80 °C para alcanzar una temperatura interna de 72 °C (Martens, Stabursvik, & Martens, 1982).

Con respecto a la adhesividad, el salami obtenido mediante el tratamiento M2 era significativamente menos adhesivo ($p < 0,0271$) que el M1, lo cual se atribuye a una mayor presencia de grasa superficial en el embutido crudo fermentado. No obstante, en ambos casos los valores de adhesividad son muy bajos y prácticamente despreciables.

La elasticidad ($p < 0,0001$) y cohesividad ($p = 0,0063$), fueron significativamente mayores para el salame M2 de modo que el proceso de cocción generó la coagulación de la proteína (Martens *et al.*, 1982), provocando que la muestra recobrara una mayor altura posterior a la aplicación de la fuerza y se requirió una mayor fuerza para desintegrar los enlaces internos de la muestra (ISO 5492:2008, 2012). La masticabilidad al tomar en cuenta tanto la dureza, como la

cohesividad y elasticidad fue significativamente mayor ($p=0,0123$) para los salames obtenidos mediante el tratamiento M2.

Los resultados obtenidos del “bench testing” realizado con empleados de la empresa para los productos obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2 son mostrados en la Figura 19.

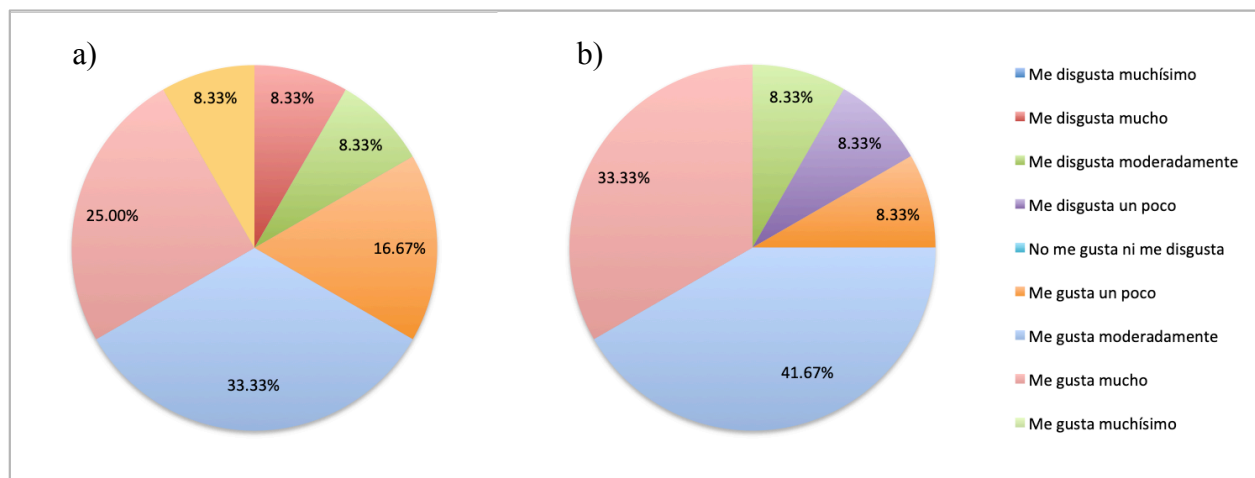


Figura 19. Resultados de prueba de agrado realizado a los productos obtenidos mediante los tratamientos a) M1 y b) M2.

La evaluación sensorial indicó para los dos tratamientos que a un 83% de los panelistas les gusto al menos un poco el producto (en diferentes grados), como se observa en las Figura 19. Para el producto M1, a 58 % les gustó mucho y muchísimo, para M2 a 33 % les gustó mucho. Al 17% restante no les gustó el producto. El resultado obtenido se considera satisfactorio, no obstante es de suma importancia realizar un panel sensorial con consumidores para poder confirmar los resultados obtenidos durante el “bench testing”. Al analizar en detalle las distintas categorías de la escala hedónica se evidencia que el tratamiento M2 o embutido cocido fue colocado por una mayor cantidad de personas en las categorías de “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” sin embargo la diferencia es de solamente una persona entre un producto y otro. Por su parte, el tratamiento M1 fue el único que fue colocado en la categoría “ me gusta muchísimo” por ello no es posible realizar una diferenciación clara entre los dos productos.

Posteriormente, se analizaron los datos obtenidos y se determinó la preferencia de cada persona por las muestras evaluadas. Los resultados obtenidos son mostrados en la Figura 20 .

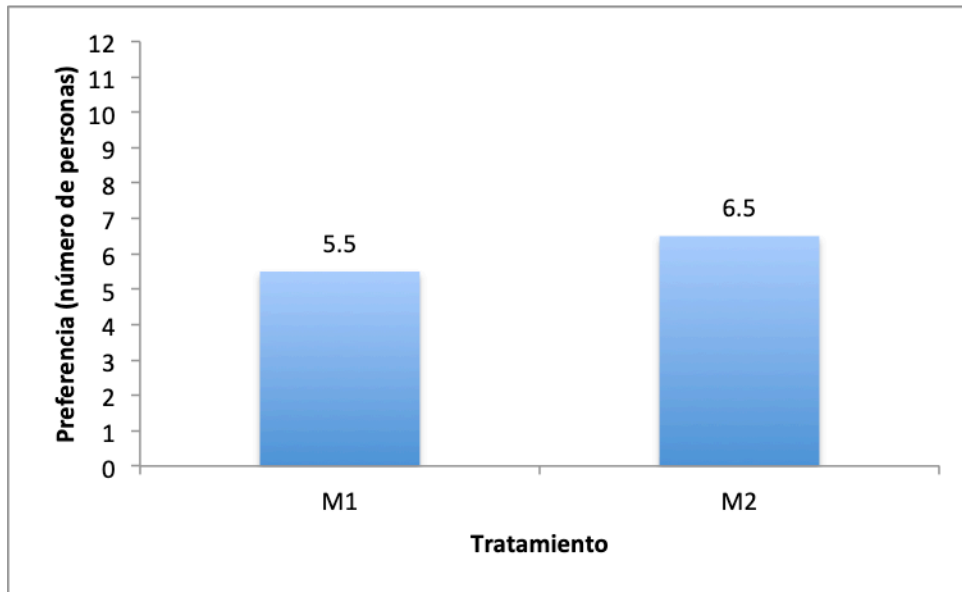


Figura 20. Resultados de preferencia de los productos obtenidos mediante los tratamientos M1 y M2.

Con los datos obtenidos se calculó un índice R preliminar ($R_{M1} = 46\%$), el cual al ser menor que el valor crítico de las tablas de referencia (70,93%) (Bi & O'Mahony, 2007) indica que no hubo preferencia por ninguno de los productos evaluados, por ende según las pruebas iniciales la empresa podría seleccionar cualquier de los dos productos para lanzar al mercado, ya que ambos fueron gustados. Los resultados obtenidos no son estadísticamente significativos, ya que no representan la población de consumidores de este tipo de productos pero pueden utilizarse para tomar una decisión preliminar sobre los productos obtenidos. De la misma forma, la empresa podría presentar las opciones al cliente y que sea el cliente quien determine sus requerimientos, considerando el tiempo de fabricación, costos asociados y características del producto final.

Los resultados de esta práctica dirigida fueron presentados mediante una reunión a la dirección de la empresa, quienes eligieron el producto M1 como producto final. Debido a ello se utilizaron las condiciones de proceso para este producto y los parámetros obtenidos durante su caracterización para elaborar el procedimiento de operación, los registros y la ficha técnica.

4.6 Elaboración de procedimiento de fabricación de salami crudo fermentado, ficha técnica de producto y registro de operación.

4.6.1. Formato de los documentos

Todos los documentos elaborados en la empresa ZAMU de Alajuela S.A deben seguir los lineamientos establecidos en el “Procedimiento para la Elaboración y Control de la Documentación” código 7P04- ZM. En el mismo se establecen las partes del documento y la descripción de cada una de ellas. Las partes que debe contener se detallan a continuación.

- Objetivo
- Alcance
- Definiciones
- Responsables
- Descripción del procedimiento
- Monitoreo
- Verificación
- Acciones correctivas
- Registros relacionados
- Referencias
- Control de cambios
- Anexos

A su vez todos los documentos elaborados deben contener un encabezado, el cual incluye: el nombre de la empresa, nombre del documento, número de establecimiento, código del documento, número de página, responsable de elaboración, responsable de revisión, responsable de aprobación, fecha de emisión, fecha de última revisión y número de versión. Las partes anteriores poseen una ubicación específica en el encabezado, la misma se ejemplifica en el procedimiento 7P04- ZM. Finalmente, con respecto al tipo de letra del documento se establece que todo el documento debe estar escrito con letra Helvética número 12. Los documentos elaborados se realizaron siguiendo lo establecido en el procedimiento antes mencionado.

4.6.2. Procedimiento de fabricación de salami crudo fermentado

La empresa ZAMU de Alajuela S.A no contaba con un procedimiento para la elaboración de salami crudo fermentado, ya que tanto el proceso como la formulación son totalmente nuevos para la empresa y previo a esta práctica dirigida solamente habían realizado pruebas preliminares. El procedimiento de fabricación de salami crudo fermentado se elaboró con las etapas y condiciones de proceso establecidas durante esta práctica dirigida para el producto elegido por la empresa, en este caso, salami M1. El producto fue elegido por la dirección de la empresa, tomando en cuenta los resultados obtenidos en esta práctica dirigida. El documento se elaboró según el formato descrito en la sección 4.6.1.

El procedimiento de elaboración de salami crudo fermentado tiene como objetivo definir los pasos para la realización del proceso de elaboración de salami crudo fermentado en la empresa Inversiones ZAMU de Alajuela S.A. y su alcance incluye a todas las etapas, labores, documentos y colaboradores relacionados al proceso.

La descripción del procedimiento se realizó en forma de cuadro, con el fin de facilitar su lectura y entendimiento. En dicho cuadro se colocó para cada etapa; una descripción, el equipo utilizado, las condiciones de proceso y los parámetros de control. Adicional, se agregó también un diagrama de flujo con la información resumida.

En la producción de salami crudo fermentado se requiere el monitoreo del pH del producto, peso del producto, humedad relativa, tiempo y temperatura en las etapas de fermentación, maduración y secado de todos los lotes elaborados, con el fin de asegurar la inocuidad de todos los productos elaborados. Al ser productos cárnicos que no son sometidos a un proceso de cocción, se debe documentar el cumplimiento de los parámetros que aseguran que las barreras aplicadas para asegurar la inocuidad y calidad del producto (Ministry for Primary Industries, 2017). El establecimiento de los tiempos de medición para el pH durante la fermentación y la pérdida de peso durante la maduración se basan en los resultados obtenidos en esta investigación. No obstante, se reconoce que el escalamiento puede provocar variaciones importantes en los tiempos establecidos por lo que el tiempo de estas mediciones podría requerir ajustes luego de las pruebas realizadas para el escalamiento.

Con respecto a la verificación del registro relacionado a este procedimiento, se asignó como responsable de su revisión a la líder de inocuidad con una frecuencia mensual. Lo anterior según lo solicitado por la empresa.

Para las acciones correctivas, se hizo referencia al procedimiento 7P14-ZM Producto No Conforme y Quejas, el cual indica claramente las acciones a seguir en caso de que en producto que se esté elaborando no cumpla los parámetros en el tiempo establecido.

En este caso, no se realizó el escalamiento del producto pero es de suma importancia capacitar a los colaboradores y comprobar que las instrucciones son claras y fáciles de reproducir.

4.6.3. Ficha técnica de producto

La ficha técnica de producto se elaboró siguiendo el formato previamente establecido por la empresa para este tipo de documento, sin embargo se realizaron algunas modificaciones. Dichas modificaciones son listadas a continuación:

- Adición de descripción de producto a ficha técnica
- Cambio de propiedades organolépticas por propiedades sensoriales
- Adición de valor de pH a propiedades físico químicas
- Adición de condiciones de transporte a ficha técnica

Estas modificaciones se realizaron con el propósito de mejorar la terminología utilizada en el documento y además, adicionar alguna información importante que no estaba presente en el formato que la empresa estaba utilizando. El documento se muestra en el Anexo 10.

4.6.4. Registro de operación

El registro de operación del proceso de elaboración de salami crudo fermentado se elaboró tomando en cuenta todos los parámetros fundamentales en el control de proceso de estos productos, los cuales son pH del producto, pérdida de peso, humedad relativa y temperaturas en las etapas de fermentación y maduración (Medić, 2007). El control de estos parámetros debe ser estricto para asegurar la calidad e inocuidad de los productos elaborados, así como la eficiencia del proceso realizado (Ministry for Primary Industries, 2017). El registro cuenta con las partes obligatorias establecidas por la empresa, las cuales son encabezado, instrucciones y cuadro de verificación. El documento se encuentra en el Anexo 10.

4.6.5. Registro de análisis de calidad

Se incorporó una etapa de control de calidad para permitir la salida a la venta del producto terminado. Al culminar cada lote se debe medir el pH y evaluar el color, olor y sabor del

producto obtenido. Si el producto cumple con los estándares de calidad establecidos puede ser liberado.

Se confeccionó un registro con un formato de fácil llenado para estos análisis, el cual a su vez cuenta con las partes obligatorias establecidas por la empresa, las cuales son encabezado, instrucciones y cuadro de verificación. Dicho registro se encuentra en el anexo 10.

4.6.6. Revisión de los documentos elaborados

Los cuatro documentos elaborados fueron revisados por el comité asesor de esta práctica dirigida, posteriormente fueron revisados y aprobados por la líder de inocuidad de la empresa.

5. Conclusiones

- Se determinó que la empresa cuenta con materias primas cárnicas y no cárnicas aptas para la realización de embutidos crudos fermentados, excepto por los condimentos y las fundas que no específicas para estos productos.
- El horno y la cámara de refrigeración de la empresa no son los equipos óptimos para realizar las etapas de fermentación, maduración y secado de salami.
- Duplicar el contenido de GDL genera tiempos de fermentación significativamente menores en el procesamiento del salami crudo fermentado.
- Se determinó que la adición de oleorresina y la fermentación a 37 °C y 95 % humedad relativa provocan exudado de grasa en el salami crudo fermentado, por lo que no son recomendables en la fabricación de embutidos crudos fermentados.
- La fermentación a 32 °C y maduración a humedades relativas escalonadas genera un salami crudo fermentado con características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas.
- La cocción posterior a la maduración genera cambios en el pH, aw, contenido de agua, color y textura de los salami al compararlos con los salami crudos fermentados, sin embargo es una opción que podría ser gustada por los consumidores y con las ventajas de disminución de tiempos de proceso y posibles reducciones de costo de producción.
- Al realizar una prueba de bench testing no hubo preferencia entre los salami elaborados con fermentación y maduración completa y los elaborados con maduración y cocción posterior, por lo que ambas propuestas podrían ser atractivas para ser comercializadas por la empresa.
- Se utilizaron los parámetros de proceso y la caracterización fisicoquímica del salami crudo modificado para realizar el procedimiento de elaboración, registros y ficha técnica.

6. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una prueba de escalamiento en la planta de la empresa y comparar las características obtenidas con las del salami crudo fermentado realizado a escala piloto.
- Se recomienda capacitar a los colaboradores sobre la importancia de cumplir los parámetros de pH y a_w en el producto para asegurar su inocuidad del producto final que se desea comercializar.
- Se recomienda a la empresa adquirir un fermentador para poder realizar la fermentación sin utilizar el horno y no afectar la elaboración de otros productos.
- Se recomienda realizar análisis microbiológicos de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens* para confirmar la inocuidad del salami crudo fermentado elaborado.
- Se recomienda utilizar funda de celulosa especial para salami crudo fermentado para la producción del embutido que será puesto a la venta debido a que dará un mejor aspecto al producto terminado.
- Se recomienda realizar un panel sensorial con consumidores para determinar la aceptación y agrado del producto obtenido.
- Se recomienda realizar un estudio de vida útil al salami crudo fermentado obtenido para establecer la fecha de vencimiento de los productos elaborados.

7. Referencias

- Adamberg, K., Kask, S., Laht, T., & Paalme, T. (2003). The effect of temperature and pH on the growth of lactic acid bacteria: A pH-auxostat study. *International Journal of Food Microbiology*, 1605(August 2016), 171–183. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00537-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00537-8)
- Almeida, M. A. De, Doris, N., Villanueva, M., Sebastião, J., Saldaña, E., & Contreras-, C. J. (2016). Sensory and physicochemical characteristics of low sodium salami. *Scientia Agricola*, 73(4), 347–355.
- Alves, B. (2015). *Salt reduction in dry fermented sausages: effects on biochemical, chemical, physical and sensory properties*. Universidade Estadual de Campinas.
- Aquilanti, L., Garofalo, C., Osimani, A., & Clementi, F. (2012). Italian Salami. En Y. Hui (Ed.), *Handbook of Animal-Based Fermented Food and Beverage Technology* (2nd ed., pp. 566–590). Boca Raton: CRC Press.
- Aramouni, F., & Deschenes, K. (2015). Food Additives. En *Methods for Developing New Food Products: An Instructional Guide* (pp. 87–124). Pennsylvania: DEStech Publications.
- Araya, A. (2017). *Cheese powder as an ingredient in reduced salt dry fermented sausages*. University of Copenhagen.
- Arnau, J. (2013). Problemas de los embutidos crudos curados. *Eurocarne*, 1–22.
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. En E. Quintanar (Ed.), *Química de los Alimentos* (4th ed., pp. 15–18). Ciudad de México: Pearson Educación.
- Baer, A. (2012). *Effect of Fat Quality on Sausage Processing, Texture and Sensory Characteristics*. University of Illinois Urbana-Champaign.
- Baños, L., & Díaz, M. (2015). *Control del proceso de elaboración del salame para mejora del producto*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Barbut, S. (2015). Texture. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 207–215). John Wiley & Sons, Ltd.
- Bazan, L. (2008). Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187.
- Bi, J., & O'Mahony, M. (2007). Updated and Extended Table for Testing the Significance of the R Index. *Journal of Sensory Studies*, 22, 713–720.

- Bloukas, J. G., Paneras, E. D., & Fournitzis, G. C. (1997). Effect of Replacing Pork Backfat with Olive Oil on Processing and Quality Characteristics of Fermented Sausages. *Meat*, 45(2), 133–144.
- Bozkurt, H., & Erkmen, O. (2002). Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). *Meat Science*, 61, 149–156.
- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sanchez, A., Torrescano, G., Arenas, M., ... Ríos, F. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Queretaro: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.
- Campos, C. A., Rivas, F. P., Elisa, M., & Castro, M. P. (2018). Natural and artificial casings as bacteriocin carriers for the biopreservation of meats products. *Journal of Food Safety*, (June 2017), 1–6. <https://doi.org/10.1111/jfs.12419>
- Castaño, A., García Fontan, M., Fresno, J., Tornadijo, M., & Carballo, J. (2002). Survival of Enterobacteriaceae during processing of Chorizo de cebolla, a spanish fermented sausage. *Food Control*, (13), 107–115.
- Cevoli, C., Fabbri, A., Tabanelli, G., Montanari, C., Gardini, F., Lanciotti, R., & Guarnieri, A. (2014). Finite element model of salami ripening process and successive storage in package. *Journal of Food Engineering*, 132, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.02.003>
- Champomier-Verges, M., & Zagorec, M. (2015). Spoilage microorganisms: Risk and control. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 385–388). John Wiley & Sons, Ltd.
- Chawla, S. P., Chander, R., & Sharma, A. (2006). Safe and shelf-stable natural casing using hurdle technology. *Food Control*, 17, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.011>
- Chi, S. P., & Wu, Y. C. (2015). Spices and Seasonings. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 79–88). Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- CHR. Hansen. (2009). *Bactoferm Meat Manual* (Vol. 1). Denmark.
- CHR. Hansen. (2016). *Bactoferm® LHP DRY* (Vol. 1).
- Cobos, J., Simental, S., Alfaro, R., Aguirre, G., & González, R. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo , cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. *Ciencia y Tecnología de La Carne*, 8(1), 50–64.
- Demeyer, D. (2004). Meat Fermentation: Principles and Applications, (3).

- Demeyer, D., & Stahnke, L. (2002). Quality control of fermented meat products. En J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward (Eds.), *Meat Processing: Improving quality* (pp. 359–393). Boca Raton: CRC Press LLC.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2005). *Food Standards and Labeling Policy Book*.
- Di Gioia, D. (2015). Safety of Fermented Meat. En V. Prakash, O. Beloso, L. Keener, S. Astley, S. Braun, H. McMahon, & H. Lelieveld (Eds.), *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods* (pp. 125–148). Bologna: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800605-4.00007-4>
- Djordjevic, J., Pecanac, B., Todorovic, M., & Dokmanovic, M. (2015). Fermented sausage casings. *Procedia Food Science*, 5, 69–72. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.017>
- Elmadfa, I., Muskat, E., & Fritzsche, D. (2011). Conservantes. En *Tabla de Aditivos. Los Número E*. Barcelona: Hispano Europea.
- Estellés, J. (2015). *Aditivo longaniza fresca 52-A*. Valencia.
- Feiner, G. (2016a). Additives. En *Salami: Practical Science and Processing Technology* (pp. 59–88). San Diego: Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809598-0.00004-4>
- Feiner, G. (2016b). Color in Cured Meat Products and Fresh Meat. En *Salami: Practical Science and Processing Technology* (pp. 89–101). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809598-0.00005-6>
- Feiner, G. (2016c). Fermented Salami : Non – Heat Treated. En *Salami: Practical Science and Processing Technology* (pp. 111–176). San Diego: Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809598-0.00007-X>
- Feiner, G. (2016d). Typical Fermented Non-Heat Treated Salami Products Made Around the World. En *Salami: Practical Science and Processing Technology* (pp. 177–184). San Diego: Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809598-0.00008-1>
- Feng, C., Drummond, L., Zhang, Z., & Sun, D. (2014). LWT - Food Science and Technology Evaluation of innovative immersion vacuum cooling with different pressure reduction rates and agitation for cooked sausages stuffed in natural or artificial casing. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.035>
- Fernández, R. (2013). *El mercado agroalimentario en Costa Rica*. San José.
- Freira, C., Marchi, J., Marafao, D., & Alfaro, A. (2018). The impact of the partial replacement of

- sodium chloride in the development of starter cultures during Italian salami production. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, 1–8.
- Figura, L., & Teixeira, A. (2007). Water Activity. En *Food Physics* (pp. 1–39). Berlin: Springer.
- Flores, M., & Olivares, A. (2015). Flavor. En Y. Hui & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 217–225). John Wiley & Sons.
- Fongaro, L., Alamprese, C., & Casiraghi, E. (2013). Monitoring the colour changes during aging of salami by MIA. En *II International Workshop on Multivariate Image Analysis* (pp. 1–4). Valencia.
- Fongaro, L., Alamprese, C., & Casiraghi, E. (2015). Ripening of salami: Assessment of colour and aspect evolution using image analysis and multivariate image analysis. *Meat Science*, 101, 73–77.
- Fontana, A., & Campbell, C. (2004). Water Activity. En L. Nollet (Ed.), *Handbook of Food Analysis: Physical characterization and nutrient analysis* (2nd ed., pp. 39–54). Nueva York: Marcel Dekker, Inc. Retrieved from [https://books.google.co.cr/books?id=3UbW60mND1gC&pg=PA43&dq=water+activity+importances&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP08XRlo3mAhWxrVvKkHw8ABsQ6AEIRjAD#v=onepage&q=water activity importances&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=3UbW60mND1gC&pg=PA43&dq=water+activity+importances&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP08XRlo3mAhWxrVvKkHw8ABsQ6AEIRjAD#v=onepage&q=water%20activity%20importances&f=false)
- Food and Drug Administration. (n.d.). Standard Operation Procedures. Retrieved November 30, 2019, from <http://www.fao.org/3/w7295e/w7295e04.htm>
- Food and Drug Administration. (2012a). *Listeria monocytogenes*. En *Bad Bug Book* (2nd ed., pp. 99–103). Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration. (2012b). *Salmonella species*. En *Bad Bug Book* (2nd ed., pp. 9–13). Center of Food Safety and Applied Nutrition.
- Food and Drug Administration. (2012c). *Staphylococcus aureus*. En *Bad Bug Book* (pp. 87–90).
- Garabello, N., & Díaz, M. (2017). *Caracterización físico química de la calidad de tocino para la elaboración de embutidos secos*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Garriga, M., & Aymerich, T. (2014). The Microbiology of Fermentation and Ripening. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 107–115). Girona: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118522653.ch13>
- Govari, M., & Pexara, A. (2015). Nitrates and Nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic*

- Granato, D., Maria, V., Calado, D. A., & Jarvis, B. (2014). Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.024>
- Grau, R., Andres, A., & Barat, J. (2015). Principles of Drying. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (pp. 31–38). Blackwell Publishing.
- Grupo MAZU. (n.d.). Quienes somos. Retrieved from <https://www.mazucr.com/nosotros>
- Gul, K., Singh, P., & Wani, A. A. (2016). Chapter 4 – Safety of Meat and Poultry. En V. Prakash, O. Bellosso, L. Keener, S. Astley, S. Braun, H. McMahon, & H. Lelieveld (Eds.), *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods* (pp. 63–77). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800605-4.00004-9>
- Hames, W., Haller, D., & Ganzle, M. (2008). Fermented Meat. En E. Farnworth (Ed.), *Handbook of Fermented Functional Foods* (2nd ed., pp. 291–312). Boca Raton: CRC Press.
- Hernández, A., Alfaro, I., & Arrieta, R. (2003). Microbiología industrial. En *Microbiología industrial* (pp. 90–106). San José: EUNED.
- Holck, A., Axelsson, L., Mcleod, A., Rode, T. M., & Heir, E. (2017). Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. *Journal of Food Quality*, 17, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/9753894>
- Holck, A., Heir, E., Johannensen, T., & Axelsson, L. (2015). Northern European Products. En Fidel Toldrá, Y. Hui, I. Astiasaran, J. G. Sebranek, & R. Talon (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 313–320). Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Honikel, K. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
- Hunt, M., & King, A. (2012). *Meat Color Measurement Guidelines*. Illinois: American Meat Science Association.
- HunterAssociates Laboratory Inc. (2012). *Hunter L, a, b vs CIE L*, a*, b**. Reston.
- Igoe, R. (2011). Ingredient Categories. En *Dictionary of Food Ingredients* (5th ed., pp. 161–192). San Diego: Science and Business Media.
- Interprofesional Porcino de Capa Blanca. (n.d.). *La Carne de Cerdo de Capa Blanca*. España.
- ISO 5492:2008. (2012). Sensory Analysis-Vocabulary.

- Joshi, P., & Brimelow, C. (2002). Colour measurement of foods by colour reflectance. En D. MacDougall (Ed.), *Colour in Food: Improving quality* (pp. 80–114). Boca Raton: CRC Press LLC.
- Joshi, S., & Biswas, K. (2015). Antioxidants in Fermented Foods. En J. Prakash (Ed.), *Health Benefits of Fermented Foods and Beverages* (pp. 553–565). Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18279-20>
- Kamenik, J. (2016). Hurdle Technologies in Fermented Meat Production. En N. Zdolec (Ed.), *Fermented Meat Products: Health Aspects* (1st ed., pp. 95–99). Boca Raton: CRC Press.
- Karabulut, I., Turan, S., & Ergin, G. (2004). Effects of chemical interesterification on solid fat content and slip melting point of fat / oil blends. *European Food Research and Technology*, 224–229. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0847-4>
- Karl, F. (2000). Fermented Meats. En Barbara Lund, T. Baird-Parker, & G. Gould (Eds.), *Microbial Safety and Quality of Foods* (pp. 420–444). Maryland: Aspen Publishers.
- King, N., & White, R. (2006). Does It Look Cooked? A Review of Factors That Influence Cooked Meat Color. *Journal of Food Science*, 71(4), 31–40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00029.x>
- Konica Minolta. (2007). *Precise Color Communication: Color Control from Perception to Instrumentation*. Japan.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>
- Kunrath, C. A., Savoldi, D. C., Paulo, J., Mileski, F., Novello, C. R., Alfaro, T., ... Tonial, I. B. (2017). Application and evaluation of propolis , the natural antioxidant in Italian-type salami. *Brazilian Journal of Food Technology*, 4, 1–10.
- Lachowicz, K., Zochowska-Kujawska, J., & Sobczak, M. (2012). Fermented Meat Products. In B. Mehta, A. Kamal-Eldin, & R. Iwanski (Eds.), *Fermentation: Effects on Food Properties* (1st ed., pp. 309–344). Boca Raton: CRC Press.
- Lawrie, R. (2006). The Eating Quality of Meat. En Fidel Toldrá (Ed.), *Lawrie's Meat Science* (8th ed., pp. 379–341). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55, 181–186.

- Leistner, L., & Gougl, G. (2002). Applications in Industrialized Countries. En *Hurdle Technologies* (pp. 65–77). Nueva York: Springer Science and Business Media.
- Leroy, F, Verluyten, J., & De Vuyst, L. (2006). Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, (106), 270–285.
- Leroy, Frédéric, & Vuyst, L. De. (2009). Fermentation and Acidification Ingredients. En R. Tarté (Ed.), *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications* (pp. 227–252). Wisconsin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-71327-4>
- Lewick, P. (2014). Drying. En M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd ed., pp. 471–479). California: Elsevier Ltd.
- Lorenzo, J. M., Franco, D., & Carballo, J. (2017). Biogenic Amines in Fermented Meat Products. En N. Zdolec (Ed.), *Fermented Meat Products: Health Aspects* (pp. 450–455). Boca Raton: CRC Press.
- Lund, B, Baird, A., & Gould, G. (2000). Control of pH and Use of Organic Acids. En *Microbial Safety and Quality of Foods* (Vol. I, pp. 175–196). Aspen Publishers.
- Mani, A. (2018). Food Preservation by Fermentation and Fermented Food Products. *International Journal of Academic Research & Development*, (1), 51–57.
- Marcincak, S. (2016). Lipid Oxidation of Fermented Meat Products. En N. Zdolec (Ed.), *Fermented Meat Products: Health Aspects* (pp. 488–501). Boca Raton: CRC Press.
- Martens, H., Stabursvik, E., & Martens, M. (1982). Texture and color changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. *Journal of Texture Studies*, 13, 291–309.
- Martín, B. (2005). *Estudio de las comunidades microbianas de embutidos fermentados ligeramente acidificados mediante técnicas moleculares. Estandarización, seguridad y mejora tecnológica*. Universitat de Girona. <https://doi.org/10.1007/s11096-015-0169-1>
- Mathew, S., Raman, M., Kalarikkathara, M., & Pulikkottil, D. (2009). Techniques used in Fish and Fishery Products Analysis. En *Fish and Fishery Products Analysis* (pp. 263–358). Singapur: Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Mauer, L., & Bradley, J. (2017). Moisture and Total Solids Analysis. En S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (5th ed., pp. 257–287). Cham: Springer.
- Medić, H. (2007). Technology of Fermented Meat Products. En *Fermented Meat Products: Health Aspects* (pp. 27–36).

- MEIC. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.54:10 Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios . (2012).
- Metaxopoulos, J., Samelis, J., & Papadelli, M. (2001). Technological and microbiological evaluation of traditional processes as modified for the industrial manufacturing of fermented dry sausages in Greece. *Italian Journal of Food Science*, *1*, 3–18.
- Ministry for Primary Industries. (2017). *Production of Uncooked Fermented Salami*. Wellington.
- Moller, J., Jongberg, S., & Skibsted, L. (2015). Color. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (pp. 195–205). John Wiley & Sons, Ltd.
- Mor-Mur, M., & Yuste, J. (2010). Emerging bacterial pathogens in meat and poultry: An overview. *Food and Bioprocess Technology*, *3*(1), 24–35. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0189-8>
- Morot-bizot, S. C., Leroy, S., & Talon, R. (2006). Staphylococcal community of a small unit manufacturing traditional dry fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, *108*(108), 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.12.006>
- Nagle, G. (2000). Measuring moisture in the atmosphere. En *WeatherFile: GCSE* (p. 8). Cheltenham: Stanley Thornes.
- Nogueira, J., Montes, N., Favaro-Trindade, C., & Contreras-Castillo, C. J. (2014). Physicochemical , microbiological and sensory assessments of Italian salami sausages with probiotic potential. *Scientia Agricola*, *71*(3), 204–211.
- Novelli, E., Santo, L. D., Balzan, S., Cardazzo, B., Spolaor, D., Lombardi, A., ... Fasolato, L. (2017). Analysis of process factors of dry fermented salami to control *Listeria monocytogenes*. *Italian Journal of Food Science*, *6*(6184), 28–32. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2017.6184>
- Ockerman, H., & Basu, L. (2014). Production and Consumption of Fermented Meat Products. En Fidel Toldrá & Y. Hui (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 7–11). Ohio: John Wiley & Sons.
- Ockerman, H., & Basu, L. (2016). Current Status of Fermented Meat Products. In N. Zdolec (Ed.), *Fermented Meat Products: Health Aspects* (1st ed., pp. 17–19). Boca Raton.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (n.d.). Fermented Sausage Production. Retrieved September 20, 2011, from <http://www.fao.org/3/x6556e/X6556E05.htm>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2014). Meat and Meat Products. Retrieved from http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/Processing_product.html
- Pasini, F., Soglia, F., Petracci, M., Caboni, M. F., Marziali, S., Montanari, C., ... Tabanelli, G. (2018). Effect of Fermentation with Different Lactic Acid Bacteria Starter Cultures on Biogenic Amine Content and Ripening Patterns in Dry Fermented Sausages. *Nutrients*, *10*, 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu10101497>
- Pecanac, B., Baltic, M. Z., & Djordjevic, V. (2015). Comparison of bacteriological status during ripening of traditional fermented sausages filled into different diameter artificial casings. *Procedia Food Science*, *5*, 223–226. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.034>
- Pegg, R. (2000). The Color of Meat. En *Nitrite Curing of Meat* (pp. 23–66). Connecticut: Food and Nutrition Press, Inc.
- Pegg, R., & Shahidi, F. (2007). Encapsulation, Stabilization, and Controlled Release of Food Ingredients and Bioactives. En S. Rahman (Ed.), *Handbook of Food Preservation* (2nd ed., pp. 509–568). Boca Raton: CRC Press.
- Pisacane, V., Luisa, M., Puglisi, E., Dallolio, G., & Rebecchi, A. (2015). Microbial analyses of traditional Italian salami reveal microorganisms transfer from the natural casing to the meat matrix. *International Journal of Food Microbiology*, *207*, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.029>
- Poder Ejecutivo. Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes. (2001). San José: Poder Ejecutivo.
- Poder Ejecutivo. Norma Oficial de Productos Cárnicos. Clasificación y características. (2008). San José.
- Poder Ejecutivo. Reglamento técnico RTCR 411:2008 Productos Cárnicos Embutidos: Salchicha, Salchichón, Mortadela y Chorizo. Especificaciones (2009). San José: Poder Ejecutivo.
- Prieto, B., & Carballo, J. (1997). El control analítico de la calidas en los productos cárnicos crudos-curados. *Journal of Food*, *1*(5), 112–120. <https://doi.org/10.1080/11358129709487570>
- Puolanne, E., & Petaja-KanninenEsko. (2015). Principles of Meat Fermentation. En Fildel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 13–17). Iowa: John

Wiley & Sons.

- Ray, R., & Joshi, V. (2014). Fermented Foods: Past, Present and Future. En R. Ray & D. Montet (Eds.), *Microorganisms and Fermentation of Traditional Foods* (pp. 1–35). India: CRC Press. <https://doi.org/10.13140/2.1.1849.8241>
- Reid, D. (2007). Water Activity: Fundamentals and Relationships. En G. Barbosa, A. Fontana, S. Schmidt, & T. Labuza (Eds.), *Water Activity in Foods* (pp. 15–28). Iowa: Blackwell Publishing and Institute of Food Technologists.
- Sahin, S., & Gulum, S. (2006). Electromagnetic Properties. En *Physical Properties of Foods* (pp. 162–172). Nueva York: Springer Science and Business Media.
- Santchurn, S. J., Arnaud, E., & Collignan, A. (2012). Drying: Principles and Applications. En Y. Hui (Ed.), *Handbook of Meat and Meat Processing* (2nd ed., pp. 505–522). Boca Raton: CRC Press.
- Sebranek, J. G. (2004). Semidry Fermented Sausages. En Y. Hui, L. Meunier, J. Josephsen, W. K. Nip, P. Standfield, & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology* (pp. 388–389). Nueva York: Marcel Dekker, Inc.
- Sebranek, J. G. (2009). Basic Curing Ingredients. En R. Tarté (Ed.), *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications* (pp. 1–24). Wisconsin: Springer Science and Business Media.
- Sheikha, A. F. El, & Bakar, J. (2013). Fermented Meat Products. En *Fermented Meat Products*.
- Solis, G. (2019). Ficha Técnica.
- Spaziani, M., Torre, M. Del, & Stecchini, M. L. (2009). Changes of physicochemical , microbiological , and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages . Proteolysis , sensory and volatile profiles. *Meat Science*, 81, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.017>
- Talon, R., Leroy, S., & Fadda, S. (2004). Dry fermented sausages. En Y. Hui, L. Meunier, A. Solveg, J. Josephsen, W. Nip, P. Standfield, & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology* (1st ed., Vol. 49, pp. 397–416). New York: Marcel Dekker, Inc. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)90046-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90046-8)
- Tang, J., & Yang, W. (2016). Comparing the Similarity of Image in Different Color Spaces. En Y. Ouyang, M. Xu, L. Yang, & Y. Ouyang (Eds.), *Advanced Graphic Communications, Packaging Technology and Materials* (pp. 279–284). Singapur: Springer Science and

Business Media.

- Taormina, P. J., & Sofos, J. N. (2014). Low-Water Activity Meat Products. En J. Gutler, M. Doyle, & J. Kornacki (Eds.), *The Microbiological Safety of Low Water Activity Foods and Spices* (pp. 127–164). Nueva York: Springer Science and Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2062-4>
- The American Meat Institute. (1997). *Good Manufacturing Practices for Dry and Semidry Sausage Products*.
- Toldrá, F. (2008). Biotechnology of Flavor Generation in Fermented Meats. En Fidel Toldrá (Ed.), *Meat Biotechnology* (pp. 199–216). Nueva York: Springer Science and Business Media.
- Toldrá, F. (2011). Improving the sensory quality of cured. En J. . Kerry & J. . Kerry (Eds.), *Processed meats: Improving safety, nutrition and quality* (pp. 508–526). Filadelfia: Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092946.3.508>
- Toldrá, Fidel. (2002). Introduction: A Historical Perspective. En *Dry Cured Meat Products* (pp. 1–6). Connecticut: Food and Nutrition Press, Inc.
- Toldrá, Fidel. (2012). Biochemistry of Processing Meat and Poultry. En B. Simpson, L. Nollet, F. Toldrá, S. Benjakul, G. Paliyath, & Y. Hui (Eds.), *Food Biochemistry and Food Processing* (2nd ed., pp. 303–316). John Wiley & Sons, Inc.
- Toldrá, Fidel. (2017). The Storage and Preservation of Meat: III-Meat Processing. En Fidel Toldrá (Ed.), *Lawrie's Meat Science* (8th ed., pp. 265–296). Valencia: Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00009-1>
- Toldrá, Fidel, & Reig, M. (2007). Sausages. En Y. Hui (Ed.), *Handbook of Food Products Manufacturing: Health, Meat, Milk, Poultry, Seafood and Vegetables* (pp. 265–280). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Toldrá, Fidel, Sanz, Y., & Flores, M. (2001). Meat Fermentation Technology. En Y. Hui, W.-K. Nip, R. Rogers, & O. Young (Eds.), *Meat Science and Applications*. Nueva York: Marcel Dekker, Inc.
- Torrenegra, M. E., & Pajaro, N. (2017). Evaluación del color , las propiedades texturales y sensoriales de salchicha elaborada con carne de babilla (Caiman Crocodilus Fuscus) con carne de babilla (Caiman Crocodilus Fuscus). *Revista Chilena de Nutrición*, 44(1), 89–94. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100012>

- Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). Aplicaciones de la microbiología. En *Introducción a la microbiología* (9th ed., pp. 137–146). Madrid: Editorial Medica Panamericana. Retrieved from <https://books.google.co.cr/books?id=Nxb3iETuwpIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Trilogy Essential Ingredients Inc. (2015). Salami Hard Liquid Seasoning.
- Tylingo, R. (2012). Process Control in Food Fermentation. En B. Meta, A. Kamal-Eldin, & R. Iwanski (Eds.), *Fermentation: Effects on Food Properties* (pp. 345–358). Boca Raton: CRC Press.
- Ugarte, Y., Oliverio, G., & Díaz, M. (2018). *Determinación del punto de fusión de la cobertura grasa de cuatro regiones del cerdo de tropas con diferente alimentación*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aire.
- United States Environmental Protection Agency. (2007). *Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs)*. Washington.
- Ventanas, S., Estevez, M., Tejeda, J., & Ruiz, J. (2006). Protein and lipid oxidation in longissimus dorsi and dry cured loin from Iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. *Meat Science*, 72, 647–655.
- Vignolo, G., Fontana, C., & Fadda, S. (2010). Semidry and Dry Fermented Sausages. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meats* (1st ed., pp. 379–398). Iowa: Blackwell Publishing.
- Wang, P., Li, X., & Cahoon, E. (2013). Biotechnological Improvement of Soybean Oil for Lubricant Applications. En L. Rudnik (Ed.), *Synthetics, Mineral Oils and Bio-based Lubricants: Chemistry and Technology* (pp. 413–417). Boca Raton: CRC Press.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., ... Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality : a review. *Meat Science*, 66, 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- Wrolstad, R., & Smith, D. (2017). Color Analysis. En S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (5th ed., pp. 545–555). Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5>
- Wu, Y. C., Chi, S. P., & Christieans, S. (2015). Casings. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (2nd ed., pp. 89–96). Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Xiong, Y. L., & Mikel, W. B. (2001). Meat and Meat Products. En Y. Hui, W.-K. Nip, R.

- Rogers, & O. Young (Eds.), *Meat Science and Applications*. Nueva York: Marcel Dekker, Inc.
- Yang, E., Fan, L., Yan, J., Jiang, Y., Doucette, C., Fillmore, S., & Walker, B. (2018). Influence of culture media, pH and temperature on growth and bacteriocin production of bacteriocinogenic lactic acid bacteria. *AMB Express*, 8(10), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0536-0>
- Yilmaz, I., & Velioglu, M. (2009). Fermented Meat Products. En I. Yilmaz (Ed.), *Quality of Meat and Meat Products* (pp. 288–312). Kerala: Transworld Research Network. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/273203736_Fermented_meat_products
- Yim, D., Jang, K., & Chung, K. (2016). Effect of GdL Addition on Physico-chemical Properties of Fermented Sausages during Ripening. *Journal for Food Science and Animal Resources*, 35(3), 322–329. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.3.322>
- Young, O., & West, J. (2001). Meat Color. En Y. Hui, W. Nip, R. Rogers, & O. Young (Eds.), *Meat Science and Applications* (pp. 37–68). Nueva York: Marcel Dekker, Inc.
- Yurkanis, P. (2008). Estructura electrónica y enlace químico. Ácidos y bases. En L. M. Cruz (Ed.), *Química Orgánica* (5th ed., pp. 45–46). Ciudad de México: Pearson Educación.
- Zanardi, E. (2009). Determination of Lipolysis. En L. Nollet & F. Toldrá (Eds.), *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis* (pp. 175–192). Boca Raton: CRC Press.
- Zeuthen, P. (2007). A Historical Perspective on Meat Fermentation. En Fidel Toldrá (Ed.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (1st ed., pp. 3–8). Iowa: Blackwell Publishing.

8. Anexos

Anexo 1. Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Cuadro XVI. Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Clasificación	Tipo	Producto	Proveedor	Ficha técnica	Tipo de proveedor
No cárnicas	Acidulantes	GDL	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Antioxidantes	Eritorbato de sodio	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Antioxidantes	Ácido arcórbico	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Azúcares	Dextrosa	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Azúcares	Sacarosa	Almacén Ávila	Sí	A
No cárnicas	Colorantes	APRORED	Alimtec S.A	Sí	B
No cárnicas	Colorantes	Arroz rojo	INALCA de CA S.A	Sí	B
No cárnicas	Colorantes	Color Annato A-720	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Colorantes	Color Carmín Hansen	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Colorantes	Colorante carmín	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Colorantes	Mezcla color caramelo	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Colorantes	Red Rice	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Aroma Choppy	Alimtec S.A	Sí	B
No cárnicas	Condimentos	Buen sazón	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Cond Frankfurt	Almitec CA S.A	Sí	B
No cárnicas	Condimentos	Condimento chorizo	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Condimento jamón cocido	Kumcha S.A	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Condimento paté	Griffith	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Condimento salchicha	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Condimento salchichón Polon	MALUQUER CA S.A	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Consomé de pollo	Molinos de Guadalupe	Sí	A

Cuadro XV (Continuación). Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Clasificación	Tipo	Producto	Proveedor	Ficha técnica	Tipo de proveedor
No cárnicas	Condimentos	Humo líquido	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Humo líquido 24P	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Humo líquido PN9	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Oleorresina peperonni	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Oleorresina tocineta	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Oleorresina tocineta	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Olerresina salame	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Pack mortadela pollo MZ BS	MALUQUER CA S.A	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Pack mortadela U005	NAVISA de Heredia	Sí	B
No cárnicas	Condimentos	Pack salchicha reducida en sodio	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Pack salchicha U019	NAVISA de Heredia	Sí	B
No cárnicas	Condimentos	Pack salchichón PR3	NAVISA de Heredia	Sí	B
No cárnicas	Condimentos	Pack salchichón reducido en sodio	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Condimentos	Sazonador mostaza	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Cultivos	LHP	ASEAL	Sí	A
No cárnicas	Enzimas	Transglutaminasa	RESOCO S.A	Sí	A
No cárnicas	Especias	Ajo en polvo	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Cardamomo	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Especias	Cebolla en escamas	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Chile deshidratado	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Chile en escamas	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Especias	Chile picante	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Especias	Clavo de olor	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Comino en polvo	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Jengibre en polvo	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Especias	Nuez moscada	Molinos de Guadalupe	Sí	A

Cuadro XV (Continuación). Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Clasificación	Tipo	Producto	Proveedor	Ficha técnica	Tipo de proveedor
No cárnicas	Espicias	Oregano molido	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Espicias	Perejil en hoja	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Espicias	Pimentón super especial	Almitec CA S.A	Sí	A
No cárnicas	Espicias	Pimienta blanca	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Espicias	Romero	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Extensores	Almidón de papa	CHEMELCO S.A	Sí	A
No cárnicas	Extensores	Almidón de papa (25 kg)	Representaciones CATE	Sí	A
No cárnicas	Extensores	APROPORK	Almitec CA S.A	Sí	B
No cárnicas	Extensores	Concentrado de soya	HS Representaciones S.A	Sí	B
No cárnicas	Extensores	Proteína de soya	Coinversiones corporativas	Sí	No disponible
No cárnicas	Extensores	Proteína texturizada de soya caramelo	INALCA de CA S.A	Sí	B
No cárnicas	Extensores	Proteína texturizada de soya natural	INALCA de CA S.A	Sí	B
No cárnicas	Extensores	Proteína vegetal	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Extensores	Scampro	Almitec CA S.A	Sí	A
No cárnicas	Fosfatos	Fosforo para jamón	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Fosfatos	Tripolifosfato	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Fosfatos	Tripolifosfato de sodio	Alserro S.A	Sí	A
No cárnicas	Fundas	Funda jamón transparente cal 120	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Funda de pate barra dorado cal 55	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Funda jamón transparente cal 115	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Funda mortadela café gruesa	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Funda mortadela delgada cal 90	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Film fondo 7 Mil	Alimtec S.A	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Laifilm Tapa Chzer 406 mm	Alimtec S.A	Sí	B

Cuadro XV (Continuación). Clasificación de materias primas no cárnicas disponibles en Inversiones ZAMU de Alajuela S.A.

Clasificación	Tipo	Producto	Proveedor	Ficha técnica	Tipo de proveedor
No cárnicas	Fundas	Tripa chorizo NDC transp cal 28	Viscofan	Sí	A
No cárnicas	Fundas	Tripa NDX transp cal 32	Viscofan	Sí	A
No cárnicas	Fundas	Tripa salchicha desayuno cal 21	Viscofan	Sí	A
No cárnicas	Fundas	Tripa salchicha 35 mm salmón	Seemko	Sí	B
No cárnicas	Fundas	Tripa salchichón TS 55	Coinversiones corporativas	Sí	No disponible
No cárnicas	Fundas	Tripa salchicha cel light cal 21	Viscofan	Sí	A
No cárnicas	Fundas	Tripa salchicha cel light cal 22	Viscofan	Sí	A
No cárnicas	Gomas	Carragenina Genugel CHP-200	RESOCO S.A	Sí	A
No cárnicas	Gomas	Goma xantan	Alimtec S.A	Sí	B
No cárnicas	Nitritos y nitratos	Sal de cura industrial	Alserro S.A	Sí	A
No cárnicas	Otros	Aceite de girasol	Almacén Ávila	Sí	B
No cárnicas	Otros	Harina de trigo	Almacén Ávila	Sí	B
No cárnicas	Preservantes	Benzoato de sodio	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Preservantes	Diacetato de sodio	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Preservantes	E land preservante	Global Spice	Sí	A
No cárnicas	Preservantes	Lactato de sodio	INALCA de CA S.A	Sí	A
No cárnicas	Preservantes	Preservante RA0707777	Kerry	Sí	A
No cárnicas	Preservantes	Sorbato de potasio	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Sal	Sal refinada	Molinos de Guadalupe	Sí	A
No cárnicas	Sal	Sal de cura	Molinos de Guadalupe	Sí	A

Anexo 2. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami aplicando los tratamientos GDL y 2GDL.

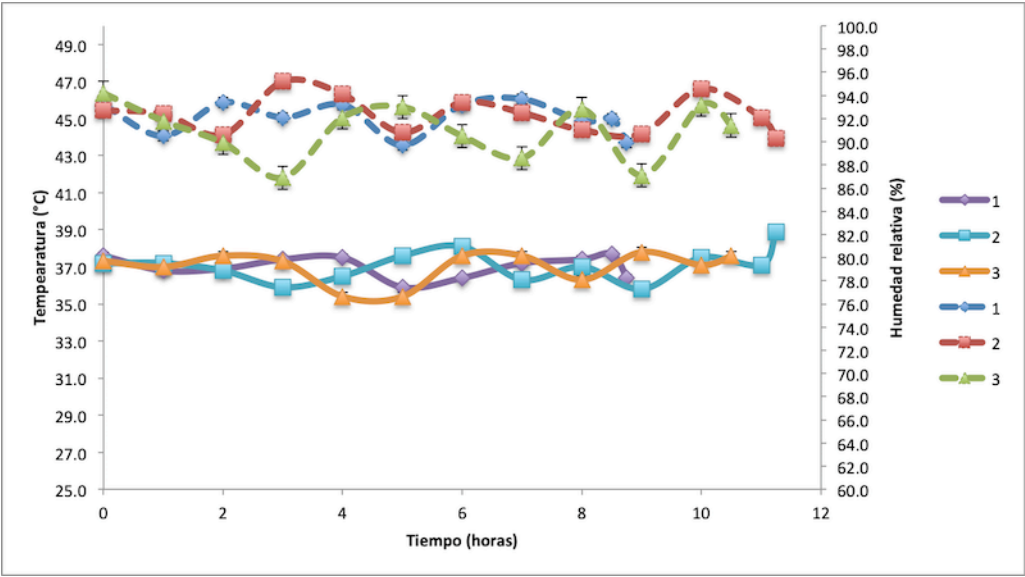


Figura 21. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de fermentación del tratamiento GDL.

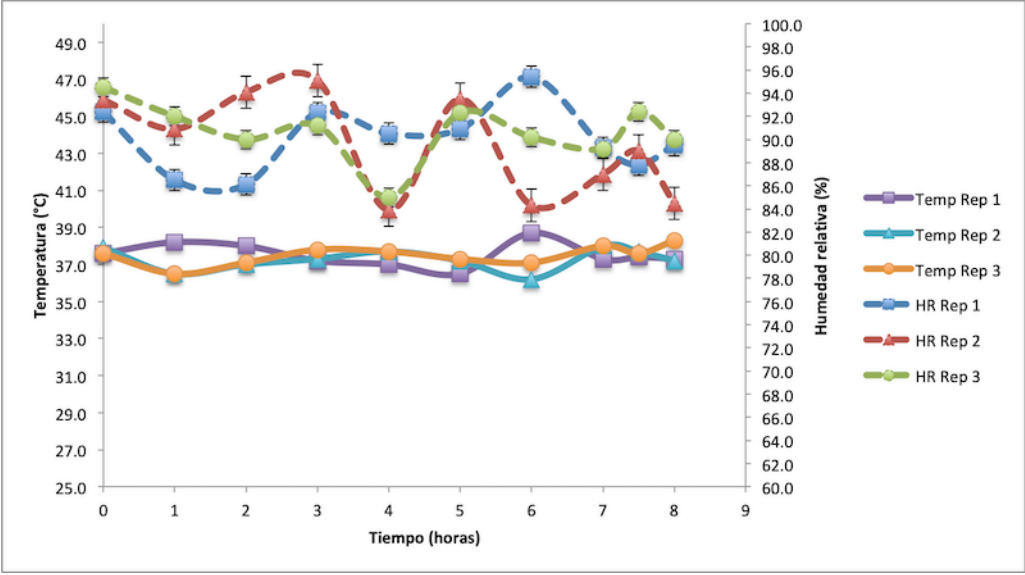


Figura 22. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de fermentación del tratamiento 2GDL.

Anexo 3. Cálculo de límite grados-hora para tratamientos GDL y 2GDL.

- Tratamiento GDL

Límite grados hora = Grados por encima de 15,6 C * Horas para alcanzar pH 5,3

Límite grados hora = 25,4 * 10,2

Límite grados hora = 259

- Tratamiento 2GDL

Límite grados hora = Grados por encima de 15,6 C * Horas para alcanzar pH 5,3

Límite grados hora = 25,4 * 6,5

Límite grados hora = 165

Anexo 4. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración y secado de salami con las condiciones del tratamiento MS1.

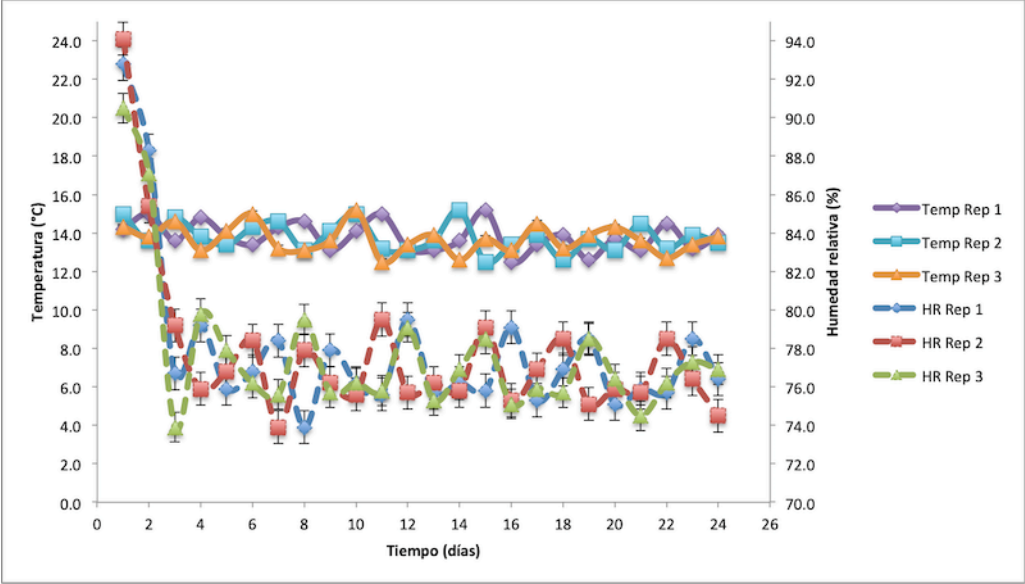


Figura 23. Temperaturas y humedades relativas de tres repeticiones de la etapa de maduración del tratamiento MS1.

Anexo 5. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami con las condiciones del tratamiento M1.

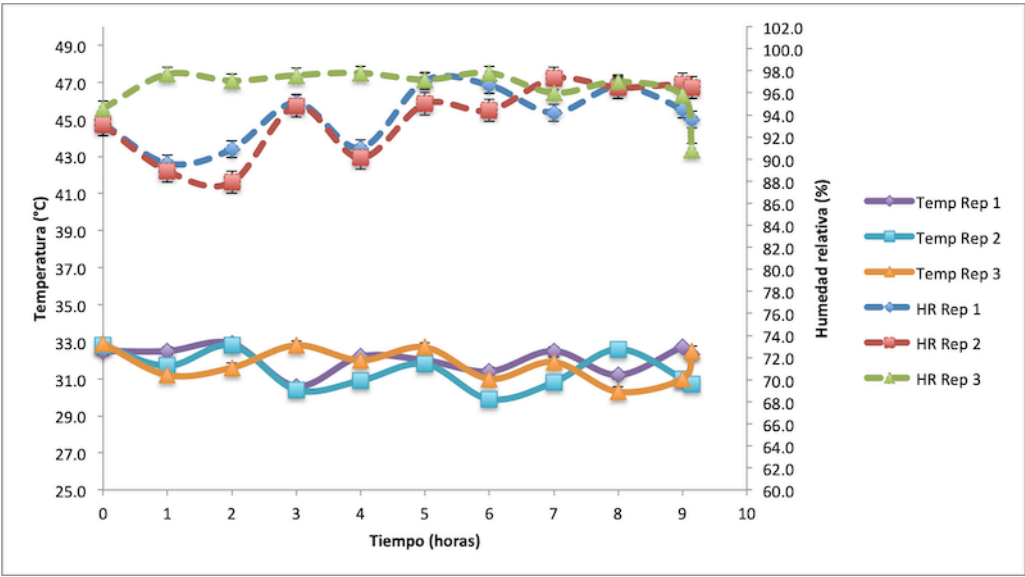


Figura 24. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la fermentación de salami con las condiciones del tratamiento M1.

Anexo 6. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración de salami con las condiciones del tratamiento M1.

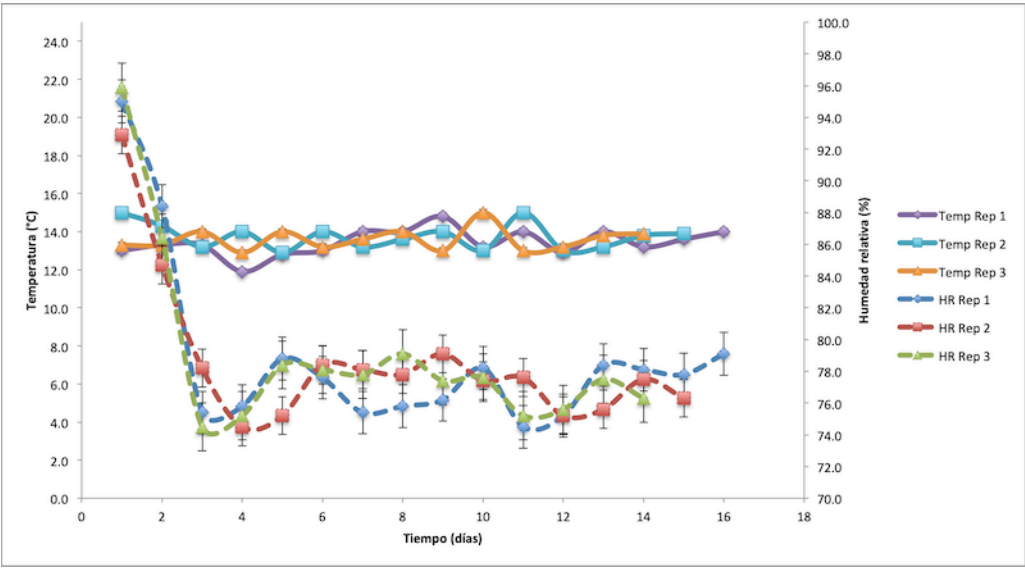


Figura 25. Temperaturas y humedades relativas registradas durante la maduración de salami con las condiciones del tratamiento M1.

Anexo 7. Tiempos y temperaturas de cocción de repeticiones del tratamiento M2.

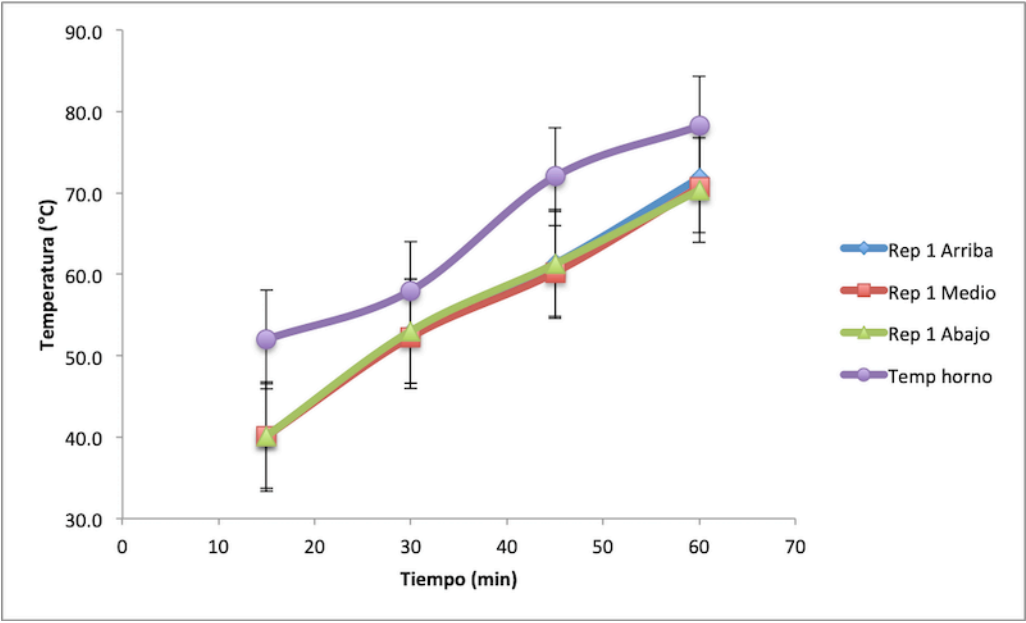


Figura 26. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 1 del tratamiento M2.

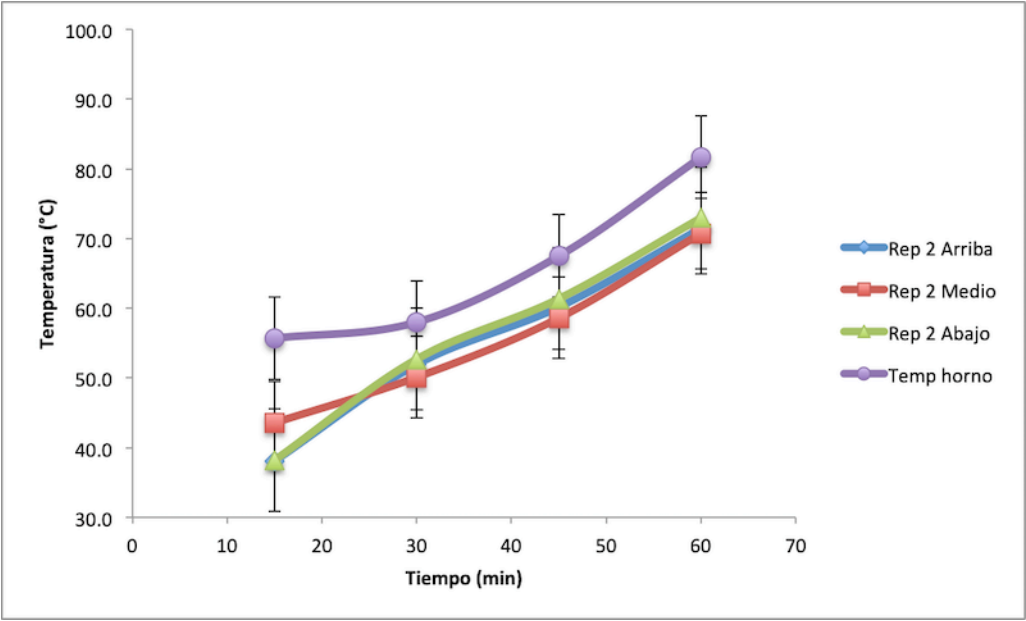


Figura 27. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 2 del tratamiento M2.

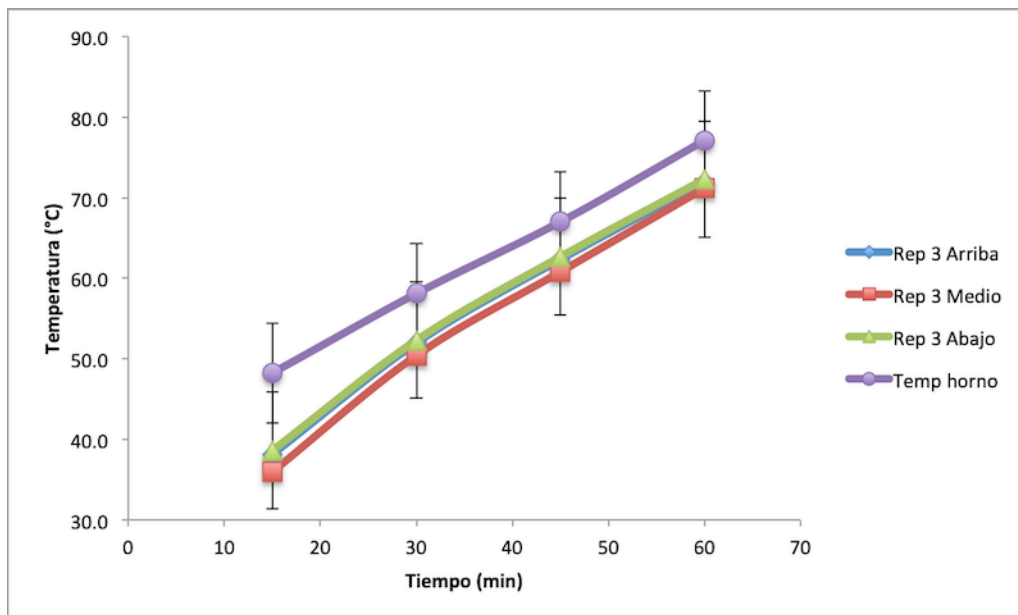


Figura 28. Tiempos y temperaturas de cocción de repetición 3 del tratamiento M2.

Anexo 8. Cálculo de índice R para prueba preliminar de preferencia

- Se coloca en el valor 1, el producto que fue asignado con mayor agrado en la tabla.
- Se suman las veces que cada producto fue elegido con mayor agrado. En caso de que la persona haya colocado los dos productos en la misma categoría se coloca en la columna “1,5”.
- Se divide el número del punto 2 entre la cantidad total de personas.
- El valor obtenido se compara con los valores críticos de la tabla de índice R (Bi & O’Mahony, 2007).

Cuadro 17. Datos para el cálculo de índice R para la determinación de preferencia de salami M1 y M2.

Persona	1	1,5	2
1	A		B
2	A		B
3	A		B
4	A		B
5	A		B
6	B		A
7	B		A
8	B		A
9	B		A
10	B		A
11	B		A
12		AB	A

Nota: A: M1, B: M2

$$R_{M1} = \frac{5,5}{12} * 100 = 46 \%$$

$$R_{M2} = \frac{6,5}{12} * 100 = 54 \%$$

Anexo 9. Análisis estadístico aplicado a parámetros físico químicos de tratamientos M1 y M2.

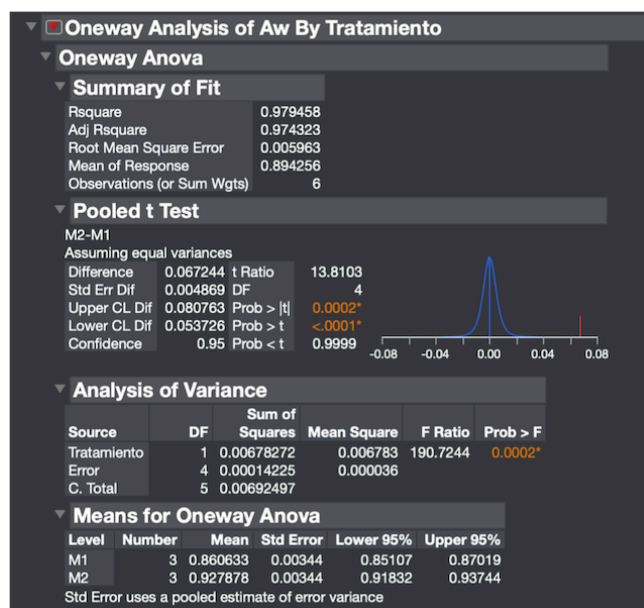


Figura 29. Análisis de varianza del aw de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

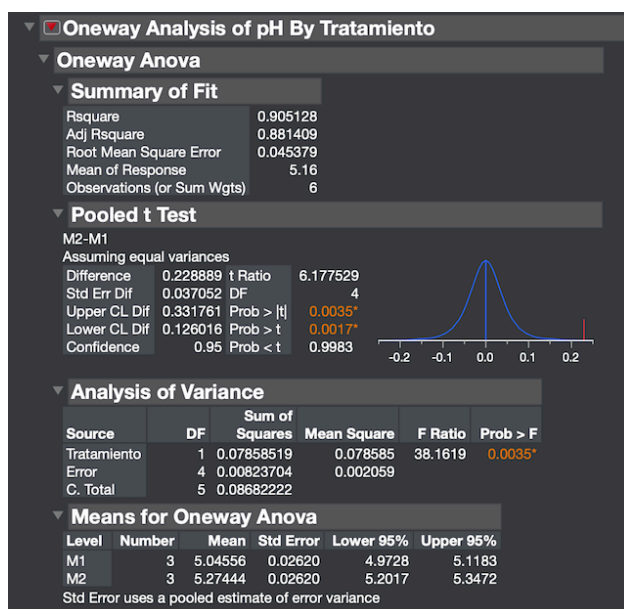


Figura 30. Análisis de varianza del pH de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

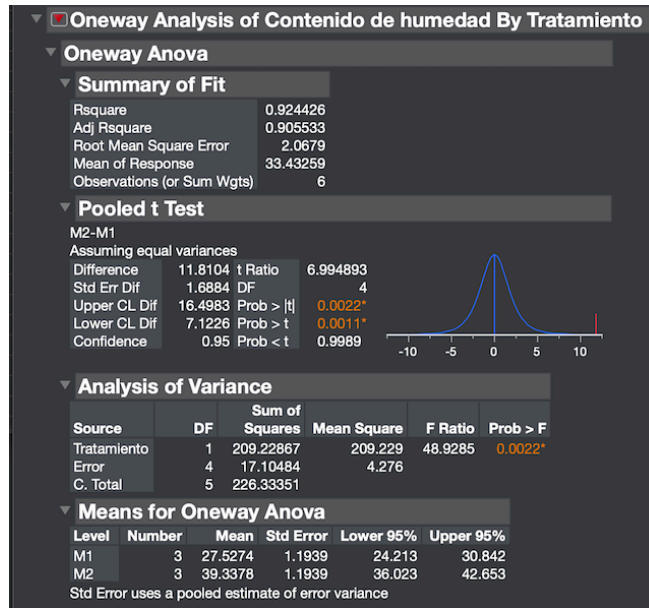


Figura 31. Análisis de varianza del contenido de humedad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

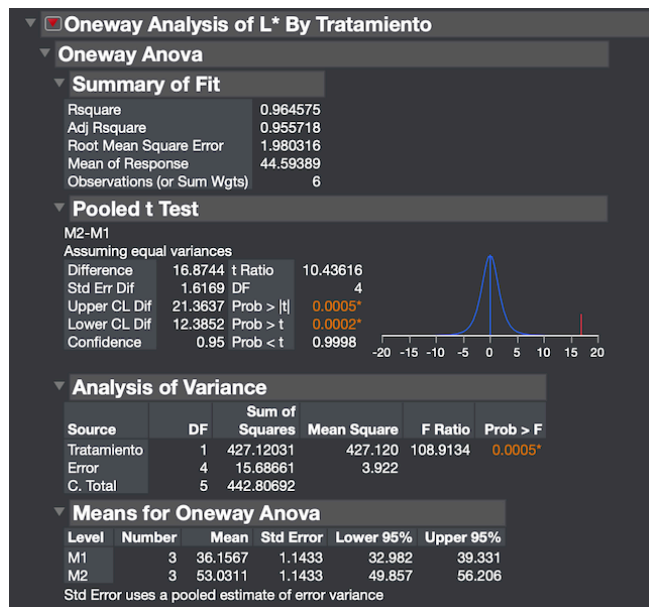


Figura 32. Análisis de varianza del parámetro de color L* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

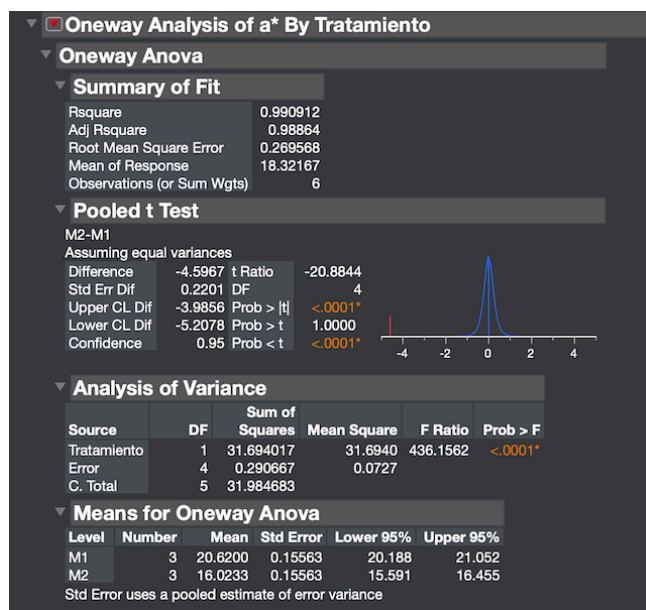


Figura 33. Análisis de varianza del parámetro de color a* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

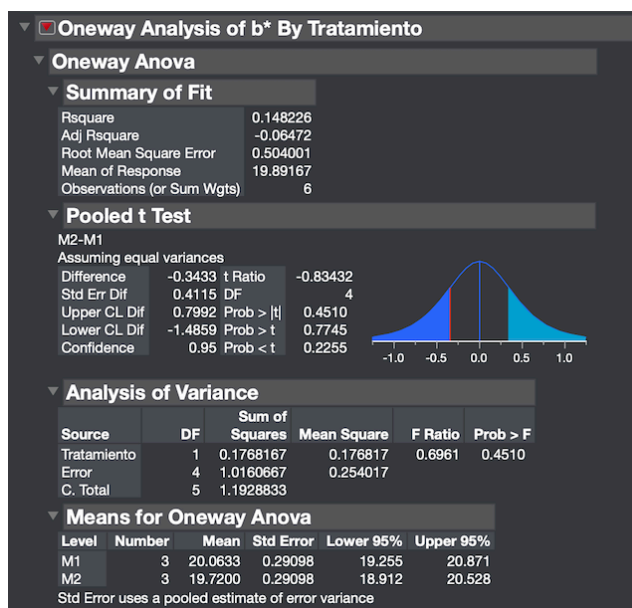


Figura 34. Análisis de varianza del parámetro b* de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

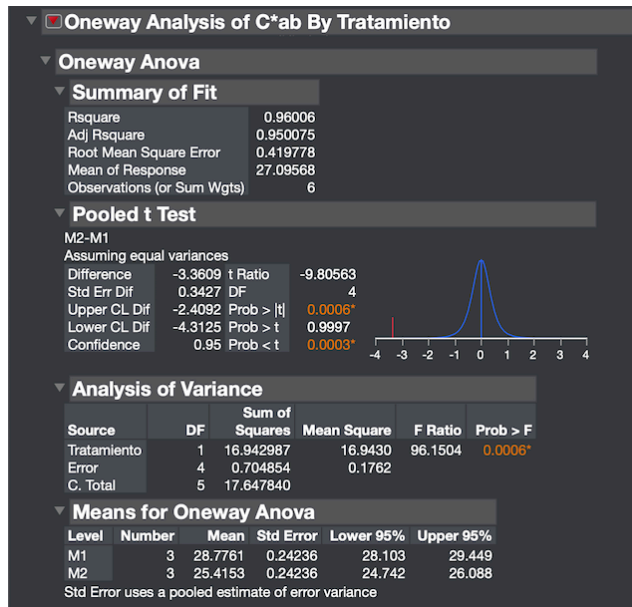


Figura 35. Análisis de varianza del parámetro C*ab de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

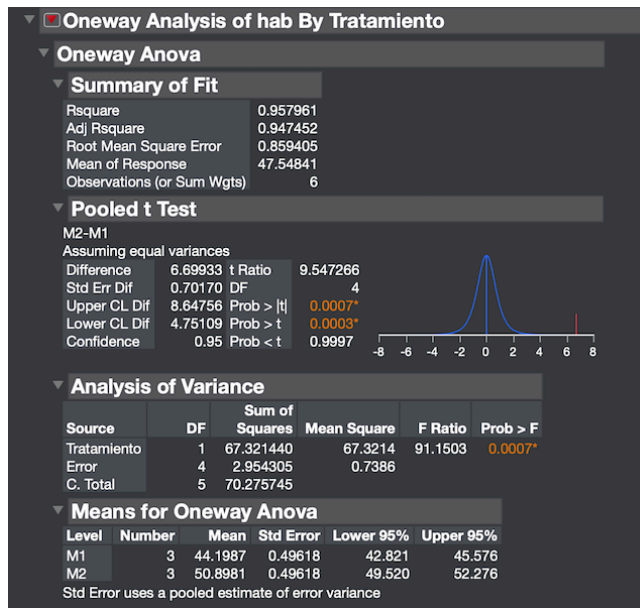


Figura 36. Análisis de varianza del parámetro h_{ab} de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

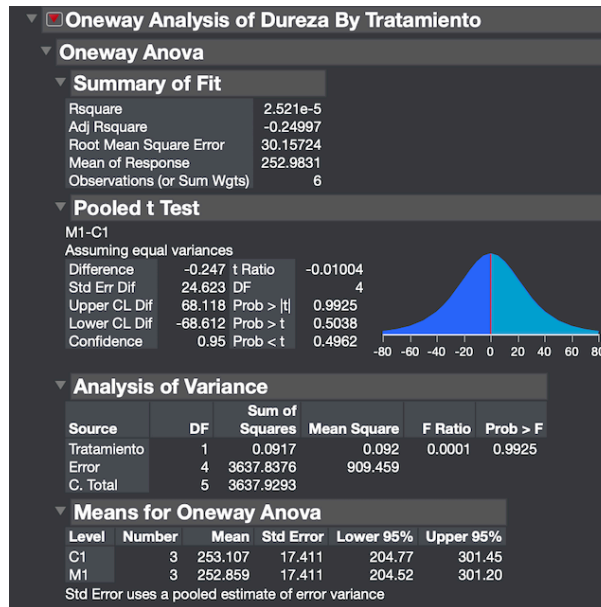


Figura 37. Análisis de varianza de dureza de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

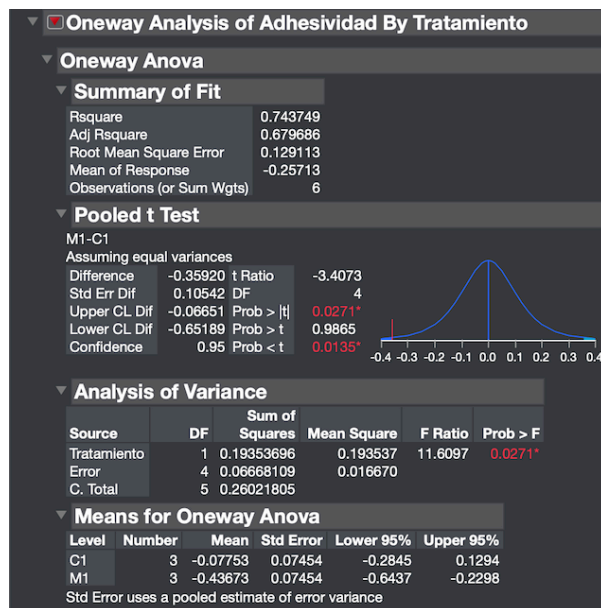


Figura 38. Análisis de varianza de adhesividad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

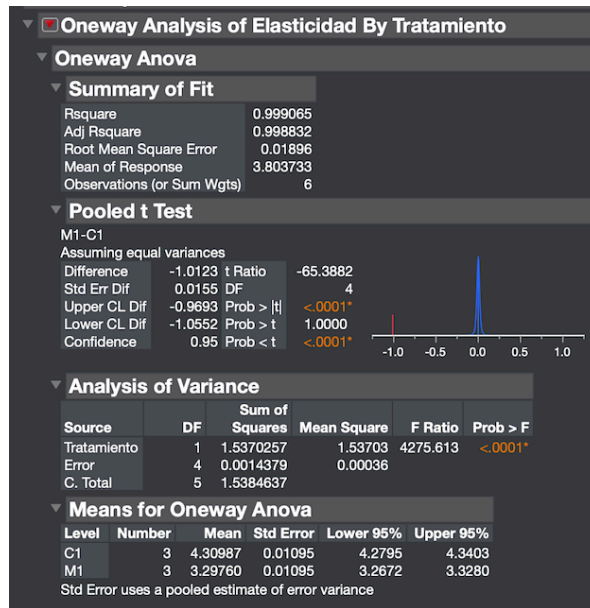


Figura 39. Análisis de varianza de elasticidad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

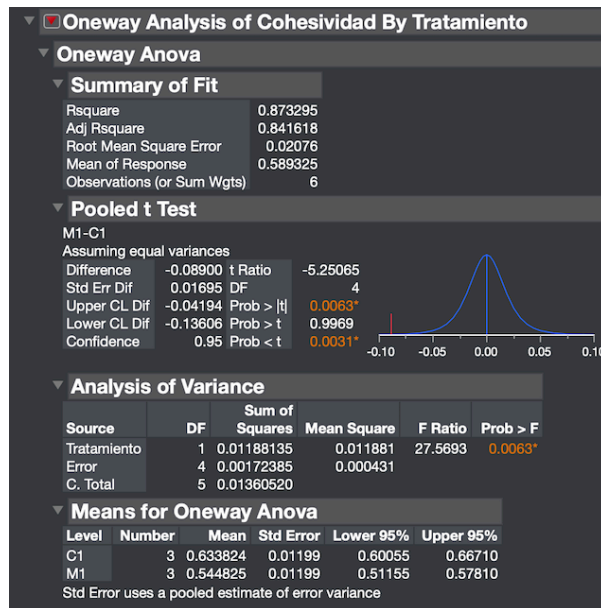


Figura 40. Análisis de varianza de cohesividad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

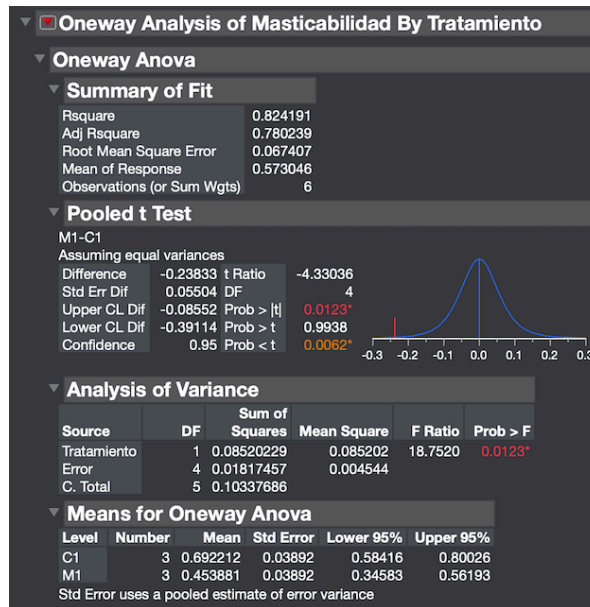


Figura 41. Análisis de varianza de masticabilidad de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

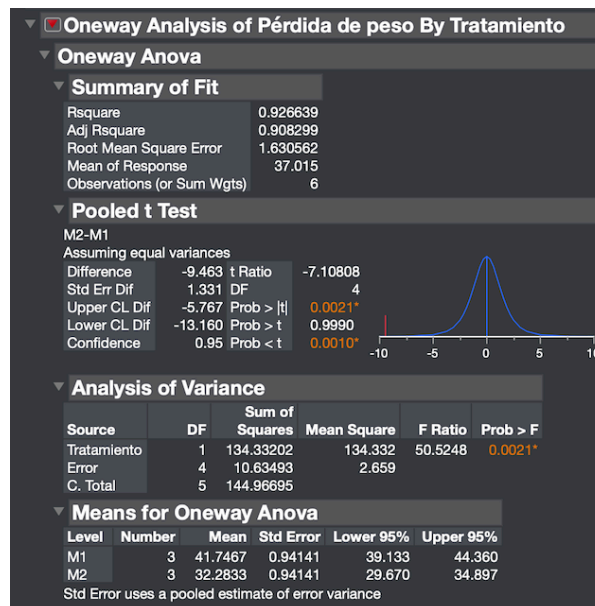


Figura 42. Análisis de varianza de pérdida de peso de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

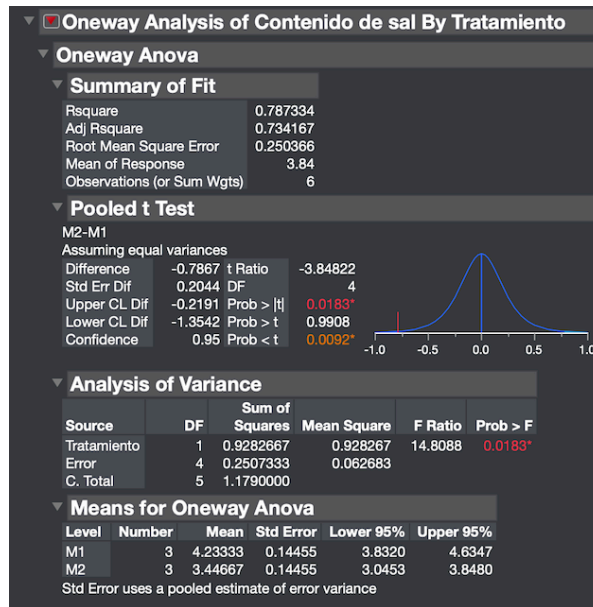




Figura 43. Análisis de varianza del contenido de sal de salami elaborado mediante los tratamientos M1 y M2.

Anexo 10. Documentación relacionada al proceso de elaboración de salami crudo fermentado.


- Ficha técnica de producto

	FICHA TÉCNICA Salame crudo fermentado 200 gramos	Establecimiento N° 300
		Código: 7Ftx - Z
		Página: 1 de 1
Elaborado por: Stephanie Calderón	Revisado por: Equipo de HACCP	Aprobado: Gerencia General
Fecha de emisión: Dic 2019	Fecha de última revisión:	Versión: 1

NOMBRE DEL PRODUCTO	SALAME CRUDO FERMENTADO 200 g
MARCA	
GRAMAJE	200 gramos
DESCRIPCIÓN	Embutido a base de carne de cerdo con especias elaborado mediante fermentación y maduración
INGREDIENTES DEL PRODUCTO	Carne de cerdo, tocino de cerdo, sal, dextrosa, glucosa , delta lactosa como acidulante, paprika, pimienta negra, ajo, sal de cura, ácido ascórbico como antioxidante, cultivo iniciador.
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Escherichia coli: 10 UFC/g Salmonella sp/ 25 g: Ausencia Listeria monocytogenes/ 25 g: Ausencia Staphylococcus aureus: 10 ² UFC/g Clostridium perfringens: 10 ² UFC/g *RTCA 67.04.50:08
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	pH: (5,06 ± 0,05) No Menor 11% proteína, no mayor 10 % carbohidratos, % nitritos residual no mayor a 130 mg/kg
CLASIFICACIÓN	Producto crudo fermentado
VIDA ÚTIL	60 Días
LOTE	DIAS JULIANOS + AÑO
FECHA DE VENCIMIENTO	DÍA/ MES/ AÑO
REGISTRO SANITARIO	Registro MS:

	FICHA TÉCNICA Salame crudo fermentado 200 gramos	Establecimiento N° 300
		Código: 7Ftx - Z
		Página: 1 de 1
Elaborado por: Stephanie Calderón	Revisado por: Equipo de HACCP	Aprobado: Gerencia General
Fecha de emisión: Dic 2019	Fecha de última revisión:	Versión: 1

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO & TRANSPORTE	Mantener en refrigeración a la temperatura de 0 a 4,4 °C. Transportar en camiones refrigerados a temperatura ≤ 5 C°.
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	Color: Rojo oscuro (L*: a*: b*:) Sabor: Característico del producto Olor: Característico del producto, sin signos de rancidez o olores extraños
PRESENTACIÓN/ EMBALAJE	Presentación a granel empacado en bolsa de polietileno al vacío. Peso: 200 g Código de barras:
ALÉRGENOS PRESENTES	Puede contener trazas de trigo y soya
PREPARACIÓN	Listo para consumo
CVO	
NOMBRE Y DIRECCIÓN EMPRESA FABRICANTE	ZAMU de Alajuela S.A, 175 metros oeste del parque Juan Santamaría, Alajuela, Costa Rica
NOMBRE Y DIRECCIÓN EMPRESA DISTRIBUYE	
PAÍS DE ORIGEN	Costa Rica
INDICACIONES DE ETIQUETA	Nombre del producto, peso neto, lista de ingredientes, fecha de vencimiento, número de lote, permiso del Ministerio de Salud, lugar

	FICHA TÉCNICA Salame crudo fermentado 200 gramos	Establecimiento N° 300
		Código: 7Ftx - Z
		Página: 1 de 1
Elaborado por: Stephanie Calderón	Revisado por: Equipo de HACCP	Aprobado: Gerencia General
Fecha de emisión: Dic 2019	Fecha de última revisión:	Versión: 1


	de fabricación, teléfono, instrucciones de almacenamiento de producto y código de barras (producto para supermercados).
Tipo de Consumidor	Dirigido al público en general, niños, adultos y ancianos.
Forma de Consumo	Producto listo para consumir. Puede consumirse como ingrediente en preparaciones como sándwiches y pizzas.
Última revisión	

Foto del producto Final:

Etiqueta (pegar etiqueta):

FIN DEL DOCUMENTO

- Registros asociados

 Zamu <small>EMBUTIDOS / COSTA RICA</small>	Registro de mediciones del proceso de elaboración de salame crudo fermentado	Establecimiento N°300
		Código 7FX-Z
Elaborado por: Stephanie Calderón	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha de emisión: Dic 2019	Fecha de última revisión:	Versión 1

Condiciones: Temperatura de fermentación entre 31° a 33 ° C con un tiempo de 6 ± 2 horas en el horno. pH final: 5,1 -5,0 al salir del horno. Temperatura de la Cámara Producto Terminado 3: 12 - 15 °C. Humedad de la cámara de producto terminado 3: 90-95% (día 1), 85-90% (día 2), 75-80% (días restantes). Temperatura del producto a un máximo de 15 °C. Humedad final del producto : mínimo un 35% menos de su peso inicial.
Monitoreo: Medición de pH durante la etapa de fermentación. Medición de temperatura y humedad relativa de cámara durante maduración. Medición de peso al inicio y final del proceso de secado.
Manipulación de producto: con guantes de latex y con instrumentos de medición previamente lavados y desinfectados.
Acciones preventivas: mantenimiento preventivo de cámara de producto terminado 3.
Acciones correctivas: En caso no alcanzar el pH en un máximo de 8 horas se considera como producto no conforme. Si la cámara falla se debe de notificar para verificar temperaturas y trasladar el producto.


Lote: _____ Fecha: _____ Hora de inicio: _____

Etapa	Fermentación				
Hora	pH	Temperatura del horno (°C)	Humedad relativa del horno (%)	Responsable	Firma

Etapa	Maduración					
Fecha	pH	Temperatura de CPT3 (°C)	Humedad relativa de CPT3 (%)	Peso(kg)	Responsable	Firma

Comentarios:

Verificación			
Tipo de verificación	O	MF	RR
Fecha de verificación			
Nombre			Firma

 Zamu <small>EMBUTIDOS · COSTA RICA</small>	Registro de análisis de calidad de salame crudo fermentado	Establecimiento N°300
		Código 7FX-Z
		Página 1 de 1
Elaborado por: Stephanie Calderón	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha de emisión: Dic 2019	Fecha de última revisión:	Versión: 1

Instrucciones

La persona responsable deberá probar el producto final, evaluar el sabor, color y textura y determinar si corresponde con los parámetros de calidad establecidos por la empresa. Si cumple con lo establecido se deberá colocar un check (✓) en la casilla correspondiente, en caso de no cumplir se deberá colocar una equis (✗). Además, se debe medir el pH y aw del producto terminado las cuales se deben anotar en el espacio correspondiente. Si el producto cumple con todos los parámetros establecidos puede ser liberado para la venta, de no ser así deberá disponerse del mismo según lo establecido en el procedimiento 7P14-ZM.

Semana No: _____

Semana del _____ al _____ del mes _____ del año _____

Fecha	Lote	Sabor	Textura	Color	Aw	pH	Responsable	Firma

Comentarios

Verificación			
Tipo de verificación	O	MF	RR
Fecha de verificación			
Nombre			Firma