

Estudio sobre la evolución de las sales de cura en un producto cárnico sometido a diferentes tratamientos.

*Reyo Herrera, Agustín^a, García Revalcaba, D.E.^b, Godínez Rodríguez, J.L.^b, Farrés González- Sarabia, A.G.^b y Sánchez Chinchillas, A.^b

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Química Departamento de Alimentos y Biotecnología Circuito Escolar Cd. Universitaria. Colonia, Coyoacán C.P. 04510, CDMéxico

Correo electrónico del autor de contacto. reyo@unam.mx

RESUMEN:

Para obtener el color, aroma, textura y sabor característico de los productos cárnicos se emplean sales nitrificantes (nitritos y/o nitratos) cuyo efecto, además, se extiende a la prolongación de la vida de anaquel y a la protección de la fracción lipídica frente a la oxidación.

Pese a los beneficios que ofrecen las sales nitrificantes, su aplicación ha sido restringida en gran parte del mundo por sus implicaciones toxicológicas debido a la elevada reactividad química del ión nitrito. Además, se han relacionado con la formación de nitrosaminas, compuestos carcinogénicos que pueden generarse tanto en el alimento como en el organismo.

Por sus implicaciones sanitarias, durante el desarrollo del presente se eligió una formulación modelo con un embutido tipo jamón hecho de filete de tilapia sometido a dos tratamientos. Se formuló de acuerdo a las indicaciones de los proveedores del aditivo, encontrando que no existe relación entre lo recomendado contra los resultados experimentales obtenidos del producto terminado. Debido a la carencia de información comprobable, se infiere que los productos comercialmente se formulan de manera empírica con el riesgo que conlleva a la salud pública..

ABSTRACT:

To obtain the color, aroma, texture and flavor characteristic of meat products, nitrifying salts (nitrites and / or nitrates) are used, whose effect also extends to the prolongation of the shelf life and the protection of the lipid fraction against the oxidation.

Despite the benefits offered by nitrifying salts, its application has been restricted in a large part of the world due to its toxicological implications due to the high chemical reactivity of the nitrite ion. In addition, they have been related to the formation of nitrosamines, carcinogenic compounds that can be generated both in the food and in the body.

Due to its health implications, during the development of the present a model formulation was chosen with a ham-type sausage made of tilapia fillet subjected to two treatments. It was formulated according to the indications of the suppliers of the additive, finding that there is no relationship between the recommended against the experimental results obtained from the finished product. Due to the lack of verifiable information, it is inferred that the products commercially..

Palabras clave: Embutido pescado, salud pública, nitritos, nitratos.

Key words: fish sausage, public health, nitrites, nitrates.

Area Cárnicos

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX el mundo ha sufrido grandes cambios que han repercutido en el régimen alimentario, primero en las regiones industriales y, recientemente, en los países en desarrollo (*OMS/FAO, 2003.*) En este sentido, los embutidos cárnicos representan una de las alternativas que han encajado perfectamente con las necesidades actuales de los consumidores. Se estima que una cuarta parte del consumo mundial de carne corresponde a embutidos.

En México, el consumo de carne por persona actualmente es de 63 kilogramos al año, de los cuales el 8% corresponde a carnes procesadas según datos de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Alimentación (*SAGARPA*). Los embutidos de mayor consumo en nuestro país son el jamón cocido y la salchicha tipo Viena, que constituyen aproximadamente 85% del total (*Muñoz, 2014*).

Para obtener el color, aroma, textura y sabor característico de los embutidos, durante el proceso de elaboración se emplean sales nitrificantes (nitritos y/o nitratos) cuyo efecto, además, se extiende a la prolongación de la vida de anaquel y a la protección de las grasas frente a la oxidación (Sindelar & Milkoski, 2011).

Pese a todos los beneficios que ofrece el uso de sales nitrificantes en productos cárnicos su uso ha sido restringido en gran parte del mundo, puesto que se ha encontrado que pueden tener implicaciones toxicológicas debido a la elevada reactividad del ión nitrito. Además, se ha relacionado con la formación de nitrosaminas, compuestos carcinogénicos, que pueden generarse tanto en el alimento como en el organismo (Almudena & Lizaso, 2001). Debido a los riesgos que implica para la salud humana el consumo de alimentos que contengan estas sales (nitratos y/o nitritos), se han generado disposiciones legales que regulan su aplicación.

En México la Norma Oficial NOM-213-SSA1-2002, *Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba*, indica que el límite máximo de nitratos/nitritos en productos curados no debe de superar las 156 ppm. Durante el desarrollo del presente se encontró que un gran número de estudios sobre el tema han revelado que algunos de estos productos no cumplen con estas especificaciones. Se cree que el motivo principal por el cual los productos no cumplen con los lineamientos establecidos en la Industria en cuestión. Es práctica común que las formulaciones se realizan de manera empírica debido a que no se cuenta con información confiable por parte de los proveedores de dichos aditivos alimentarios. Los proveedores por lo regular indican que son una mezcla de nitratos/nitritos de sodio/potasio y sal común, sin mencionar las proporciones de cada componente de su producto. Por esta razón, la comunidad científica internacional ha centrado su atención en esta problemática generando numerosas teorías que intentan explicar el destino del nitrito en el medio cárnico, para así poder estandarizar su uso. Aunque son abundantes las investigaciones sobre este tema, hasta el momento, ninguna ha sido concluyente, por tal motivo los propósitos del presente trabajo son:

- Contribuir en esta línea de investigación, estudiando el comportamiento de las sales de curado durante el proceso de elaboración y conservación de un producto tipo jamón formulado a partir de tilapia (*Oreochromis spp*) el cual ha sido concebido como un producto novedoso, de alto valor nutricional
- Evaluar la evolución de las sales de cura durante el proceso de elaboración y conservación de un modelo de embutido elaborado a partir de tilapia (*Oreochromis spp*).
- Seleccionar una formulación prototipo para la elaboración de un producto tipo jamón hecho a base de filete de tilapia.
- Evaluar la evolución de los niveles residuales de nitrito durante el periodo de vida útil del producto.
- Comparar el comportamiento de tres formulaciones distintas del producto. Sin adición de sales nitrificantes, con nitrito de sodio puro y con sal de cura comercial en muestras ahumadas y sin ahumar.
- Fundamentar cuál de las formulaciones es la ideal en función del periodo de vida útil del producto, así como de los niveles de nitrito residual.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Acidez, pH y humedad

La acidez y el valor del pH de la carne están relacionada con el grado de aceptación. Los productos cárnicos en general se consideran de baja acidez, con excepción de los productos fermentados en los que las bacterias lácticas son capaces de producir ácido láctico que contribuye a la disminución del pH.

Material, equipo y reactivos

100 g muestra

- Balanza granataria
- Estufa
- Desecador
- Potenciómetro

- Molino de carne o mortero
- Licuadora
- Cajas Petri
- Piseta
- Probeta de 100 mL
- Vaso precipitado de 250 mL

- Matraz volumétrico de 250 mL
- Matraz Erlenmeyer de 150 mL
- Bureta
- Soporte Universal
- Embudo de cristal
- Agitador magnético

-Papel Filtro

Reactivos

- Solución buffer de fosfatos (pH=7)
- Hidróxido de sodio al 0.1 N
- Fenolftaleína

1.1 Determinación de pH

- Se pesan 10 gramos de muestra.
- Se colocan en el vaso de la licuadora, y se adicionan 100 mL de agua destilada, se muele la muestra durante un minuto.
- El potenciómetro se ajusta con solución reguladora de fosfatos a pH de 4.0 y 7.0.
- La muestra molida se filtra en manta de cielo para eliminar el tejido conectivo.
- En el potenciómetro, se determina el pH de la muestra.
- Terminada la lectura del pH, el electrodo se lava con agua destilada.

1.2 Determinación de Humedad

- Se pesan exactamente 10 g de carne molida.
- Se extiende la muestra en la base de una caja de Petri tarada.
- Se coloca la caja en una estufa de desecación a 100 grados Celsius, durante 24 horas
- Transcurrido el tiempo indicado, se coloca la caja en un desecador durante 30 minutos
- Se pesa la caja y se informa el porcentaje de humedad en la muestra

1.3 Determinación de Acidez (como porcentaje de ácido láctico)

- Se pesan 10 gramos de carne o de producto cárnico y se coloca en vaso de licuadora.
- Se muele con 200 ml de agua destilada, durante un minuto
- Se filtra la muestra a través de manta de cielo para eliminar el tejido conectivo
- El filtrado se coloca en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se titula con NaOH 0.1 N, empleando fenolftaleína como indicador. Esta determinación se debe realizar por triplicado
- Se prepara simultáneamente un blanco de reactivos, en que solo se emplea agua destilada
- El resultado se informa como % de ácido láctico.

1.4 Determinación de bases volátiles

La *NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba*, establece como límite máximo de bases volátiles totales (BVT) 35 mg/100 g de músculo de pescado. Las bases nitrogenadas volátiles se extraen en un medio alcalinizado, los componentes básicos volátiles se absorben en un receptor ácido y la concentración de BVT se determina mediante la valoración de las bases absorbidas. La cantidad de BTV se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{mg BVT/100g} = \frac{(V_M - V_B) \times N \times 14}{m} \times 100$$

Dónde:

VM = Volumen de HCl utilizado para la titulación de la muestra (mL)

VB = Volumen de HCl utilizado para la titulación del blanco (mL)

N = Normalidad del HCl

14 = Miliequivalente de Nitrógeno

m = Peso de la muestra (g)

1.5 Nitritos

La metodología empleada para la determinación de nitritos en los embutidos generados en este proyecto el cual se fundamenta en la reacción del nitrito presente en las muestras con la sulfanilamida para formar una sal de diazonio que reacciona con el clorhidrato de N-1- naftiletildiamina para formar un azocompuesto color púrpura-rojizo cuya absorbancia se mide a 540 nm (Cabrerá, et al., 2003).

2.7 Análisis microbiológico.

Los ensayos microbiológicos se realizaron con base a las metodologías establecidas en la *NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba*. Establece como límites máximos permisibles entre 10,000 y 60,000 UFC mesófilos aerobios /g en productos cocidos. En particular se determinó la concentración de las bacterias propicias a desarrollarse en los embutidos pertenecientes al grupo de los mesófilos (bacterias que se desarrollan a una temperatura de 25-37 ° C) y al de los psicrófilos (cuya temperatura óptima de crecimiento es de 0°C - 5°C).

2.7.1 Preparación de la dilución primaria.

Pesar 10 g de la muestra en una bolsa con cierre hermético estéril de tamaño adecuado.

- Adicionar un volumen de 40 a 50 ml de agua peptonada y homogenizar.
- Permitir que las partículas grandes se sedimenten, y transferir tal contenedor con el sobrante de agua peptonada.

2.7.2 Preparación de las diluciones decimales adicionales.

- Transferir 1 ml de la dilución primaria, a un tubo con 9 mL de agua peptonada. Mezclar.
- Repetir el mismo procedimiento tomando 1 mL de la dilución anterior.

2.7.3 Recuento de mesófilos aerobios.

- Coloque la placa *Petrifilm*TM en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior.
- Con una pipeta perpendicular a la placa, coloque 1 mL de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior.
- Libere la película superior dejando que caiga sobre la muestra.
- Coloque el dispersor sobre la película superior cubriendo totalmente la muestra y presione suavemente.
- Espere 1 minuto a que se solidifique el gel. Incubar a 35°C 24-48 h.
- Contar y registrar el número de colonias.

2.7.3 Evaluación de textura y aceptación general

La fórmula del embutido de tilapia se desarrolló con en base a dos formulaciones preestablecidas para la elaboración de jamón cocido de cerdo. Fueron elaborados dos embutidos empleando 100 gramos de filete de tilapia para cada formulación, con la finalidad de evaluar sus características sensoriales (textura, sabor, aroma y color). Tablas 1 y 2

Tabla 1. Formulación 1

Ingrediente	Por ciento	g
Filete de tilapia	75.94	100
Agua	20	26.4
Carragenina	0.8	1.0534
Dextrosa	0.7	0.9217
Sorbato de potasio	0.05	0.0658
Sal	2	2.6336
Fosfatos	0.5	0.6584
Nitrito de sodio	0.01	0.0131
Total	100	131.6825

Tabla 2. Formulación 2

Ingrediente	Por ciento	g
Filete de tilapia	48.55	100
Agua	46	94.7476
Carragenina	0.8	1.6477
Azúcar	1.3	2.6776
Fécula de maíz	1.84	3.7899
Sal	1	2.0597
Fosfato de sodio	0.5	1.0298
Nitrito	0.01	0.0205
Total	100	205.9728

2.8 Proceso de elaboración del embutido

Para garantizar las buenas prácticas de higiene se emplearon guantes desechables, cofia y cubre bocas durante todas las etapas del proceso. Todo el equipo y material fue lavado y desinfectado con solución detergente e hipoclorito antes y después de ser utilizado para evitar la contaminación microbiana del producto.

Lavado. Los filetes de tilapia empleados se adquirieron libres de piel y espinas, congelados y empacados en bolsas individuales. Se mantuvieron en congelación hasta utilizados. El lavado de los filetes se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Rodger *et al.* (1979), que recomienda una parte de pescado por dos partes de agua fría y un tiempo de agitación de 5 minutos. Una vez terminado el proceso de lavado los filetes se colocaron en charolas para permitir que el exceso de agua se escurriera.

Picado. Los filetes se cortaron en cubos de aproximadamente 1x1 cm.

Pesaje. Con ayuda de una balanza granataria se pesaron 100 gramos de cubitos de filete de tilapia en charolitas de unícel, para cada formulación.

Preparación de salmuera. Empleando una balanza analítica se pesaron cada uno de los ingredientes de acuerdo a lo establecido en cada formulación. Se utilizó agua de filtro enfriada a 4°C; el volumen requerido para cada formulación se midió empleando una probeta limpia y desinfectada. Una vez medidas las cantidades de cada ingrediente se realizó la disolución en recipientes con capacidad de 1 L.

Curado y amasado. La mezcla del filete previamente picado y pesado con la salmuera, se homogenizó con ayuda de una batidora de inmersión hasta formar una pasta, la cual se dejó reposando en refrigeración durante 16 horas.

Embutido. Transcurrido el tiempo de reposo se realizó el embutido de forma manual en tripas de celulosa con diámetro de 5 cm.

Cocción. Se realizó en agua a 80°C durante un periodo de 30 minutos (Izquierdo, *et al.*, 2007).

Enfriado. Transcurrido el tiempo de cocción los embutidos fueron rociados con agua a 4°C hasta alcanzar una temperatura de 10°C en su superficie.

Ahumado. Se llevó a cabo a una temperatura de 110°C durante 30 minutos en un ahumador eléctrico, empleando viruta de madera de roble.

Almacenaje. Empacados en bolsas plásticas con cierre hermético y almacenadas en refrigeración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 pH y acidez

En el tejido muscular del animal vivo el pH es prácticamente neutro. Cuando el animal muere, el músculo se ve privado de riego sanguíneo y por lo tanto de oxígeno. Esto hace que se bloquee la síntesis de ATP, que es la fuente ordinaria de obtención de energía muscular, con lo cual el músculo se ve obligado a adquirir esa energía por vía anaerobia a partir del glucógeno de reserva, dando lugar a la producción de ácido láctico y como consecuencia la

disminución del pH, por lo cual este, puede proporcionar información acerca de la condición de la carne (Castillo, 2014).

En los alimentos el pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de los mismos, ya que constituye un factor importante para su estabilidad puesto que determina el crecimiento de grupos de microorganismos específicos (SAGARPA, 2011). En la tabla 3 se muestran los valores de pH obtenidos para la materia prima y las tres formulaciones distintas, tanto en el jamón natural como en el jamón ahumado.

La cantidad de ácido láctico producido está relacionada con la cantidad de glucógeno almacenado en el tejido vivo. En general, el músculo de pescado contiene un nivel relativamente bajo de glucógeno, comparado con los mamíferos y por esta razón se genera mucho menos ácido láctico después de la muerte. El estado nutricional del pez y el grado de agotamiento al momento de la muerte, tienen un efecto dramático en los niveles de glucógeno almacenado y consecuentemente en el pH *post mortem* final. El pH del pescado, inmediatamente después de su captura, es 7; luego desciende a 6.2-6.5, para volver a subir a 6.6-6.7. Lo que contribuye a su inestabilidad, ya que en estos valores de pH no se inhibe el desarrollo microbiano (Pascual & Calderón, 2000). El pH obtenido en la materia prima (filete de tilapia) fue de 6.68, valor que se encuentra dentro del rango en el que se considera que el pescado es de buena calidad (Guerrero & Rosmini., 2009).

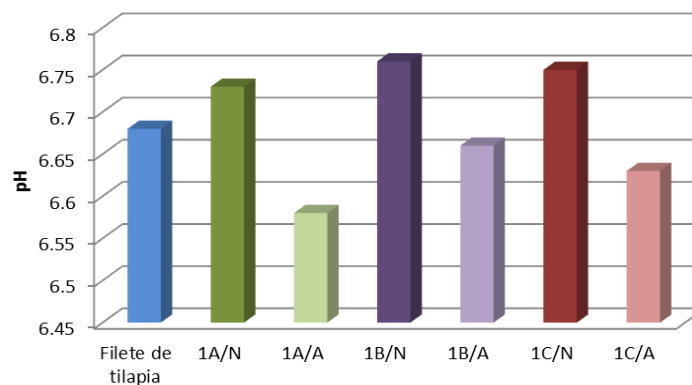
Tabla 3 Muestra

	Formulación	pH
Filete de tilapia	-	6.68
Jamón cocido	1A	6.73
	1B	6.76
	1C	6.75
Jamón cocido y ahumado	1A	6.58
	1B	6.66
	1C	6.63

Cabe mencionar que el intervalo de acidez leve entre los valores de pH 5.8-7.3 es el más apropiado para la elaboración de jamones y embutidos cocidos y escaldados, ya que las características de la carne en este punto ofrecen ciertas ventajas tecnológicas, como una elevada capacidad de retención de agua (lo que la hace más apta para el curado) y mejores propiedades emulsionantes (Jiménez & Carballo, 1989).

Respecto a los embutidos, los valores de pH no mostraron diferencias significativas entre las tres formulaciones. Sin embargo, cabe resaltar que en los jamones ahumados hubo una disminución de pH de 0.12 unidades en promedio, lo que puede atribuirse a la concentración de los ácidos orgánicos generados por la combustión de la madera en la capa superficial de los embutidos (Guerrero & Rosmini, 2009). Figura.1

Figura. 1 Comparación de los valores de pH obtenidos para la materia prima y los embutidos.



El pH influye sobre la estabilidad para la conservación de los productos, pero también tiene un papel importante en sus características organolépticas, debido a que pH bajos (menores a 4.5) pueden ser responsables de sabores ácidos y desagradables al consumidor (Reuter, 1981; Frey, 1995). De forma adicional a la medición de pH se realizó la determinación de acidez en la materia prima y en los embutidos experimentales. Tabla 4

Tabla 4 Determinación de acidez, expresada como % de ácido láctico.

Muestra	Formulación	mL de NaOH (0.1 N)	Acidez (% ácido láctico)
Filete de tilapia	-	4.6	0.41
	1A	5.4	0.48
Jamón cocido	1B	5.4	0.48
	1C	5.5	0.47
Jamón cocido y ahumado	1A	6.3	0.56
	1B	6.0	0.54
	1C	5.3	0.49

El porcentaje de ácido láctico no presentó variaciones significativas entre los embutidos naturales (sin ahumar). Con respecto a los jamones que fueron ahumados se observó que hubo un incremento leve en la acidez, el aumento más notable se dio en la formulación 1A (0.081% mayor al jamón natural) seguida de la formulación 1B (0.054%) y 1C (0.018%). De acuerdo con lo descrito por Stiebing (1992) la acidez de los embutidos tiende a aumentar ligeramente tras recibir tratamiento térmico.

1.2 Nitritos

La NOM-213-SSA1-2002 establece como límite máximo permisible en productos cárnicos procesados 156 ppm (partes por millón o mg/kg, mg/L) de nitratos/nitritos de sodio/potasio expresadas como nitritos. Refiriéndose este límite a la cantidad añadida como aditivo.

Los embutidos de tilapia elaborados se clasificaron en tres grupos, en función del tipo de agente nitrificante incorporado a cada formulación. El grupo A está constituido por las muestras control, es decir, carentes de aditivos nitrificantes. El grupo B incluye a las muestras elaboradas empleando nitrito de sodio como único agente nitrificante, y finalmente el grupo C comprendido por las muestras adicionadas con sal de cura comercial. Se dio seguimiento a los tres grupos de embutidos durante un periodo de 6 semanas, partiendo desde la fecha de su elaboración. La medición de los niveles residuales de nitritos se realizó por duplicado para cada una de las muestras cada dos semanas durante este periodo. Tabla 5

Tabla 5 Determinación de los niveles de nitrito residual.

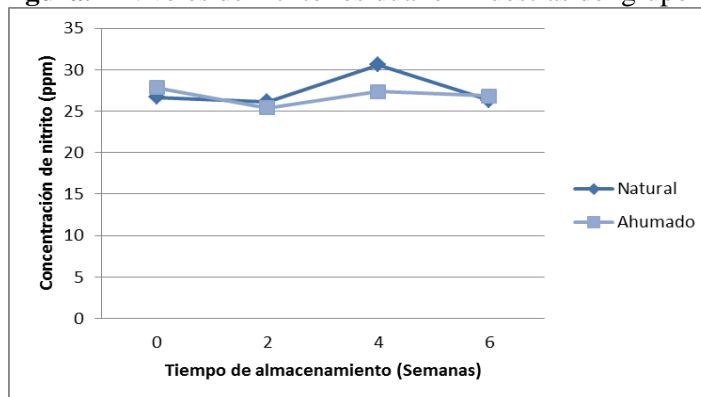
Semana	Muestra	Concentración NO ₂ ⁻ (ppm)	
		Jamón natural	Jamón Ahumado
0	F1A	26.65	27.82
	F1B	87.65	80.88
	F1C	127.11	111.29
2	F1A	26.13	25.42
	F1B	69.96	64.06
	F1C	74.26	87.16
4	F1A	30.59	27.37
	F1B	69.66	68.05
	F1C	107.09	87.86
6	F1A	26.28	26.85
	F1B	61.54	51.97
	F1C	58.89	62.07

Las muestras control grupo A (sin adición de agentes nitrificantes) fueron incluidas en el estudio con el propósito de obtener información sobre el aporte de nitrito de todos los ingredientes que han formado parte de la composición de los embutidos experimentales, al contenido total de nitrito residual en la muestra.

De acuerdo con Hammer (1992) entre 10 y 30 ppm de nitrito llegan al producto cárnico a partir de la carne, agua, aditivos y especias. Siendo el agua el factor de mayor importancia debido a que la concentración de nitritos en el agua potable es muy variable dependiendo de la región.

Esto puede explicar que se hayan encontrado concentraciones de 26.85 y 27.82 ppm de NO_2^- en los embutidos de la formulación 1A natural y ahumado respectivamente. Las concentraciones de nitrito residual determinadas de los embutidos del grupo A fueron variando en función del tiempo de almacenamiento. Figura 2

Figura. 2 Niveles de nitrito residual en muestras del grupo A.

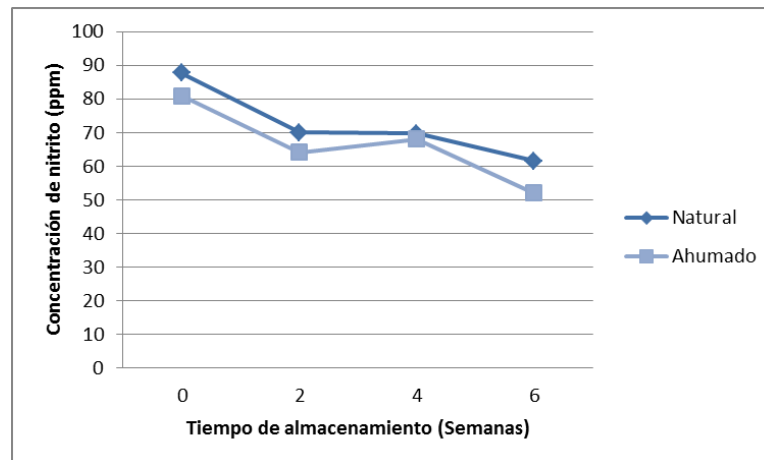


De manera inicial la concentración de nitritos en las muestras del grupo A no mostraron diferencias significativas entre sí. En la segunda determinación de nitritos realizada (semana 2) se encontró que hubo una disminución en la concentración de nitritos de 0.52 y 2.4 ppm para el jamón natural y para el jamón ahumado respectivamente. En la semana 4 se detectó un aumento considerable en la concentración de nitritos de ambas muestras, lo que podría explicarse en caso de que hubiera presencia de nitratos en el producto, los cuales con frecuencia se encuentran como contaminantes en el agua y la sal y al ser reducidos por acción bacteriana y/o enzimática se convierten en nitritos.

En la sexta semana hubo de nuevo un descenso en la concentración de nitritos. Este comportamiento era esperado puesto que varios estudios han confirmado que durante el almacenamiento, los niveles residuales de nitritos se van consumiendo de manera gradual dentro del medio cárnico, lo que resulta en la estabilidad organoléptica y microbiana del producto. Con respecto a las muestras del grupo B, en la cuales se empleó nitrito de sodio como agente nitrificante se observó que hubo una disminución progresiva del nivel de nitrito residual en función al tiempo de almacenamiento. Figura 3

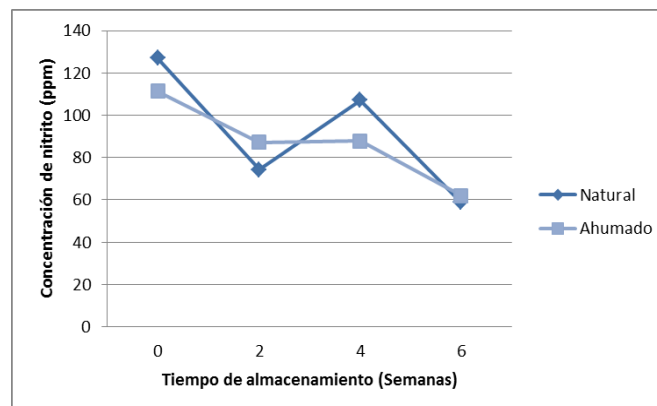
De acuerdo con lo descrito por Durand (1988), la reducción gradual del nitrito residual en productos cárnicos depende de varios factores tales como la temperatura y pH. De la figura 3 se observa también que los niveles de nitrito residual en las dos muestras de embutidos pertenecientes al grupo B, presentaron un comportamiento muy similar durante el periodo de estudio, esto puede atribuirse a que las condiciones almacenamiento (temperatura) fueron las mismas para ambas muestras y no se encontró además una diferencia significativa entre el valor de pH de cada muestra. Cabe mencionar que la reducción gradual del nitrito residual ocurre de forma más rápida a pH ácido y temperaturas crecientes (Lee, et al., 1976).

Figura 3 Niveles de nitrito residual en muestras del grupo B.



Los embutidos pertenecientes al grupo C mostraron un comportamiento similar al de los embutidos del grupo B, puesto que también se observó una disminución gradual en la concentración de nitritos en función al tiempo de almacenamiento, salvo en el caso del jamón natural que en la cuarta semana presentó un aumento considerable en la concentración residual de nitritos. Figura 4

Figura 4 Niveles de nitrito residual en muestras del grupo C.



Esta variación pudo haber ocurrido a que los embutidos de tilapia del grupo C contienen una cantidad de nitratos añadida de la sal de cura comercial como agente nitrificante, la cual es una mezcla de cloruro de sodio, nitratos y nitritos. Es posible que en el caso del jamón ahumado no se haya observado el mismo aumento en la concentración de nitritos residuales que en el jamón natural debido a que la carga bacteriana es más baja como consecuencia del propio proceso de ahumado.

1.3 Determinación de bases volátiles totales (BVT)

Durante el periodo de almacenamiento en que fueron monitoreadas las muestras, ninguna de ellas superó el límite máximo de BVT establecido en la *NOM-242-SSA1-2009*. Pese a que las concentraciones de BVT en todas las muestras indican que estas son aptas para consumo hasta el momento de la última determinación (Semana 4), es importante mencionar que se encontraron variaciones importantes respecto a las cantidades de BVT entre las diferentes formulaciones e incluso entre embutidos pertenecientes a la misma formulación tras ser ahumados. Tabla 6

Tabla 6. Determinación de bases volátiles totales (BVT)

Tiempo	Muestra	BVT (mg/ 100g)
--------	---------	-------------------

2 Semanas	F1A _N	5.19
	F1A _A	6.65
	F1B _N	10.93
	F1B _A	9.62
	F1C _N	10.39
	F1C _A	15.48
4 Semanas	F1A _N	5.50
	F1A _A	7.83
	F1B _N	11.10
	F1B _A	9.68
	F1C _N	10.83
	F1C _A	17.35

Las variaciones en la concentración de BVT entre las muestras naturales y ahumadas de embutidos provenientes de la misma formulación, pueden explicarse debido a que el proceso ahumado puede aportar derivados nitrogenados a la carne, aumentando su concentración en el producto (Consumer, 2004).

Con respecto a las variantes entre formulaciones, se encontró que en los embutidos adicionados con algún agente nitrificante (nitritos o sal de cura) había una mayor concentración de BVT en comparación con los embutidos control. Esto puede atribuirse a que los nitritos generan como producto de diversas reacciones del nitrito en el medio cárnico como un aumento en la concentración de BVT en el producto. El incremento que se observa de manera general en todas las muestras a la cuarta semana de almacenamiento en la cantidad de BVT con respecto a la segunda semana era esperado, ya que con el tiempo los productos resultantes de la degradación microbiana y autolítica del tejido se acumulan en cantidades mayores.

1.4 Análisis microbiológico.

De forma adicional a la determinación de las bases volátiles totales (BVT) se realizó el análisis microbiológico de los embutidos a través del conteo en placa de mesófilos aerobios, con el propósito de complementar la información sobre la estabilidad de los productos durante el periodo de almacenamiento. Tabla 7

Tabla 7. Determinación de mesófilos aerobios en placa

MESÓFILOS AEROBIOS (a 35° C/ 24 hrs)						
Tiempo	Muestra	Serie duplicados	Diluciones			Total (UFC/g)
			10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	
2 SEMANAS	F1A _N	A	MNPC	187	35	26X10 ³
		B	MNPC	184	31	
	F1A _A	A		119	24	12X10 ²
		B		123	18	
4 SEMANAS	F1B _N	A	/	146	19	34X10 ³
		B		118	90	
	F1B _A	A		21	4	2x10 ² Valor estimado
		B		20	4	
	F1C _N	A	/	31	3	3X10 ³
		B		28	5	
	F1C _A	A		49	6	5X10 ²
		B		51	5	

La NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados.

Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Establece como límites máximos permisibles entre 10,000 y 60,000 UFC mesófilos aerobios /g en productos cocidos.

Todos los embutidos se encontraron dentro de los límites establecidos por la norma, por lo cual se considera que son aptos para su consumo. Cabe resaltar que el análisis de las muestras del grupo F1A (sin adición de agentes nitrificantes) se realizó únicamente a las 2 semanas de almacenamiento, por lo cual es probable que a las 4 semanas

podrían superar el límite máximo permitido de microorganismos mesofílicos. Por otro lado, las muestras de los grupos F1B (adicionadas con nitrito) y F1C (adicionadas con sal de cura) presentaron una menor carga de microorganismos respecto al grupo de embutidos control. El resultado era esperado debido a las propiedades bacteriostáticas y bactericidas que poseen los nitritos.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede determinar que incluso en el nivel de los nitritos encontrados en conjunto con los del ahumado, proveen buena estabilidad al producto, evitando el desarrollo acelerado de la flora microbiana que altera el alimento.

1.5 Evaluación de textura y aceptación general

La fórmula del embutido de tilapia se desarrolló en base a dos formulaciones preestablecidas para la elaboración de jamón cocido de cerdo. Se utilizaron 100 gramos de filete de tilapia para cada formulación, con la finalidad de evaluar sus características sensoriales (textura, sabor, aroma y color). Figuras 5 y 6

Ambos embutidos fueron evaluados por 20 alumnos mediante una prueba de nivel de agrado, y se encontró que la formulación 1 fue la que obtuvo un mayor nivel de aceptabilidad. Con respecto al nivel de agrado del color y olor no hubo diferencias significativas entre ambas formulaciones

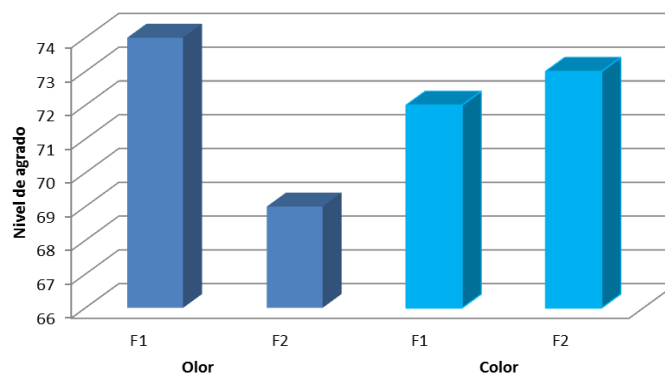


Figura 5 Evaluación del nivel de agrado, respecto a color y olor de ambas formulaciones

Para la formulación 1 el 25% de los encuestados indicó que el olor les gustó muchísimo, mientras que para la formulación 2 sólo el 10% eligió esta puntuación. Con respecto al color el nivel de agrado para ambas formulaciones fue muy similar, puesto que, era casi idéntico en ambos embutidos.

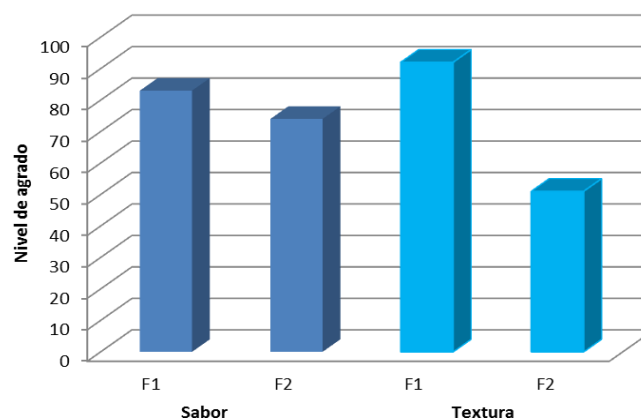


Figura 6 Evaluación del nivel de agrado, respecto a sabor y textura de ambas formulaciones.

Para la formulación 1 el 95% de los jueces indicaron que el sabor les gustó muchísimo o moderadamente y hubo un solo juez que indicó que le gustó poco, pero a ninguno de ellos le disgustó el sabor. La textura fue calificada con puntuaciones superiores a los 3 puntos en la escala, obteniendo un muy buen nivel de aceptación. El 60% de los

jueces indicó que el sabor de la formulación 2 le gustó muchísimo o moderadamente; con respecto a la textura el 35% indicó que le disgustó muchísimo o moderadamente y sólo a un 5% le gustó moderadamente, algunos de los jueces indicaron en el apartado de observaciones que la formulación 2 no era por completo de su agrado debido a que la textura era muy suave y diferente a la de los jamones convencionales, por lo que se descartó esta formulación.

CONCLUSIONES

- En el periodo de almacenamiento de prueba la concentración de nitrito residual en los embutidos disminuye de forma gradual. En la sexta semana de almacenamiento los embutidos conservan en promedio sólo el 38% del nitrito inicialmente adicionado lo que puede representar un riesgo. Sin embargo, los resultados en las determinaciones de nitritos en muestras naturales y ahumadas de la misma formulación no mostraron una tendencia clara, por lo que no se puede establecer si existe una relación entre las concentraciones de nitrito residual y el proceso de ahumado.
- Las pruebas microbiológicas indican que el nivel de nitritos residuales y los dos procesos térmicos a los que se sometió el producto contribuyen a su estabilidad microbiológica
- La especie tilapia (*Oreochromis spp*) posee características fisicoquímicas que la convierten en una materia prima valiosa y apta para la elaboración de embutidos de buena calidad con posibilidades de comercializados, ya que tuvieron un buen nivel de aceptación entre los potenciales consumidores y tiene la ventaja competitiva de ser un producto novedoso, de alto valor nutricional y de producción accesible.
- Se sugiere continuar con ésta línea de investigación para establecer la posible presencia de nitrosaminas en los productos como el formulado para que la interferencia de hemoglobina sea mínima y no se formen los complejos con el ión nitrito.
- Solicitar el esclarecimiento de la composición de las sales de cura a los proveedores para evitar incertidumbre y riesgo en las formulaciones de los distintos productos cárnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Almudena A., Lizaso, J. (2001). Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas. Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria. Registro de Fundaciones de la Comunidad de Madrid. Tomo XXX, Folio 1-25, Fecha 15-01-2001.
- Cabrera, E., *et al* (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 47, núm. 1, enero-marzo, 2003, pp. 88-92 Sociedad Química de México: Distrito Federal, México.
- Castillo, W. (2014). Determinación de pH y acidez titulable en carnes vacunos, caprinos y porcinos. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo Universidad Señor de Sipán. Consultado el día 8/04/2017 en el sitio web : https://issuu.com/jenriquemeneses/docs/informe_n_07_-_100_.docx
- Consumer. (2004). Análisis Comparativo: Salmón Ahumado Envasado. *Revista Consumer*. Diciembre 26. Consultado el día 26/05/2017 en el sitio web : <http://revista.consumer.es/web/es/20041201/pdf/analisis.pdf>
- Durand, P; *et al* J. (1988). Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Ed. Acribia, Zaragoza, Pp. 475-530.
- Frey, W. (1995). Fabricación fiable de embutidos. Acribia. Zaragoza, España. Pp 31-35.
- Guerrero, I. y Rosmini, M. (2009). Tecnología de productos de origen acuático. Limusa. México. pp 333-337.
- Hammer, G.F. (1992). Tecnología de los embutidos escaldados: Sustancias aditivas y aditivos. Acribia: Zaragoza, Pp 83-105.
- Jiménez F.; Carballo, J. (1989). Principios básicos de elaboración de embutidos. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Dirección General De Investigación y Capacitación Agrarias. Hojas divulgadoras No. 4/89.
- Lee, S.; Cassens, R.; Fennema, O. (1976). Effect of muscle type on residual nitrite in cured meat. *FoodSci*. Vol 5, No 4, Pp 100.

- Muñoz, M. (2014). Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo. Tercera edición: McGraw Hill. México. pp. 146.
- Norma Oficial *NOM-213-SSA1-2002*, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- NOM-242-SSA1-2009*, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba
- OMS/FAO. (2003). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO en Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. (OMS, Serie de Informes Técnicos; 916). Organización Mundial de la Salud: Ginebra.Sui.
- Pascual, M. y Calderón, V. (2000). Microbiología alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas. Segunda Edición: Díaz de Santos. Madrid, Esp. pp 247-250
- Reuter, H. (1981). La tecnología de embutidos en Alemania. *Fleishwirtschaft*, Español No. 2, Pp 46-49
- Rodger, G. *et al* (1977). Effects of time, temperature, raw material type, processing and use of cryoprotective agents on mince quality. *Advances in fish Science and Technology*. U.K. pp. 199.
- Stiebing, A. (1992). Tecnología de los embutidos escaldados. *Acribia*: Zaragoza, Pp 171-190.
- SAGARPA. (2011). Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Folleto Técnico No. 11. Octubre 2011. pp 7-11.
- Sindelar, J., Milkowsky, A. (2011). Sodium Nitrite in Processed Meat and Poultry Meats: A Review of Curing and Examining the Risk/Benefit of Its Use. *AMSA. White Paper Series*. No 3: Nov. 2011. *American Meat Science Association*. pp 2-5