




C A P Í T U L O 9

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA APLICADA A LA CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.479142606019>

Ángel Antonio Domínguez-Zetina

Judith Ruiz-Hernández

Carlos Armando Chan-Keb

Eduardo Jahir Gutiérrez-Alcátara

INTRODUCCIÓN

El control de calidad y el manejo adecuado de la carne son pilares fundamentales dentro de la industria alimentaria, ya que garantizan la seguridad, frescura y características organolépticas óptimas del producto final. La carne constituye un alimento fundamental dentro de la dieta nutritiva y equilibrada (Andújar et al., 2009). La carne y sus derivados representan un alimento fundamental dentro de la dieta nutritiva y equilibrada ya que aporta proteínas de alto valor biológico para la alimentación humana, por lo que es indispensable contar con procedimientos estandarizados que aseguren su inocuidad y calidad a lo largo de toda la cadena de producción, procesamiento y comercialización (Sánchez Rivera, 2002).

A lo largo de la cadena de producción, transformación y comercialización de la carne y sus derivados, es imprescindible aplicar métodos de análisis que permitan evaluar su frescura, composición y aptitud para el consumo humano. Las propiedades de la carne que determinan su aceptación por parte del consumidor son aquellos factores como la apariencia, aroma, sabor, jugosidad, ternura y color siendo atributos sensoriales que definen su calidad y está asociado al tipo de especie, raza, edad del animal, alimentación y las condiciones de manejo después del sacrificio (Andújar et al., 2009).

La elaboración de productos cárnicos implica diversas transformaciones tanto físicas, químicas y bioquímicas de las que destacan dos procesos principales: el curado y el tratamiento térmico, como el ahumado, siendo estos procesos los ejes centrales de análisis en el estudio de la ciencia de la carne (Durán Ramírez, 2006). En este contexto, la caracterización y aplicación de técnicas fisicoquímicas en carne y productos cárnicos desempeña un papel clave en la verificación de la calidad y la conformidad normativa de los productos (Andújar et al., 2009).

Este libro está dirigido a estudiantes y profesionales de Ciencias y Tecnología de carnes, así como a disciplinas relacionadas con el propósito de proporcionar la formación que les permitirá desempeñarse en laboratorios de control de calidad, plantas de procesamiento cárnico, y organismos reguladores del sector alimentario. Como herramienta práctica, este libro facilita el desarrollo de habilidades técnicas bajo un estricto rigor normativo, alineado con las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX).

El manual se estructura en diez prácticas centradas en evaluación fisicoquímica que incluye métodos para analizar calidad de la carne y productos cárnicos como; pH, acidez titulable, bases nitrogenadas volátiles totales (BNVT), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de emulsificación (CE). Asimismo, se incluyen protocolos para el análisis de reducción de azul de metileno, colorimetría, perfil de textura, y la cuantificación de aditivos como nitritos y fosfatos, consolidando así un compendio técnico indispensable para el sector cárnico.

PRÁCTICA 1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EN CARNE

1. Introducción

La carne es considerada como la principal fuente de proteína que está ligado a su proceso de obtención y maduración. Desde el sacrificio, la calidad se ve influenciada por factores genéticos y de manejo (pre-mortem), así como por la conversión del músculo en carne (post-mortem). Este último proceso inicia con el rigor mortis, derivado de la detención de la circulación sanguínea y la actividad metabólica residual. (Sánchez Rivera, 2002). Al agotarse el oxígeno tisular, el metabolismo aerobio se interrumpe y se activa la glucólisis anaerobia para obtener energía y el glucógeno se transforma en **ácido láctico**. La acumulación de este metabolito genera un descenso progresivo del pH, el cual se establece como uno de los indicadores críticos, aunque no exclusivo, para monitorear la instauración del rigor mortis. El pH es el indicador clave que nos dice que tan buena esta la carne, por que influye en su apariencia y en la capacidad de retención de agua (León et al., 2017). La rigidez

cadavérica ocurre debido a que el músculo pierde su capacidad de estiramiento cuando el ATP se agota y el ciclo de relajación muscular se detiene y la actina y miosina quedan unidas irreversiblemente en forma de actomiosina. La estructura resultante es rígida y tensa, producto también del equilibrio de fuerzas entre los músculos antagonistas del animal (Andújar et al., 2009). Durante el rigor mortis se dan otra serie de transformaciones físicas y químicas adicionales que impactan la calidad sensorial. La caída del pH no solo altera la coloración del tejido muscular, sino que reduce la solubilidad proteica. Asimismo, se observa una pérdida crítica en la Capacidad de Retención de Agua (CRA), fenómeno derivado de la acidificación del medio y la desnaturalización parcial de las proteínas, lo que compromete la jugosidad final del producto (Domínguez Vara & Ramírez Bribiesca, 2014). Las condiciones de sacrificio y post-sacrificio influyen de manera significativa en diferentes parámetros de calidad de la carne, su análisis físico-químico se vuelve una herramienta diagnóstica clave (Sañudo Astiz & Cañeque Martínez, 2005). Esto permite clasificar la materia prima de manera eficiente, asegurando que cada pieza se utilice en el proceso (fresco o elaborado) donde mejor exprese sus cualidades (Braña et al., 2011). La reducción del azul de metileno evalúa la cantidad de bacterias en la carne y por lo tanto la calidad de su conservación.

2. Objetivo

Evaluar la calidad de la carne fresca de diferentes especies mediante la determinación de parámetros fisicoquímicos, con el fin de establecer su idoneidad para la elaboración de productos cárnicos.

2.1 Descripción de la actividad

Determinar pH, acidez titulable, bases nitrogenadas volátiles totales (BNVT), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de emulsificación (CE) y reducción de azul de metileno.

3. Referencia normativa

NMX-F-317-NORMEX-2013. Alimentos – determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas – método potenciométrico – método de prueba.

NMX-F-362-S-SCFI-2011. Productos de la pesca – determinación de bases volátiles totales – 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.

NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios – productos cárnicos procesados – especificaciones sanitarias – métodos de prueba.

NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

4. Términos y definiciones

Acidez titulable: medida de la cantidad de ácidos presentes en una muestra, determinada mediante una titulación con una base de concentración conocida.

Aforar: acción de ajustar el volumen de un líquido hasta la marca de enrase de un matraz aforado, garantizando un volumen exacto y reproducible.

Alcalinizado: condición de una sustancia o medio que ha sido tratado con álcalis o bases, elevando su pH hacia valores básicos.

Alícuota: porción medida y representativa de una muestra de solución, tomada para análisis o preparación, manteniendo la proporción de sus componentes.

5. Materiales, equipo e instrumentos

- | | |
|---|---|
| ■ Balanza analítica | ■ Bisturí |
| ■ Potenciómetro (calibrado) o tiras reactivas | ■ Vaso de precipitado 100 mL |
| ■ Destilación | ■ Vaso de precipitado 200 mL |
| ■ Placa de calentamiento | ■ Matraz Erlenmeyer de 500 mL |
| ■ Procesador de alimento | ■ Matraz aforado de 500 mL |
| ■ Refrigerador | ■ Matraz aforado de 100 mL |
| ■ Varilla de vidrio | ■ Bureta graduada 50 mL |
| ■ Termómetro | ■ Pipeta 10 mL |
| ■ Agitador (vortex) | ■ Probeta 10 mL |
| ■ Centrifuga | ■ Espátula |
| ■ Licuadora | ■ Colador pequeño o manta cielo |
| ■ Homogenizador | ■ Papel filtro Whatman No. 54 de 110 nm |
| ■ Baño María | ■ Pesa de 2.25 kg |
| ■ Tabla de cortar (plástico o madera) | ■ Baño de hielo |
| ■ Cuchillo | ■ Tubos de centrifuga 30 mL |
| ■ Papel aluminio o charola | ■ Propipeta |
| | ■ Pipetas de 5 mL |
| | ■ Bolsa ziploc 500 ml |

Material biológico

- 200 g de carne fresca (res, pollo, cerdo, pescado, etc.)

Reactivos

- 100 mL Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Gotas de fenolftaleína
- 100 mL ácido clorhídrico (HCl) 0.01 N
- 10 mL NaOH 20 %
- Agua destilada
- Azul de metileno
- 500 mL Cloruro de sodio (NaCl) 1.0 M
- 50 mL Cloruro de sodio (NaCl) 0.6 M
- 100 mL ácido perclórico (HClO_4) al 6 % p/v
- 500 mL aceite de maíz
- 5 gomas de antiespumante siliconado TC-10 o similar
- Gotas de indicador Shiro Tashiro (en su defecto disolver 2g de rojo de metilo y 1 g de azul de metileno en 1000 mL de etanol al 95 %)

6. Procedimiento

Preparación de la muestra

En caso de ser necesario limpiar la carne de hueso y grasa visible y dividir la carne en dos partes, moler una de las mitades en un procesador de alimentos y guardar ambas porciones en bolsas ziploc y poner en refrigeración a 2 °C si no se utiliza.

6.1 Determinación de pH por punción

- Realiza una incisión superficial con un bisturí estéril en el músculo e introduce el electrodo del potenciómetro en una zona del músculo que se encuentre libre de grasa y de tejido conjuntivo con la finalidad de garantizar una medición más precisa.
- Asegúrate que el potenciómetro esté calibrado con soluciones reguladoras de referencia de pH 4 y pH 7.
- Registre la lectura del pH una vez que el potenciómetro se estabilice.
- Realice la medición por triplicado para obtener un promedio y asegurar la representatividad de la medición, insertando el electrodo en diferentes puntos de la carne.

6.2 Procedimiento para la medición de pH en músculo por homogenización

Preparación de la muestra

1. Pesar 3 g de músculo, libre de tejido conjuntivo y grasa visible.
2. Llevar la muestra a un vaso de precipitado de 100 mL y adicionar 15 mL de agua destilada.
3. Utilizar un homogeneizador para mezclar la muestra con el agua destilada durante 30 segundos aproximadamente, hasta obtener una suspensión homogénea.

Medición del pH

1. Insertar el electrodo del pH-metro en la suspensión y registrar la lectura una vez que el potenciómetro se estabilice.
2. Realizar la lectura del pH, ya que este puede cambiar rápidamente.
3. Realizar la lectura por triplicado, para asegurar la obtención de un promedio representativo y la fiabilidad de los resultados.

Consideraciones adicionales:

- Es fundamental utilizar agua destilada para evitar la introducción de iones que puedan alterar la medición del pH.
- La rapidez en la medición de pH después de la homogenización es crucial para obtener resultados precisos y confiables.
- La limpieza y calibración del potenciómetro garantiza la exactitud de las mediciones.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada cada vez que realice mediciones.

6.3 Determinación de acidez titulable

Preparación de soluciones de trabajo

Solución NaOH 0.1 N: Pesar 4 g de NaOH, disolver en 500 mL de agua destilada y aforar a 1000 mL (almacenar en frasco de vidrio o plástico bien tapado).

Procedimiento

1. Pesar con precisión 10 g de la muestra de carne.
2. Transferir la muestra a un vaso de licuadora.
3. Añadir 200 mL de agua destilada.
4. Homogeneizar 1 minuto para una distribución uniforme.
5. Filtrar la mezcla en una manta de cielo o gasa.

6. Eliminar el exceso de tejido conectivo y obtener un filtrado limpio.
7. Recibir el filtrado en un matraz aforado de 250 mL.
8. Aforar el matraz con agua destilada asegurando una dilución precisa.
9. Transferir una alícuota de 25 mL del filtrado a un matraz Erlenmeyer de 125 mL.
10. Adicionar 75 mL de agua destilada al matraz Erlenmeyer para diluir la alícuota.
11. Adicionar 2 gotas de fenolftaleína como indicador y agitar suavemente para mezclar la solución.
12. Titular con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N hasta la aparición de un color rosa pálido lo que indica el punto final de la titulación. Realizar por triplicado para obtener resultados precisos y confiables.

Blanco:

- Preparar un blanco con 100 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 125 mL y 2 gotas de fenolftaleína.
- Titular el blanco con NaOH 0.1N, este se utiliza para corregir cualquier acidez presente en el agua destilada o en los reactivos.

Consideraciones adicionales:

- Emplear exclusivamente agua destilada en la preparación de disoluciones para evitar la introducción de iones que puedan alterar la medición.
- La precisión en el pesaje de la muestra y en el aforo del matraz es fundamental para minimizar los errores sistemáticos en ambas operaciones críticas.
- La velocidad de la titulación deberá ser lenta cerca del punto final, para no sobrepasar el cambio de color.
- El punto final de la titulación debe ser un color rosa pálido persistente durante al menos 20 segundos.
- El reporte analítico se expresa como porcentaje de ácido láctico o como mg de ácido láctico por 100 g de muestra.

6.4 Determinación de bases nitrogenadas volátiles totales por destilación (BNVT)

Preparación de soluciones

- **Solución ácido perclórico 6%:** Colocar 800 mL de agua destilada en un matraz aforado de 1000 mL, con precaución agregar lentamente 51.3 mL de HClO_4 y agitar suavemente, enazar hasta 1000 mL con agua destilada,

homogeneizar y transferir a un frasco de vidrio ámbar. Se recomienda mantener en un lugar fresco y ventilado, esta solución tiene un tiempo de vida útil hasta 30 días.

- I **Solución NaOH 20 % p/v:** Colocar 800 mL de agua destilada en un vaso de precipitados y agregar 200 g de NaOH en pequeñas porciones (realizarlo en frío), homogenizar y aforar a 1000 mL. Se sugiere conservar en un frasco de plástico o vidrio bien cerrado, almacenar en un lugar fresco y seco 15 – 25 °C, el tiempo de vida útil es hasta 30 días.
- I **Solución ácido bórico 3 % p/v:** Colocar 800 mL de agua destilada en un matraz aforado de 1000 mL, añadir lentamente 30 g de ácido bórico en polvo, agitar hasta la completa disolución, aforar a 1000 mL con agua destilada. Conservar en un frasco de vidrio o plástico bien cerrado para evitar la evaporación, almacenar en un lugar fresco y seco 15 – 25 °C, el tiempo de vida útil de esta disolución es máximo de 30 días.
- I **Solución indicadora Shiro Tashiro:** Disolver 0.2 g de rojo de metilo en 60 mL de alcohol etílico y aforar a 100 mL con agua destilada (solución 1). Disolver 0.2 g de azul de metileno y aforarlos a 100 mL con agua destilada (solución 2). Prepara solución 2:1 mezclando 2 partes de la solución 1 con una parte de la solución 2.
- I **Ácido clorhídrico 0.01 N:** Añadir 900 mL de agua destilada en un matraz aforado, agregar lentamente 0.83 mL HCl, aforar a 1000 mL con agua destilada y homogenizar. Se recomienda almacenar en un frasco ámbar bien tapado.

Procedimiento

1. Triturar la muestra y pesar con precisión 10 g de carne triturada en un vaso de precipitado.
2. Añadir 90 mL de solución de ácido perclórico al 6%.
3. Homogenizar durante 2 min con un agitador.
4. Filtrar el extracto obtenido y que puede guardarse menos de 7 días a temperatura entre 2 y 6 °C.
5. Colocar 50 mL de extracto obtenido en la destilación al vapor y añadir gotas de fenolftaleína para comprobar que el extracto este alcalinizado.
6. Añadir algunas gotas de agente antiespumante de silicona
7. Incorporar 6.5 mL de solución NaOH al 20 % e iniciar la destilación al vapor.
8. Nota: El ácido perclórico y el NaOH son altamente corrosivos por lo que debe manipularse con precaución.

- Colocar en la salida del equipo un matraz Erlenmeyer que contenga 100 mL de solución de ácido bórico al 3 % (p/v) y adicionar 3 a 5 gotas del indicador Shiro Tashiro.
- Llevar a destilación.
- La destilación debe detenerse cuando se obtenga un volumen aproximado de 200 mL de líquido en el Erlenmeyer.
- Retirar el tubo de salida del recipiente y lavarlo con agua.
- Titular las bases nitrogenadas volátiles contenidas en la solución receptora con ácido clorhídrico 0.01 N.
- Ajustar la titulación hasta alcanzar un pH final cercano a 5.0. Paralelamente, preparar un blanco sustituyendo el extracto por 50 mL de solución de ácido perclórico.
- En caso de no disponer del equipo de destilación, realizar la prueba de titulación conforme a la norma Secretaría de Economía (NMX-F-362-SCFI-2011).

6.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

Preparación de soluciones

Solución NaCl 0.6 M: Pesar 17.53 g de NaCl y disolver en 200 mL de agua destilada, agitar hasta su disolución y aforar a 500 mL. Se recomienda conservar en frasco de vidrio o plástico para evitar evaporación, almacenar a temperatura ambiente 15 – 25 °C. El tiempo de vida útil es hasta 30 días.

Procedimiento

6.5.1. Método de compresión

- Pesar con precisión 0.3 g de carne sin grasa y sin tejido conjuntivo, sobre papel filtro previamente pesado.
- Colocar la muestra sobre papel filtro, doblarlo a la mitad y someterlo a compresión entre dos placas aplicando una pesa de 2.25 kg durante 5 minutos.
- Transcurrido el tiempo, retirar la muestra y pesar nuevamente el papel filtro.
- Calcular el resultado por diferencia de peso.
- Realizar la determinación por triplicado

6.5.2. Método de cocción

1. Pesar 2 g de carne sin grasa, ni tejido conjuntivo y colocar en un tubo de centrifuga previamente pesado.
2. Introducir en Baño maría a 100 °C durante 20 min.
3. Retirar del baño y enfriar a temperatura ambiente.
4. Eliminar el agua expulsada por la carne y se pesar.
5. La cantidad de agua expulsada corresponde a la diferencia entre el peso inicial de la carne y el obtenido tras el tratamiento de cocción.

6.5.3. Método de centrifugación

Procedimiento

1. Colocar 5 g de carne molida en tubos para centrifuga con 8 mL (volumen inicial) de solución de NaCl 0.6 M, se agita con varilla de vidrio durante 1 min
2. Colocar los tubos en baño de hielo durante 30 min.
3. Transcurrido el tiempo agitar durante 1 min con varilla de vidrio
4. Centrifugar durante 15 min a 10 000 rpm.
5. Recoger el sobrenadante por decantación y medir el volumen final
6. Resta del volumen inicial del final.

6.6 Capacidad de emulsificación (CE)

Preparación de soluciones

Solución NaCl 1 M: Disolver 29.22 g de NaCl en 200 mL de agua y aforar a 500 mL con agua destilada y homogeneizar. Se recomienda conservar en frasco de vidrio o plástico. Almacenar a temperatura 15 – 25 °C ó en refrigeración 4°C en caso de requerir en periodos prolongados. El tiempo de vida útil es hasta de 30 días, aunque se recomienda utilizar soluciones frescas.

Procedimiento

1. En una licuadora (se puede usar un homogeneizador), mezclar 25 g de carne molida con 100 mL de solución fría de NaCl 1 M hasta obtener un homogenizado uniforme.
2. Colocar 12.5 mL del homogeneizado en un vaso de precipitado y añadir 37.5 mL de solución fría de NaCl 1 M. Llevar a la licuadora y mezclar durante 3 minutos a baja velocidad.

- Manteniendo la licuadora en funcionamiento, agregar 50 mL de aceite de maíz (u otro aceite vegetal) hasta que ocurra la ruptura de la emulsión.
- Realizar la determinación por triplicado y expresar los resultados como cantidad de aceite emulsionado por gramo de muestra de carne.

6.7 Reducción de azul de metileno

Preparación de soluciones

Solución azul de metileno: Pesar 0.1 g de azul de metileno y disolver en 50 mL de agua destilada, agitar hasta que se disuelva, aforar a 100 mL con agua destilada. Conservar en frasco ámbar bien cerrado y almacenar a 15 – 25 °C. El tiempo de vida útil de 30 días.

Procedimiento

- Colocar 5 g de carne o producto cárnico previamente homogeneizado en un matraz Erlenmeyer.
- Añadir 50 mL de agua a 40 °C y 1 mL de solución de azul de metileno, mezclando suavemente.
- Colocar la mezcla en un baño a 45 °C para mantener la temperatura constante.
- Registrar el tiempo que tarda en desaparecer la coloración. Si la decoloración ocurre en menos de una hora nos indica que la muestra presenta signos de alteración.

7. Calculo

7.1 Acidez titulable

$$\% \text{ Ac. láctico} = \frac{(V-V_b) (N \text{ del NaOH}) (mEq \text{ ácido láctico}) (fd)}{M} \times 100$$

Donde:

V= volumen de NaOH gastado en la muestra

V_b= volumen de NaOH gastado en el blanco

N= normalidad del NaOH

fd= factor de dilución (1:10)

mEq ac. Láctico=0.09 g

M= peso de la muestra

7.2 Bases Nitrogenadas Volátiles Totales por Destilación (BNVT)

$$\text{BNVT} = \frac{(V1 - V0) \times 0.14 \times 2 \times 100}{M}$$

Donde:

V1 = volumen en ml de solución de clorhídrico 0.01 N por muestra.

V0 = volumen en ml de solución de ácido clorhídrico 0.01 N para el blanco

M = peso de la muestra

7.3 Capacidad de retención de agua (CRA)

Método de compresión

$$\% \text{ jugo liberado} = \frac{(\text{peso final del papel filtro} - \text{Peso inicial del papel filtro})}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Método de cocción

mL de NaCl 0.6 M retenidos por 100 g de carne = $(8 \text{ ml} - \text{ml recuperados en el sobrenadante}) \times 100 / 5 \text{ g}$

8. Expresión de resultados

8.1 pH

Los resultados se expresan en términos de valores numéricos que indican la acidez o alcalinidad de la carne.

pH = 5.4 – 6.0 es el rango normal de carne fresca de buena calidad.

8.2 Acidez titulable

Los resultados se expresan en término de miliequivalentes (mEq) de ácido láctico por cada 100 g de muestra (mEq ácido láctico / 100 g) o como porcentaje de ácido láctico (% ácido láctico).

Acidez titulable = 0.10–0.20 mEq ácido láctico / 100 g es el Rango permisible de carne fresca de buena calidad.

8.3 Bases Nitrogenadas Volátiles Totales por Destilación (BNVT)

Los resultados se expresan en miligramos de nitrógeno por cada 100 g de carne (mg N / 100 g)

BNVT = < 15 mg N / 100 g es el límite permisible para carne fresca de buena calidad.

8.4 Capacidad de retención de agua (CRA)

Los resultados se expresan como porcentaje (% CRA), el cual indica la cantidad de agua que la carne es capaz de retener después de someterse a presión o centrifugación.

CRA = > 65 % es el límite permitido de carne de buena calidad.

8.5 Capacidad de emulsificación (CE)

Los resultados se expresan en términos de mililitros de fase emulsionada por gramo de proteína (ml / g proteína) ó como índice de emulsificación en porcentaje (%).

CE = > 180 ml / g proteína

CE = > 80 % es el límite permitido para carne de buena calidad.

8.6 Reducción de azul de metileno

Los resultados se expresan en términos de minutos u horas indicando la velocidad de reducción del colorante.

Raz = > 5 horas es el límite para carne fresca de buena calidad.

9. Interpretación de resultados

9.1 pH

≤5.4 Carne posiblemente acidificada, puede indicar deterioro o una rápida conversión del glucógeno post-mortem.

5.4 y 5.8 Rango considerado normal para carne fresca de buena calidad.

≥ 6.0 Puede indicar contaminación microbiológica o estrés en el animal previo al sacrificio.

9.2 Acidez titulable

0.10–0.20 mEq ácido láctico / 100 g. Indica carne fresca de buena calidad.

>0.25 mEq ácido láctico / 100 g. Sugiere posible inicio de deterioro.

>0.30 mEq ácido láctico / 100g. Indica deterioro avanzado o descomposición.

9.3 Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT)

≤ 15 mg N / 100 g. Indica carne fresca de buena calidad

15 – 25 mg N / 100 g. Corresponde a carne en estado de conservación aceptable, con posible inicio de deterioro

≥ 25 mg N / 100 g. Indica carne en mal estado, probable descomposición.

9.4 Capacidad de retención de agua (CRA)

≥ 65 %. Alta capacidad de retención de agua; indica carne de buena calidad.

55–65 %. Capacidad de retención de agua moderada, carne con condición aceptable.

≤ 55 %. Baja capacidad de retención de agua, asociada a carne de menor calidad, posible deterioro o estrés previo al sacrificio del animal.

9.5 Capacidad de emulsión (CE)

≥180 mL / g proteína (80 %). Con alta capacidad de emulsificación, carne de buena calidad

150–180 mL / g de proteína (70–80 %). Con capacidad de emulsificación moderada, carne aceptable.

≤150 mL / g proteína (< 70 %). Con baja capacidad de emulsificación, carne de menos calidad o deterioro proteico.

9.6 Reducción de azul de metileno

≥5 horas. Indica carne fresca de buena calidad, con baja carga microbiana

3 – 5 horas. Carne aceptable, con posible inicio de actividad bacteriana

≤3 horas: refleja alta actividad bacteriana, carne en posible deterioro

10 Interferencias

10.1 pH

- Temperatura de la muestra: Un potenciómetro calibrado a temperatura ambiente puede generar lecturas erróneas si la carne está caliente o demasiado fría.

- Contaminación cruzada: la presencia de residuos de soluciones anteriores genera resultados erróneos.
- Electrodo sucio o dañado: puede afectar la precisión de la lectura.
- Tiempo de post – mortem: Los cambios bioquímicos en la carne pueden modificar el pH al largo del tiempo.

10.2 Acidez titulable

- Presencia de otros ácidos orgánicos o compuestos volátiles: Puede alterar la medición del ácido láctico.
- Uso incorrecto de fenolftaleína: Un exceso o deficiencia en la cantidad usada afecta el punto final de la titulación.
- Evaporación de los compuestos volátiles: Si la muestra no se analiza rápidamente, puede haber pérdida de acidez.
- Errores en la concentración del NaOH: Soluciones no valoradas pueden afectar la titulación.

10.3 Bases Nitrogenadas Volátiles Totales (BNVT) por destilación

- Presencia de aminas no proteicas: Compuestos como la urea pueden contribuir a valores elevados de BNVT.
- Tiempo de almacenamiento: A mayor tiempo, especialmente en condiciones inadecuadas, aumenta la formación y volatilización de bases nitrogenadas.
- pH inadecuado: Un pH elevado puede favorecer la formación de amoníaco, alterando los resultados de la medición.
- Contaminación microbiana: Microorganismos proteolíticos pueden degradar proteínas y aumentar artificialmente los niveles de BNVT.

10.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

- Método de medición empleado: cada uno de los diferentes métodos (compresión, cocción o centrifugación) pueden dar valores ligeramente distintos.
- pH de la carne: Valores de pH muy bajo (< 5.4) disminuyen la capacidad de retención de agua.
- Tiempo de post – mortem: La maduración y envejecimiento de la carne puede modificar la CRA.
- Presencia de aditivos: La adición de sal y fosfatos puede aumentar la retención de agua.

10.5 Capacidad de Emulsificación (CE)

- Tipo y cantidad de grasa en la carne: grasas oxidadas o en exceso pueden alterar la emulsión.
- Temperatura de la emulsión: Temperaturas elevadas desestabiliza la emulsión.
- Calidad de las proteínas: proteínas degradadas afectan la formación de la emulsión.
- Fuerza de homogenización: La emulsificación inadecuada genera resultados inconsistentes.

10.6 Reducción de Azul de Metileno

- Carga microbiana inicial: La presencia de bacterias resistentes pueden alterar el tiempo de reducción y la frescura de la carne.
- Concentración del reactivo: una preparación inadecuada de la solución puede retardar la decoloración, generando resultados erróneos.
- Temperatura de incubación: Temperaturas no controladas puede alterar la actividad bacteriana y afectar el tiempo de reducción.

11 Control de calidad

- Norma ISO 17025: Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.
- Capacitación del personal: analistas con formación en técnicas de laboratorio y buenas prácticas.
- Equipos calibrados y certificados: uso de instrumentos verificados regularmente (potenciómetros, termómetros, balanzas, destiladores, tituladores, etc.).
- Registros y trazabilidad: documentación de cada análisis, incluyendo lotes de reactivos, condiciones ambientales y resultados.

12 Bioseguridad

Medidas generales de bioseguridad

- Limpieza y desinfección de superficies, equipos y áreas de trabajo antes y después del uso.
- Eliminación adecuada de residuos y tratamiento de desechos biológicos y químicos.

- ▮ Control de temperatura y humedad para evitar la proliferación de microorganismos en muestras y ambiente

Equipo de protección personal

- ▮ Bata de laboratorio de impermeable y de manga larga.
- ▮ Guantes desechables para manipulación de muestras
- ▮ Mascarilla o cubrebocas para evitar la inhalación de partículas o aerosoles.
- ▮ Gafas de seguridad en caso de manipulación de sustancias químicas.
- ▮ Calzado cerrado y antideslizante.

Manipulación segura de muestras de carne

- ▮ Evitar el contacto directo con la carne sin guantes.
- ▮ Usar instrumental esterilizado (pinzas, bisturís, cuchillos).
- ▮ Almacenar las muestras en refrigeración (0-4 °C) hasta su análisis.
- ▮ Evitar la exposición prolongada de la carne al aire para minimizar contaminación.

Manejo de sustancias químicas y reactivos

- ▮ Almacenamiento seguro en gabinetes adecuados (ácidos, bases, solventes, etc.).
- ▮ Manipulación con guantes y gafas de seguridad.
- ▮ Rotulación clara de todos los reactivos con fecha de apertura y caducidad.
- ▮ Uso de campana extractora para reactivos volátiles.

Eliminación y gestión de residuos

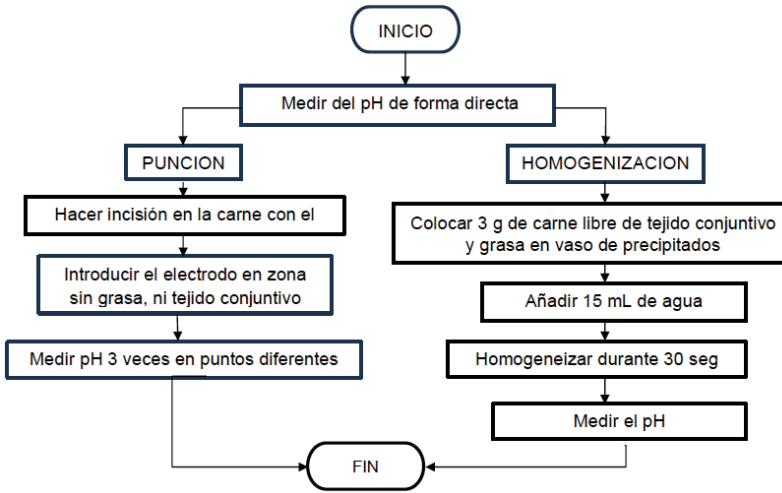
- ▮ Desechos biológicos (carne, tejidos, etc.): deben ser almacenados en bolsas rojas y desechados según la normativa correspondiente.
- ▮ Residuos químicos (ácidos, bases, solventes, etc.): deben ser neutralizados o enviados a tratamiento especializado.
- ▮ Material de un solo uso (guantes, gasas, tubos, etc.): se descartan en contenedores especiales.

Procedimiento en caso de accidentes

- ▮ Derrames biológicos: limpiar con desinfectante y usar equipo de protección.
- ▮ Derrames químicos: neutralizar según el reactivo involucrado y ventilar el área.
- ▮ Contacto con ojos o piel: enjuagar con abundante agua por 15 min y buscar atención medica si es necesario.

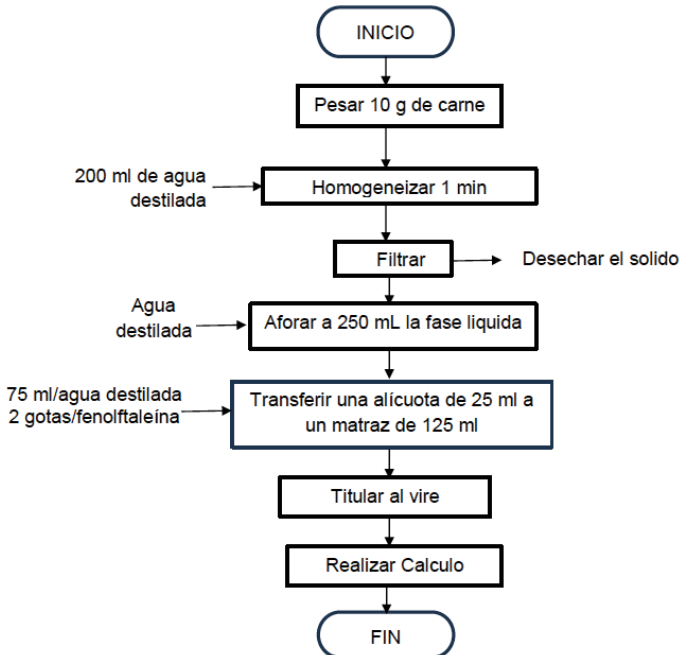
13. Apéndice

Figura 1.1 Determinación de pH.



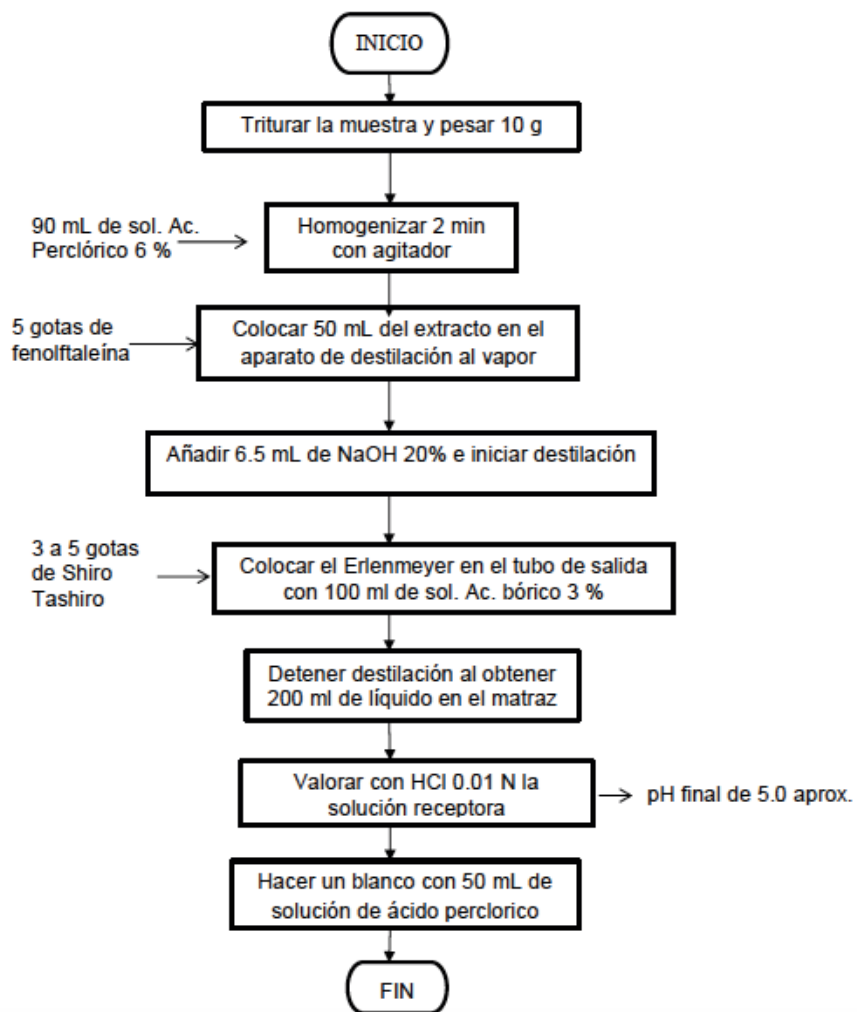
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.2 Determinación de acidez titulable.



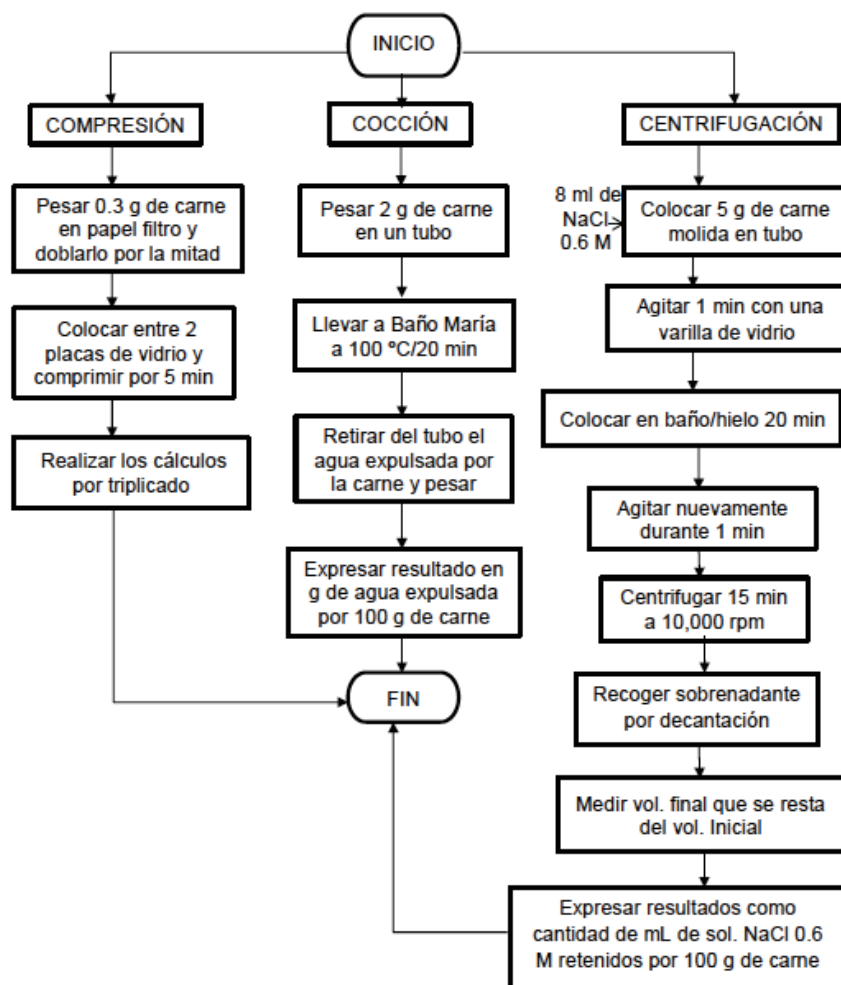
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.3 Determinación de BNVT por destilación.



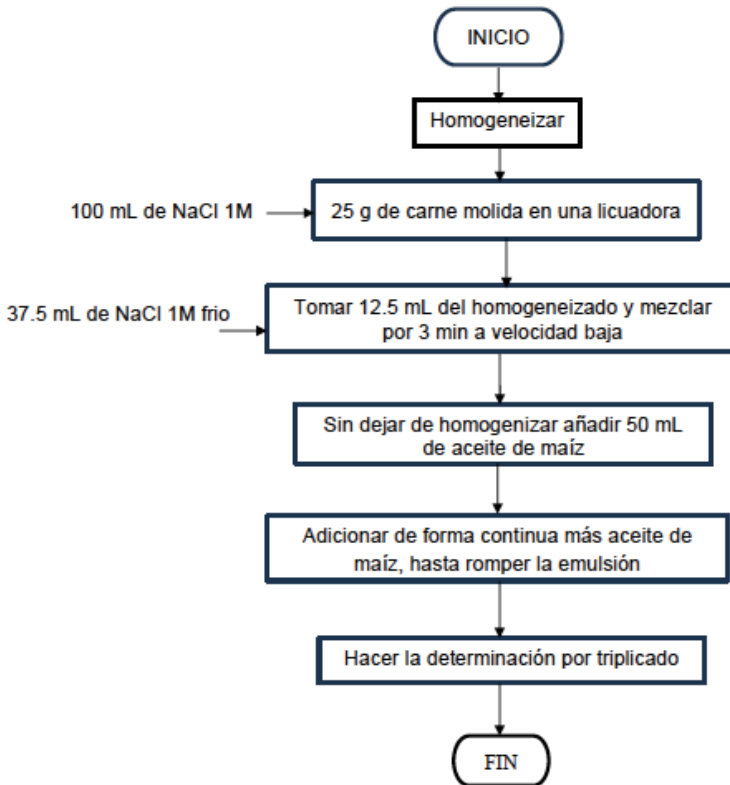
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.4 Determinación de capacidad de Retención de Agua.



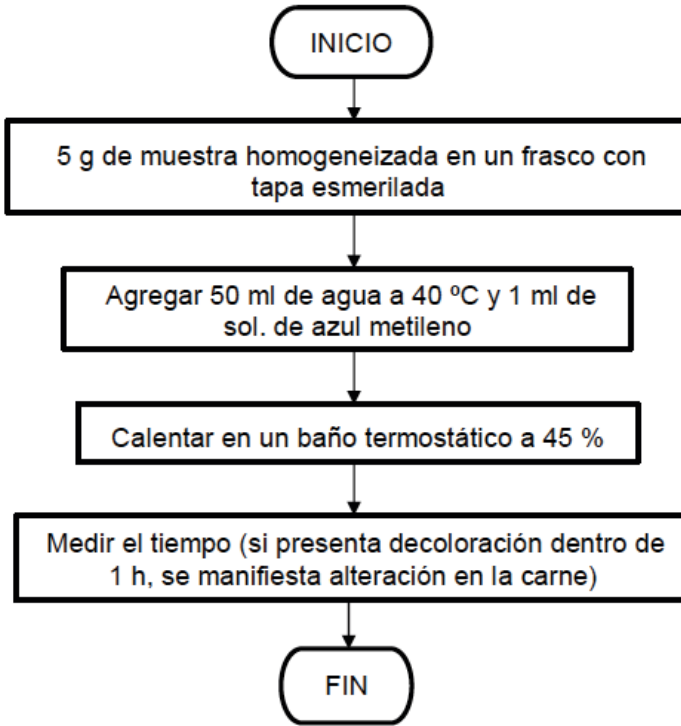
Fuente: Elaboración propia

Figura 1.5 Determinación de capacidad de emulsificación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.6 Determinación de reducción de azul de metileno.



Fuente: Elaboración propia

PRÁCTICA 2. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINACIÓN DE COLOR EN CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS

1. Introducción

El color de la carne fresca es un indicador esencial de calidad y frescura, influenciado principalmente por el contenido y estado químico de la mioglobina, un pigmento hemo presente en el tejido muscular (Dorado Martín, 2023). La mioglobina puede encontrarse en tres formas principales: deoximioglobina (rojo púrpura), oximioglobina (rojo brillante) y meta mioglobina (marrón), cuyo predominio depende de factores como el pH, exposición al oxígeno, temperatura y tiempo de almacenamiento (Braña et al., 2011). Estas formas determinan visualmente el grado de frescura de la carne, y su análisis se realiza comúnmente por métodos espectrofotométricos o evaluación visual estandarizada (Sañudo Astiz & Cañeque Martínez, 2005).

2. Objetivo

Evaluar la calidad de la carne fresca de diferentes especies de animales mediante la determinación de sus características de color en base al color empleando técnicas espectrofotométricas, con el fin de establecer su idoneidad para su transformación en productos cárnicos derivados.

2.1 Descripción de la actividad

Determinar el color presente en muestras de carne fresca de diferentes animales.

3. Referencia normativa

NOM-004-SAGARPA-2018. Carne de bovino – clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo

4. Términos y definiciones

Alteración: conjunto de cambios físicos, químicos o microbiológicos que deterioran la calidad, seguridad e inocuidad de un alimento, haciéndolo inaceptable para el consumo.

Canal: cuerpo del animal de abasto después del sacrificio y eviscerado, desprovisto de cabeza, extremidades, piel y vísceras, destinado a procesos de despiece o elaboración de productos cárnicos.

Deoxiomioglobina: forma reducida de la mioglobina que contiene hierro en estado ferroso (Fe^{2+}) sin oxígeno unido. Se asocia con el color púrpura característico de carne recién cortada o almacenada en ausencia de oxígeno.

Meta mioglobina: Es la forma oxidada de la mioglobina en la que el hierro se encuentra en estado férrico (Fe^{3+}). Se asocia con la aparición de color marrón en la carne y con la disminución de su frescura y calidad visual.

Mioglobina: proteína muscular globular que contiene un grupo hemo con hierro, cuya función principal es almacenar y transportar oxígeno en el tejido muscular. Es responsable del color característico de la carne.

Oxiomioglobina: Es la forma oxigenada de la mioglobina, en la cual el hierro ferroso (Fe^{2+}) está unido a una molécula de oxígeno. Se asocia con el color rojo brillante típico de la carne fresca expuesta al aire.

5. Materiales, equipo e instrumentos

- I Balanza
- I Espectrofotómetro
- I Espectrofotómetro de reflectancia
- I Celdas de cuarzo
- I Embudo de tallo corto
- I Licuadora
- I Piseta
- I Gasa o manta de cielo
- I Papel Whatman No. 1
- I Probeta de 100 mL
- I Vidrio de reloj
- I Vaso de precipitado de 500 mL

Material biológico

- I 200 g de carne fresca (res, pollo, cerdo, pescado, etc.)

Reactivos

- I Agua destilada

6. Procedimiento

Preparación de la muestra

- I En caso de ser necesario limpiar la carne de hueso y grasa visible

6.1 Determinación de color por espectrofotometría de reflectancia

1. Cortar la muestra de carne en porciones con un grosor de 2 cm y dejar la muestra sobre el vidrio de reloj
2. Exponer la muestra al aire para que esta se oxigene durante 30min en refrigeración (2 a 4 °C).
3. Calibrar el colorímetro con los mosaicos blanco y negro, seleccionando una apertura de 2.5 cm iluminante D65 y observador estándar 10°.
4. Colocar la muestra en el porta muestras asegurando que la carne tape toda la superficie del mismo.
5. Realizar la medir por cuadruplicado rotando el 90° en cada determinación.

6.2 Determinación de color por espectrofotometría de absorción

1. Cortar la muestra de carne en porciones con un grosor de 2 cm y dejar la muestra sobre el vidrio de reloj
2. Homogenizar 10 g de muestra de carne con 90 mL de agua destilada en una licuadora.

3. Filtrar el homogenizado a través de gasa o manta cielo para eliminar el exceso de tejido conectivo y posteriormente a través de papel filtro Whatman del N.º 1
4. Transferir el filtrado en una celda de espectrofotómetro y registrar el espectro de absorbancia en el rango de 480 a 650 nm
5. Obtener los valores de absorbancia a 503, 525, 557 y 582 nm, utilizando agua destilada como blanco
6. Calcular el contenido porcentual de mioglobina, oximioglobina y metamioglobina a partir del valor de absorbancias obtenidos.

7. Calculo

7.1 El contenido porcentual de las formas químicas se determina mediante las siguientes ecuaciones

$$\%Mb = 1.594 (A_{557} / A_{525}) + 0.552 (A_{503} / A_{525}) - 0.534 (A_{582} / A_{525}) - 1.329$$

$$\%OMb = 0.722 (A_{582} / A_{525}) - 1.432 (A_{557} / A_{525}) - 1.659 (A_{503} / A_{525}) + 2.599$$

$$\%MetMb = -0.159 (A_{582} / A_{525}) - 0.085 (A_{557} / A_{525}) + 1.262 (A_{503} / A_{525}) - 0.52$$

Donde:

- %Mb= porcentaje de mioglobina
- %OMb= porcentaje de Oximioglobina
- %MetMb= porcentaje de meta mioglobina

8. Expresión de resultados

Los resultados se expresan según el enfoque del análisis, en este caso se expresa como porcentaje relativo de formas químicas de mioglobina:

%Mioglobina: **10 – 30 %**

%Oxiomioglobina: **60 – 80 %**

%Metamioglobina: **< 20 %**

Rango de porcentaje aceptable en carne fresca.

9. Interpretación de resultados

% Deoximioglobina: Color rojo púrpura (sin oxígeno), común en carne recién cortada o envasada al vacío.

% Oxiomioglobina: Color rojo brillante (fresco), ideal para la aceptación del consumidor.

% Metamioglobina: Color marrón debido a la oxidación del hierro hemo, a partir de 20%, los consumidores empiezan a rechazar el producto.

10. Interferencias

- Turbidez o partículas de suspensión: dispersan la luz, simulando una mayor absorción y generar falso positivo.
- Ajuste correcto de blanco o referencia: genera errores sistemáticos en todas las mediciones.
- Oxidación durante el análisis: la exposición al aire puede incrementar la formación de metamioglobina y alterar los resultados.
- pH no controlado: afecta la conformación y espectro de absorción de la mioglobina.
- Contaminación con hemoglobina o citocromos: puede interferir en longitudes de onda similares a las de la mioglobina.
- Tiempo post – mortem: Modifica de manera natural las proporciones de las distintas formas de mioglobina.

11. Control de calidad

Recomendaciones para un análisis confiable, concreto y eficaz

- Utilizar muestras homogéneas y bien preparadas (sin grasa visible, ni líquidos).
- Filtrar o centrifugar correctamente los extractos para mediciones exactas.
- Controlar temperatura, pH y evitar la oxidación durante el análisis.
- Calibrar el equipo con estándares certificados.

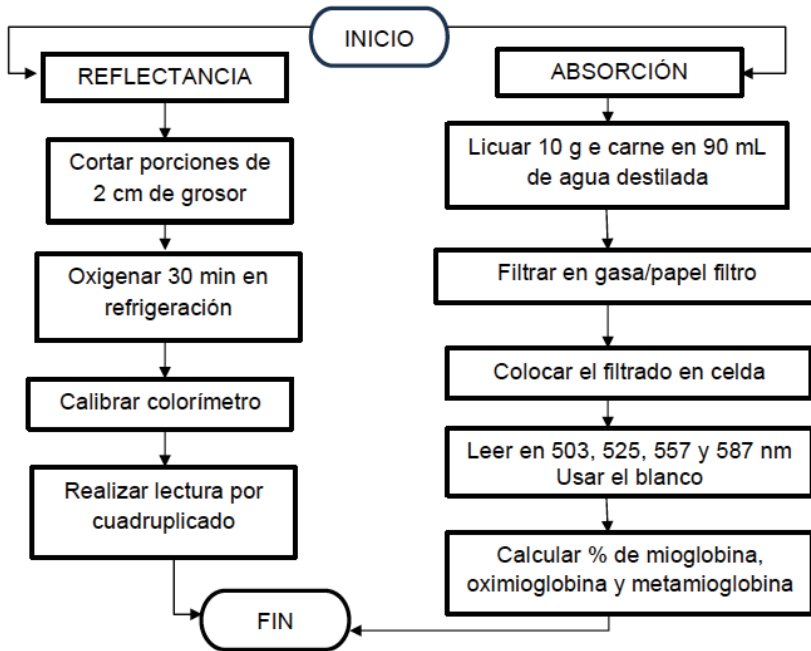
12. Bioseguridad

Medidas generales de bioseguridad

- Limpieza y desinfección: se deben limpiar las superficies, equipos y áreas de trabajo antes y después del uso.
- Eliminación adecuada de residuos: separación y tratamiento de desechos biológicos y químicos.
- Control de temperatura y humedad para evitar la proliferación de microorganismos en muestras y ambiente
- Evitar el contacto directo con la carne sin guantes.

13. Apéndice

Figura 2.1 Determinación de color mediante espectrofotómetro de reflectancia y absorción



Fuente: Elaboración propia

PRÁCTICA 3. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINACIÓN DE TEXTURA EN CARNE Y PRODUCTOS

1. Introducción

La textura de la carne es un atributo sensorial clave en la calidad de la carne, estrechamente relacionado con su ternura. La carne puede evaluarse objetivamente mediante técnicas que miden la estructura muscular y la resistencia mecánica al corte (Durán Ramírez, 2006). Para medir la textura de la carne, se utilizan herramientas de análisis físico que cuantifican la fuerza necesaria para deformar o romper el tejido muscular, empleando un texturómetro, con la navaja de Warner Bratzler o la celda de Kramer (Sañudo Astiz & Cañequé Martínez, 2005).

Tres metodologías comúnmente utilizadas son:

- **Tamaño del sarcómero:** mide la longitud de la unidad básica del músculo. Sarcómeros más largos indican menor contracción post mortem y, por tanto, mayor ternura.
- **Índice de fragmentación miofibrilar:** evalúa el grado de desintegración de las miofibrillas mediante absorbancia espectrofotométrica. Un mayor índice refleja una mayor actividad proteolítica y mejor ternura.
- **Análisis de fuerza de corte:** mide la fuerza necesaria para cortar la carne cocida. Es un método instrumental directo y ampliamente aceptado para evaluar ternura.

2. Objetivo

Evaluar la textura de la carne mediante la aplicación de métodos instrumentales y estructurales, como la fuerza de corte, el índice de fragmentación miofibrilar (MFI) y la medición del tamaño del sarcómero, con el fin de determinar su ternura y calidad.

2.1 Descripción de la actividad

Aplicar las metodologías más relevantes para la evaluación de la textura de la carne, así como analizar sus principales ventajas y desventajas, y describir las variaciones de este parámetro entre diferentes especies animales.

3. Referencia normativa

ISO 11036 – 1994. Sensory analysis – Methodology – Texture profile.

American Meat Science Association (AMSA). Research Guildelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat.

4. Términos y definiciones

Índice de fragmentación miofibrilar: parámetro que mide la extensión de la degradación de miofibrillas durante la maduración de la carne. Se utiliza como indicador de la ternura del producto cárnico.

Miofibrillas: estructuras contráctiles alargadas presentes en las fibras musculares, formadas principalmente por proteínas como actina y miosina, responsables de la contracción y propiedades mecánicas del músculo.

Sarcómero: unidad funcional básica de la miofibrilla, delimitada por dos líneas Z, que contienen filamentos de actina y miosina responsables de la contracción muscular.

Tejido conectivo: tipo de tejido que proporciona soporte, resistencia y elasticidad a los músculos. En la carne, su contenido y características afectan la textura y dureza del producto.

5. Materiales, equipo e instrumentos

- I Balanza
- I Microscopio
- I Licuadora u homogeneizador
- I Centrifuga
- I Espectrofotómetro
- I Celdas
- I Texturómetro
- I Papel filtro No. 1
- I Tubo de centrifuga
- I Bisturí
- I Portaobjeto y cubreobjetos
- I Pipetas Pasteur
- I Papel aluminio
- I Pipeta de 10 mL
- I Vaso de precipitado de 50 mL

Material biológico

- I 100 g de carne fresca (res, pollo, cerdo, pescado, etc.) provenientes de distintas especies animales de abasto. La muestra deberá estar libre de tejido conectivo y grasa, y presentar un pH en el rango de 5.5 a 6.

Reactivos

- I Agua destilada
- I Aceite de inmersión
- I Reactivo de Biuret
- I Glutaraldehído al 2.5 %
- I Solución amortiguadora

6. Procedimiento

Preparación de soluciones

- I **Solución amortiguadora:** 100 m KCl, 20 mM fosfato de potasio, pH 7.0 y 1m M de azida de sodio.
- I **Reactivo de biuret:** Disolver 1.5 g de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en 250 ml de agua destilada. Añadir 4.5 g de tartrato de sodio y potasio y 2.5 de ioduro de potasio. Después que se hayan disuelto los sólidos, añadir 50 ml de 6.0 mol/L NaOH y diluir 0.5L con agua destilada.

6.1 Determinación de fuerza de corte

1. Cortar la muestra en cubos uniformes de $1 \times 1 \times 1$ cm.
2. Medir la resistencia al corte utilizando la navaja de Warner-Bratzler acoplada a un analizador de textura(texturómetro), con una velocidad de ensayo de 1 mm/s y una velocidad de retorno de 2 mm/s.

3. Registrar la fuerza máxima necesaria para cortar la muestra al aplicar la carga correspondiente.

6.2 Determinación de índice de fragmentación miofibrilar

1. Homogeneizar 4 g de muestra con 40 mL (p/v) de agua fría (2 °C).
2. Centrifugar el homogeneizado a 1000 rpm durante 15 minutos y separar el sobrenadante, conservando el precipitado.
3. Re suspender el precipitado en 5 volúmenes (p/v) de solución amortiguadora (agregar 5 mL de solución por cada gramo de precipitado) y filtrar para eliminar restos de tejido conectivo
4. Repetir el proceso de lavado (resuspensión) un total de cuatro veces.
5. Finalmente, re suspender el sedimento miofibrilar en 5 volúmenes (p/v)
6. Determinar la concentración de proteínas mediante el método de Biuret, ajustando el extracto a una concentración de 0.5 mg/mL en un volumen final de 10 mL.
7. Medir la absorbancia a 540 nm
8. Multiplicar el valor obtenido por 200 y reportarlo por mL de muestra

6.3 Determinación de tamaño de sarcómero

1. Realiza una incisión con ayuda de un bisturí y cortar muestras de 3 × 3 × 2 cm, por triplicado.
2. Sumergirlas en una solución de glutaraldehído al 2.5 % al menos 6 horas para su fijación.
3. Separar las fibras de las muestras y colocarlas en el portaobjetos
4. Añadir de 2 a 3 gotas de agua destilada utilizando una pipeta Pasteur.
5. Colocar un cubreobjetos sobre la muestra humedecida y adicionar una gota de aceite de inmersión sobre el cubreobjetos.
6. Observar la preparación en el microscopio a 100X
7. Capturar la imagen mediante un analizador de imágenes y proceder a la medición de la longitud del sarcómero.

7. Calculo

Determinación de fuerza de corte (Fc)

Los resultados se calcular de acuerdo con la medición de la fuerza máxima (N) al atravesar la muestra con la cuchilla del texturómetro.

Fuerza de corte promedio= $(34+36+32+35) / 4 = 34.25$ N

Determinación de índice de fragmentación miofibrilar

Los resultados se calculan de acuerdo con el valor de absorbancia el cual es el índice de fragmentación miofibrilar.

$A_{540} = 52.3 \rightarrow IFM = 52.3$ (sin unidad)

Determinación de tamaño de sarcómero (Ts)

Para este método los cálculos se determinan mediante la suma de las mediciones entre el número de mediciones realizadas.

$T_s = (1.9 + 2.0 + 1.8 + 2.1 + 2.0) / 5 = 1.96$ μm

8. Expresión de resultados

Análisis de fuerza de corte

Los resultados se expresan mediante las unidades siguientes:

Newton (N) o Kilogramos – fuerza (Kgf)

(1Kgf = 9.8 N)

Índice de fragmentación miofibrilar.

Los resultados se expresan mediante la siguiente forma:

Unidad: Absorbancia a 540 nm (A_{540})

Tamaño del sarcómero

Los resultados se expresan mediante la unidad siguiente:

Micrómetros: μm

9. Interpretación de resultados

Análisis de fuerza de corte

< 3.5 Kgf = Carne muy tierna

3.5 – 4.5 Kgf = Carne moderadamente tierna

> 4.5 Kgf = Carne dura

Índice de fragmentación miofibrilar

< 40 = Baja fragmentación

40 – 50 = Media fragmentación
> 50 = Alta fragmentación, carne tierna

Tamaño del sarcómero

< 1.7 = Carne dura
1.8 – 2.0 = Moderadamente tierna
>2.0 = Carne tierna

10. Interferencias

Análisis de fuerza de corte (Fc)

- ❑ Grosor y forma de la muestra: afecta la uniformidad y comparabilidad de resultados.
- ❑ Cocción inconsistente: cocción desigual puede presentar resultados erróneos en la medición.
- ❑ Velocidad de la cuchilla: velocidades variables pueden alterar la fuerza registrada.
- ❑ Contenido de grasa y colágeno: las grasas ablandan y el colágeno insoluble endurece la carne.
- ❑ Temperatura de la carne al cortar: Las carnes frías tienden a mostrar mayor resistencia.
- ❑ Dirección de las fibras musculares: Cortar perpendicular a la fibra para no sobrestimar los resultados.

Índice de fragmentación miofibrilar (IMF)

- ❑ Tiempo post mortem de la muestra: La fragmentación de las miofibrillas aumenta conforme transcurre el tiempo post mortem, debido a la acción de enzimas proteolíticas, lo que se refleja en valores más altos de IMF.
- ❑ Temperatura de almacenamiento: Temperaturas elevadas favorecen la actividad enzimática y aceleran la proteólisis, incrementando así la fragmentación miofibrilar.
- ❑ Presencia de grasa o tejido conectivo: La presencia de estos componentes puede dificultar el proceso de filtración y generar interferencias en la medición, afectando la precisión de los resultados.
- ❑ Técnica de homogenización: Una homogenización inadecuada puede provocar una fragmentación incompleta de las miofibrillas, subestimando el valor real del IMF.

- ▮ Pureza del buffer de extracción: La presencia de contaminantes en el buffer puede alterar la turbidez o la absorbancia de la muestra, afectando la confiabilidad de los resultados.

Tamaño del sarcómero

- ▮ Cold shortening (enfriamiento rápido post mortem): provoca el acortamiento de los sarcómeros y la carne es más dura.
- ▮ Contracción post mortem incompleta: puede sobreestimar la longitud del sarcómero.
- ▮ Tipo de músculo: músculos con diferente función, tienen sarcómeros de distinta longitud.
- ▮ Orientación de la fibra muscular en el portaobjetos: una orientación inadecuada de las fibras musculares puede generar mediciones incorrectas.

11. Control de calidad

Análisis de fuerza de corte

- ▮ Estandarización de muestras: realizar cortes uniformes en cuanto al tamaño, forma y dirección de las fibras musculares.
- ▮ Calibración del equipo: Antes de cada serie de análisis verificar carga y velocidad de cuchilla.
- ▮ Control de temperatura: medir siempre a temperatura ambiente
- ▮ Replicación: realizar mínimo tres repeticiones por muestra.

Índice de fragmentación miofibrilar IMF

- ▮ Homogenización: tiempo, velocidad y volumen de muestra constantes.
- ▮ Preparación del buffer: fresca y con concentraciones exactas, bajo condiciones libres de contaminación.
- ▮ Filtración uniforme: usar el mismo tipo de tamiz o gasa para todos los ensayos.
- ▮ Espectrofotómetro calibrado: calibración mediante el uso de un blanco y verificación diaria del control de absorbancia.
- ▮ Replicación: realizar al menos un triplicado por muestra.

Tamaño del sarcómero

- ▮ Selección de este músculo en todas las muestras.
- ▮ Fijación rápida del tejido, en el buffer o glutaraldehído para evitar contracción.
- ▮ Orientación de fibras en los portaobjetos: deben colocarse de manera alineadas para evitar mediciones erróneas.

- Microscopio calibrado.
- Mínimo 10 mediciones por muestra, con el fin de obtener un valor promedio representativo.

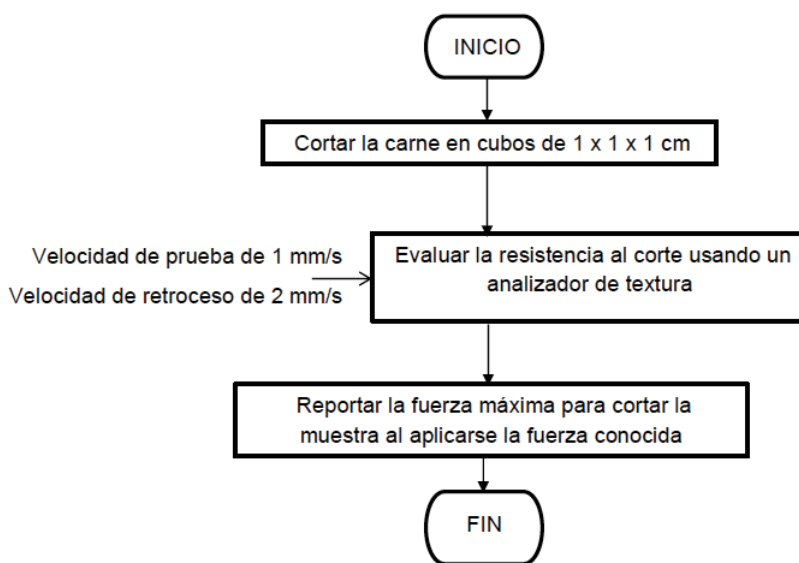
12. Bioseguridad

Medidas generales de bioseguridad

- Se debe evitar el contacto directo con la carne, utilizando guantes desechables.
- Todo material instrumental debe estar previamente esterilizado (pinzas, bisturíes, cuchillos).
- Las muestras deben mantenerse en refrigeración (0-4 °C) hasta el momento de su análisis.
- Evitar la exposición prolongada de la carne al aire ya que favorece la contaminación y alteración de sus propiedades.

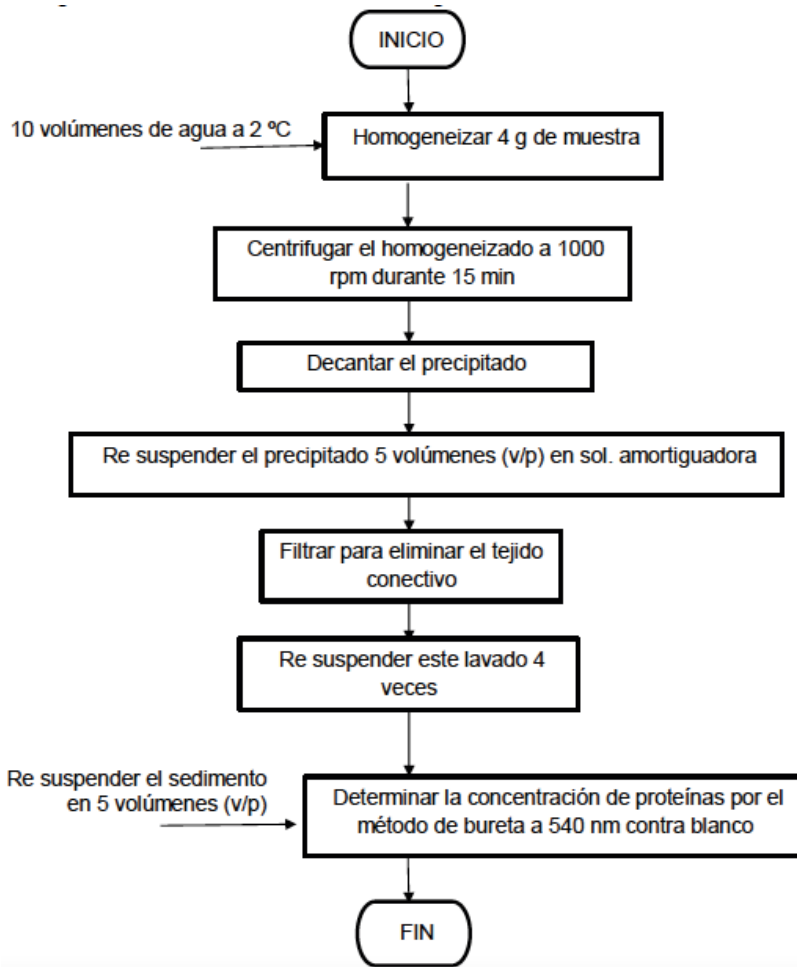
13. Apéndice

Figura 3.1 Determinación de fuerza de corte



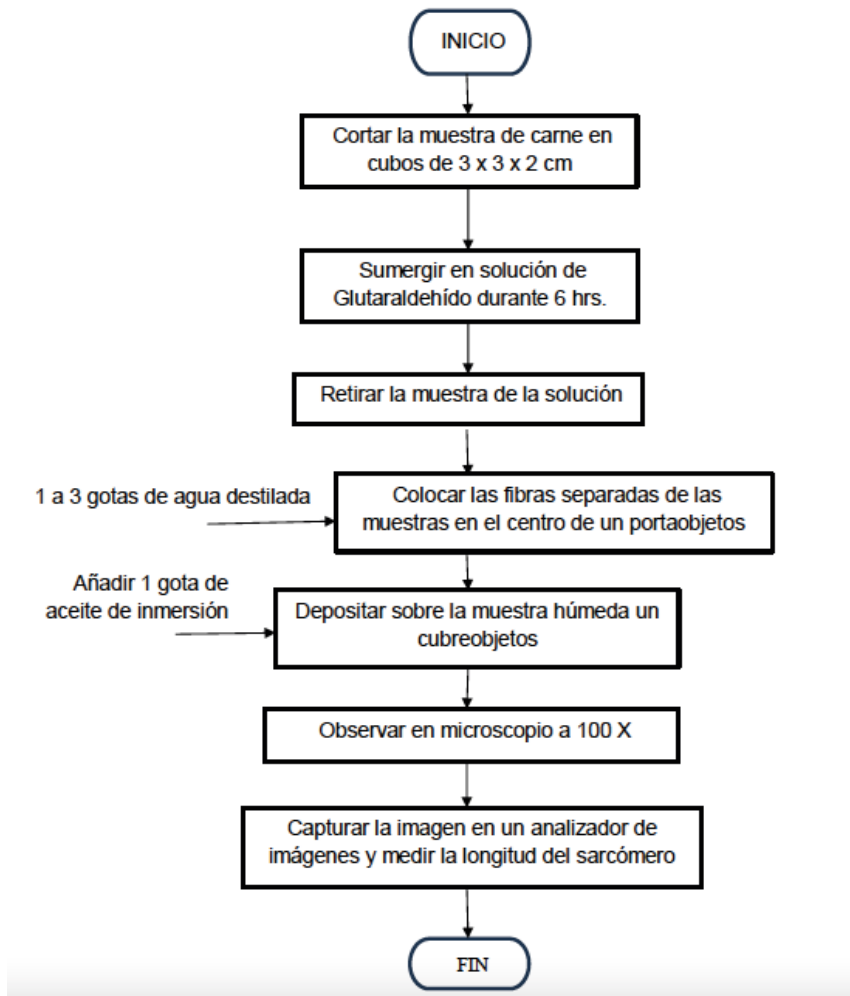
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2 Determinación de índice de fragmentación miofibrilar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3. Tamaño del sarcómero



Fuente: Elaboración propia

PRÁCTICA 4. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINACIÓN DE NITRITOS

1. Introducción

Los nitritos (NaNO_2) son compuestos ampliamente utilizados en la industria cárnica como agentes curantes debido a su capacidad para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos especialmente *Clostridium botulinum* (Lugo, 2008). Asimismo, contribuyen a mejorar las características sensoriales de los productos cárnicos, tales como el sabor y color, además de favorecer la estabilidad oxidativa de los productos durante el almacenamiento (Jurado Gámez & Insuasty Santacruz, 2021). La determinación de nitritos en productos cárnicos se realiza comúnmente mediante el método colorimétrico de Griess. Esta técnica es altamente sensible y específica, permitiendo detectar concentraciones muy bajas de nitrito residual en productos cárnicos curados se basa en una reacción química específica:

- En un medio ácido, los nitritos forman ácido nitroso (HNO_2).
- Este reacciona con una amina aromática (sulfanilamida) para formar un compuesto de diazonio.
- El compuesto de diazonio se acopla con N-(1-naftil) etilendiamina, generando un complejo azoico de color rosado, cuya intensidad es proporcional a la concentración de nitrito y se mide por espectrometría (generalmente a 540 nm).

2. Objetivo

Determinar el contenido de sales de nitritos en productos cárnicos derivados mediante un método analítico que permita evaluar su calidad e inocuidad, verificando el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa vigente.

2.1 Descripción de la actividad

Determinar el contenido de sales de nitrito presentes en derivados cárnicos como los embutidos y establecer de acuerdo con la norma correspondiente un límite permisible. Este método es aplicable principalmente en productos cárnicos curados, como jamón, salchichas, chorizo curado, tocino, etc.

3. Referencia normativa

ISO 2918 – 1975. Meat and meat products – determination of nitrite content.

NMX-F-543-1992. Determinación de nitritos en alimentos cárnicos.

NOM-213-SSA1-2018. Productos cárnicos procesados – especificaciones sanitarias – métodos de prueba.

4. Términos y definiciones

Ahumado: proceso de conservación de mejora sensorial de alimentos, en el que los productos, como carnes, se someten a una exposición de humo generado por la combustión controlada de maderas, aportando sabor, aroma, color y efecto antimicrobiano.

Alícuota: porción representativa y medida de una muestra o solución, tomada para realizar un análisis o una preparación sin modificar o alterar la proporción de sus componentes.

Aforar: acción de completar el volumen de un líquido en un matraz aforado hasta la marca de enrase, asegurando de este modo un volumen exacto y conocido.

Curva patrón: representación gráfica que relaciona la respuesta instrumental (como la absorbancia) con concentraciones conocidas de un analito, utilizada para determinar la concentración en muestras desconocidas.

Curado: método de conservación de productos cárnicos mediante la adición de sales, azúcares, nitratos y nitritos, con el fin de mejorar la estabilidad, el sabor y la seguridad microbiológica.

Inhibir: acción de disminuir, retardar o detener un proceso químico, enzimático o microbiológico mediante la presencia de una sustancia o condición específica.

Interpolar: estimar un valor intermedio dentro del rango de una curva o tabla de referencia, utilizando los puntos experimentales conocidos.

Molienda: proceso mecánico de reducción de tamaño de partículas de un material, como la carne, mediante trituración, corte o fricción.

Nitrito de sodio: sal inorgánica (NaNO_2) utilizada como aditivo en productos cárnicos curados. Confiere el color rosado, sabor característico y efecto antimicrobiano, aunque su uso está regulado por posibles riesgos toxicológicos.

Producto cárnico: alimento elabora a partir de carne fresca, picada o procesada, al que pueden añadirse ingredientes, aditivos o métodos de conservación como salado, curado, ahumado o cocción.

Reactivo de Griess: mezcla química utilizada para la detección y cuantificación de nitritos, basada en una reacción de diazotación que produce un compuesto coloreado medible espectrofotométricamente.

5. Materiales, equipo e instrumentos

- I Matraz volumétrico de 250ml
- I Matrazes aforados de 50ml
- I Matraz aforado de 1000ml
- I Pipetas graduadas de 1, 2 y 10ml
- I Vaso de precipitado de 50ml
- I Papel filtro Whatman del N.º 4
- I Varilla de vidrio
- I Mortero
- I Espátula
- I Baño María
- I Balanza analítica
- I Espectrofotómetro
- I Termómetro

Material biológico

50 g de muestra de algún producto cárnico (salchicha, chorizo, jamón, etc.).

Reactivos

- I 2 g de Ácido sulfanílico ($C_6H_7NO_3S$)
- I 200 mL de ácido acético (CH_3COOH) 15%
- I 20 g de Cloruro de mercurio ($HgCl_2$)
- I 1 g de Nitrito de sodio ($NaNO_2$)
- I 0.1 dg de Alfa naftilamida ($C_{10}H_7NH_2$)
- I Agua destilada (suficiente y cantidad necesaria)

6. Procedimiento

Preparación de soluciones

- I **Reactivo de Griess:**
 - a) Disolver 0.5 g de ácido sulfanílico en 150 mL de ácido acético al 15 %.
 - b) Disolver 0.1 g de alfa naftilamida en 20 mL de agua destilada, calentando suavemente, aún caliente adicionar 150 mL de ácido acético al 15 %
 - c) Mezclar ambas soluciones y guardar en frasco ámbar y mantener en refrigeración.
- I **Solución de cloruro de mercurio:** disolver 20 g de cloruro de mercurio en 1 litro de agua destilada.
- I **Solución patrón de nitrito de sodio:** disolver 0.5 g de nitrito de sodio ($NaNO_2$) puro y seco en 1 litro de agua. Diluir 10 mL de esta solución en 1 litro de agua (1 mL = 0.005 mg de $NaNO_2$).

Preparación de la muestra de la curva patrón de nitritos para productos cárnicos curados.

1. Transferir alícuotas de la solución patrón a matraces aforados de 50 mL, en los siguientes volúmenes: 0.0, 0.1, 0.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10, 12, 14, 16, 18 mL
2. Aforar cada matraz hasta 50 mL con agua destilada y mezclar.
3. Agregar 2 mL del reactivo de Griess y mezclar perfectamente
4. Dejar reposar durante 20 minutos para el desarrollo del color.
5. Ajustar el cero del espectrofotómetro UV-Visible utilizando el blanco.
6. Medir la absorbancia de cada solución a una longitud de onda de 520 nm.
7. Construir la curva de calibración graficando la concentración (expresada como mg de NaNO_2) en función de la absorbancia obtenida, o emplear las soluciones patrón para comparación visual.

Preparación de la curva patrón de nitritos para productos cárnicos no curados.

1. Transferir alícuotas de la solución patrón a matraces aforados de 50 mL, en los siguientes volúmenes: 0.0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, y 1.0 ml
2. Aforar cada matraz hasta 50 mL con agua destilada y mezclar.
3. Agregar 2 mL de reactivo de Griess y mezclar perfectamente.
4. Dejar reposar durante 20 minutos para el desarrollo del color.
5. Ajustar el cero del espectrofotómetro UV-Visible utilizando el blanco.
6. Medir la absorbancia de cada solución a una longitud de onda de 520 nm.
7. Construir la curva de calibración graficando la concentración (expresada como mg de NaNO_2) en función de la absorbancia obtenida, o emplear las soluciones patrón para comparación visual.

Preparación de la muestra

1. Retirar la cubierta del producto; en el caso de carnes curadas o ahumadas, separar completamente, en la medida de lo posible, cualquier porción de hueso
2. Someter la muestra a molienda, pasándola rápidamente tres veces a través de un molino de alimentos provisto de placas con aberturas de aproximadamente 3 mm, asegurando una adecuada homogeneización mediante mezcla posterior a cada molienda.
3. Guardar el material molido en recipientes de vidrio o similares con tapas herméticas, para su conservación hasta el momento del análisis.

6.1 Determinación de Nitritos

1. Pesar 2.5 g de muestra previamente picada y transferir a un matraz aforado de 250 mL y agregar 100 mL de agua libre de nitritos (agua destilada).
2. Calentar a 80°C durante 1 hora, agitando continuamente para romper los grumos.
3. Añadir 2.5 mL de solución saturada de cloruro de mercurio.
4. En presencia de color, añadir 0.2 g de carbón activado.
5. Enfriar a temperatura ambiente y aforar con agua destilada; filtrar si es necesario con papel Whatman del N.º 4.
6. Tomar por duplicado, una alícuota de 10 mL del filtrado y transferir a matraces aforados de 50 mL.
7. Añadir 30 mL de agua destilada y 2 mL del reactivo de Griess, aforar y mezclar.
8. Mantener en la oscuridad por 20 min y medir la absorbancia a 520 nm, ajustando a cero con un blanco.
9. Determinar la concentración de nitritos interpolando los valores de absorbancia en la curva de calibración.

7. Calculo

Los resultados para esta prueba se calculan de acuerdo a la:

$$\text{Ecuación: } \text{mg / kg de NaNO}_2 = (L \times 5 \times 1000) / Pm$$

Donde:

L = lectura obtenida de la curva de calibración en miligramos (mg) de NaNO₂.

Pm = peso de la muestra en gramos (g).

8. Expresión de resultados

El contenido de nitritos presentes en la muestra se expresa en miligramos de nitrito de sodio (NaNO₂) por kilogramo de muestra (mg / kg)

9. Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos deben compararse con los límites máximos permitidos establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2018 establece las especificaciones sanitarias, métodos de prueba y disposiciones aplicables a los productos cárnicos procesados, con el propósito de garantizar su calidad e inocuidad para el consumo humano.

Los límites permisibles de nitritos residual en productos cárnicos.

- Jamón cocido de 156 mg / kg. Salchichas tipo Frankfurt o Viena de 156 mg / kg. Tocino curado de 125 mg / kg. Productos cárnicos en general de 125 – 156 mg / kg (según formulación y tratamiento térmico)

Nota: Si el valor excede el límite, el producto no cumple con la normativa y puede representar un riesgo para la salud del consumidor

10. Interferencias

Sustancias químicas interferentes

- Nitratos (NO_3^-): puede reducirse a nitritos durante la preparación en presencia de reductores, sobreestimando la concentración de nitritos.
- Aminas secundarias y aromáticas: pueden reaccionar con los reactivos de Griess, generando falsos positivos en la determinación.
- Antioxidantes (como el ácido ascórbico): pueden reducir los nitritos a óxidos de nitrógeno, disminuyendo la formación del complejo coloreado y por ende la intensidad de la señal colorimétrica.
- Sulfuro de hidrogeno (H_2S): puede reaccionar con sulfanilamida, inhibiendo la formación del complejo azoico característico del método.
- Colorantes naturales o artificiales: puede interfieren en la lectura espectrofotométrica debido a su propia absorción, generando desviaciones en la absorbancia.

Condiciones ambientales y de análisis

- Luz intensa o directa: puede degradar los reactivos o afectar la estabilidad del complejo azoico.
- pH inadecuado: el método requiere un pH ácido específico (1.5) para la formación de ácido nitroso y reacción efectiva.
- Vidriería contaminada: la presencia de residuos alcalinos o ácidos alteran el medio de reacción, afectando la formación del complejo coloreado.

Errores operativos

- Uso de reactivos caducos o contaminados: La utilización de reactivos caducados o contaminados puede disminuir la sensibilidad del método analítico, generando resultados como falsos negativos o subestimación de la concentración de nitritos.

- ❑ Tiempo de reacción inadecuado: el incumplimiento de los tiempos establecidos (generalmente 10 minutos) puede modificar la intensidad del color desarrollado afectando la lectura.
- ❑ Construcción incorrecta de la curva de calibración: Una preparación inadecuada de la curva de calibración, ya sea por errores en las diluciones, mediciones o ajuste de la recta, compromete la exactitud y confiabilidad en la cuantificación de nitritos en la muestra.

11. Control de calidad

Control de calidad del método analítico

- ❑ Curva de calibración: preparar al menos cinco niveles de concentración del estándar de NaNO_2 , asegurando una linealidad con coeficiente de determinación $R^2 \geq 0.995$.
- ❑ Reactivos: emplear reactivos de reciente preparación, para garantizar la confiabilidad del método.
- ❑ Blanco de reactivo: incluir un blanco analítico preparado con todos los reactivos con el fin de descartar posibles interferencias o coloraciones propias de los reactivos.
- ❑ Repetibilidad: analizar cada muestra por duplicado o triplicado. Las variaciones entre resultados obtenidos no deben exceder el 10 %.

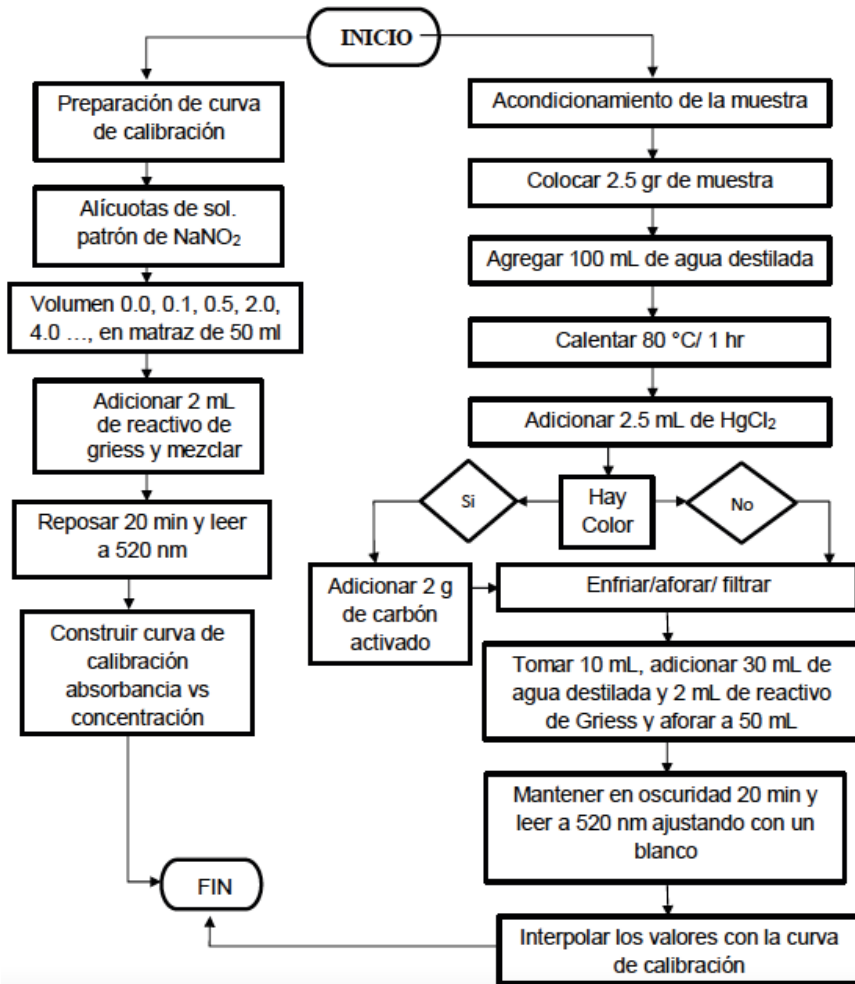
12. Bioseguridad

Medidas generales de bioseguridad

- ❑ Desechos biológicos (carne, tejidos, etc.): deben ser almacenados en bolsas rojas y desechados según la normativa correspondiente.
- ❑ Residuos químicos (ácidos, bases, solventes, etc.): deben ser neutralizados o enviados a tratamiento especializado.
- ❑ Material de un solo uso (guantes, gasas, tubos, etc.): se descartan en contenedores especiales.

13. Apéndice

Figura 4.1 Determinación de nitritos



Fuente: Elaboración propia

PRÁCTICA 5. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINACIÓN DE FOSFATOS

1. Introducción

Este método se basa en la formación de un complejo de color amarillo naranja estable, conocido como complejo vanadiomolibdofosforico ($H_3PO_4 \cdot VO_3 \cdot 11MoO_3 \cdot n H_2O$) que se forma al tratar una solución acida de ortofosfatos con un reactivo acido que contiene ácido molibdico y acido vanádico. La intensidad del color es proporcional a la concentración de fosfatos presentes en la muestra (Secretaría de Economía, 2016). Los fosfatos se utilizan en productos cárnicos porque mejoran la absorción de agua, favorecen la emulsificación de la grasa y reducen tanto la pérdida de proteínas como el encogimiento durante la cocción (Jurado Gámez & Insuasty Santacruz, 2021).

2. Objetivo

Establece determinar cuantitativamente el contenido de fosfatos en productos cárnicos procesados, con el fin de verificar que su concentración se encuentre dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

2.1 Descripción de la actividad

Determinación cuantitativa de fosfatos inorgánicos en productos cárnicos procesados mediante la aplicación de un método analítico específico, con el fin de evaluar su concentración en la muestra analizada.

3. Referencia normativa

NOM – 213 – SSA1 – 2018. Productos cárnicos procesados – especificaciones sanitarias – métodos de prueba.

NMX – F – 320 – 2016. Alimentos – determinación de fosfatos en alimentos – método de prueba.

ISO 13730 – 1996. Meat and meat products – determination of total phosphorus content – spectrophotometric method.

4. Términos y definiciones

Buenas Prácticas de Fabricación (BPF): es la cantidad mínima necesaria de un aditivo que se añade al producto para lograr el efecto deseado.

Límite máximo: cantidad establecida de aditivos, microorganismos, parásitos, materia extraña, plaguicidas, biotoxinas, residuos de medicamentos, metales pesados y metaloides que no se debe exceder en un alimento, bebida o materia prima.

Método de prueba: procedimiento analítico utilizado para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la normativa correspondiente y las disposiciones aplicables.

5. Materiales, equipo e instrumentos

- ▮ Balanza analítica
- ▮ Capsulas de porcelana
- ▮ Celdas para espectrofotómetro
- ▮ Espátula
- ▮ Espectrofotómetro
- ▮ Matraz volumétrico 100, 250, 1000 mL
- ▮ Mechero bunsen
- ▮ Mufla
- ▮ Pipeta volumétrica 1, 5, 10 y 25 mL
- ▮ Probeta graduada 100 ml
- ▮ Placa de calentamiento
- ▮ Varilla de vidrio
- ▮ Vaso de precipitados 100, 600 y 1000 mL
- ▮ Placa de calentamiento
- ▮ Pinzas para crisol
- ▮ Campana de extracción

Material biológico

50 g de muestra de producto cárnico (jamón, tocino, salchicha o chorizo, etc.).

Reactivos

- ▮ 15 mL de ácido clorhídrico (HCl) 5N
- ▮ 225 mL de ácido perclórico (HClO₄) 70%
- ▮ 5 mL de amoníaco (NH₃)
- ▮ 20 g de molibdato de amonio tetrahidratado ((NH₄)₂MoO₄)
- ▮ 1 g de metavanadato de amonio (NH₄VO₃)
- ▮ 3.824 g de Fosfato monopotásico (KH₂PO₄)
- ▮ Agua destilada

6. Procedimiento

Preparación de soluciones

Solución meta vanadato de amonio:

1. Disolver 20 g de molibdato de amonio tetrahidratado en 250 mL de agua destilada, llevar a ebullición y enfriar.

2. Disolver 1 g de metavanadato de amonio en 300 mL de agua destilada, llevar a ebullición y dejar enfriar.
3. Adicionar lentamente 225 mL de ácido perclórico al 70 % e inmediatamente adicionar la solución de molibdato con agitación continua, dejar enfriar y aforar a 1 L.

Solución patrón de fosforo:

1. Pesar 3.824 g de fosfato monopotásico, previamente secado 2 horas a 105 °C.
2. Disolver y aforar a 1 L con agua destilada, obteniendo la solución madre.
3. Tomar 25 mL de la solución madre y diluir a 250 mL con agua destilada.
4. La solución resultante equivale a 1 mL = 0.2 mg de P_2O_5 .

Preparación de la curva estándar

1. Transferir alícuotas de 0,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 30, 40 y 50 mL de la solución patrón a matraces volumétricos de 100 mL.
2. Adicionar 25 mL de la solución de metavanadato de amonio, aforar con agua destilada y homogenizar. Dejar reposar 10 minutos para desarrollo del color y medir absorbancia a 470 nm en el espectrofotómetro.
3. Construir curva de calibración de absorbancia vs concentración de P_2O_5 .

Procedimiento

1. Pesar 2 g de muestra en una cápsula de porcelana y carbonizar
2. Calcinar en mufla a 550 °C durante 2 a 3 horas.
3. Enfriar y adicionar 15 mL de ácido clorhídrico 5 N.
4. Calentar a ebullición durante 5 minutos en campana de extracción.
5. Transferir a un matraz de 100 mL y aforar con agua destilada (filtrar si es necesario).
6. Neutralizar la solución adicionando hidróxido de amonio.
7. Tomar por duplicado una alícuota de 25 mL y transferir a matraces aforados de 100 mL; adicionar 25 mL del reactivo molibdato–vanadato, aforar con agua destilada y mezclar.
8. Dejar reposar a temperatura ambiente 10 minutos y medir la absorbancia a 470 nm en el espectrofotómetro.
9. Determinar el contenido de fósforo interpolando la absorbancia en la curva de calibración.

7. Cálculo

Los resultados de esta prueba se calculan mediante la siguiente técnica:

$$\text{mg P2O5 / kg de muestra} = (A - B) \times F \times V \times 1000 / P$$

Donde:

A = Absorbancia de la muestra

B = Absorbancia del blanco

F = factor de conversión (calculado a partir de la curva de calibración)

V = volumen final de la solución de muestra (ml)

P = peso de la muestra (g)

8. Expresión de resultados

Los resultados se expresan en:

mg de P2O5 por kg de muestra

9. Interpretación de resultados

- La interpretación de los niveles de fosfatos y sus límites permisibles en productos cárnicos.
- Bajo contenido de fosfatos nos indica posible ausencia de aditivos fosfatados o subdosificación de estos aditivos en la formulación del producto.
- Alto contenido de fosfatos no indica un posible uso excesivo de aditivos fosfatados, lo que representa una violación a las regulaciones y posible indicio de adulteración.
- Valores negativos o inconsistentes nos indica posibles errores en el procedimiento, contaminación de la muestra o interferencias.

10. Interferencias

Interferencias químicas:

- La presencia de proteínas residuales, interfieren con la reacción, causando turbidez o coloración adicional.
- La presencia de ácidos fuertes o alcalinos, alteran el pH óptimo de reacción, lo que afecta la formación del complejo del color.
- Otros compuestos fosforados (fosfolípidos), aumentan falsamente el contenido de fosfatos totales.

- Metales pesados como el Fe, Cu, Zn, pueden reaccionar con el molibdato, generando complejos coloreados no deseados que interfieren en la medición.
- Reactivos contaminados o caducados generan absorbancia de fondo que afecta la medición.

Interferencias ambientales:

- La luz directa o intensa puede provocar fotodegradación del complejo fosfomolibdico, afectando la estabilidad del color desarrollado.
- El incremento de la temperatura, acelera la reacción y puede degradar el complejo colorido.
- Un tiempo de reacción incorrecto, puede afectar el desarrollo y estabilidad del color.
- Humedad excesiva, altera la estabilidad de los reactivos higroscópicos.

11. Control de calidad

El control de calidad en este método es fundamental ya que garantiza que los resultados sean precisos, reproducibles y confiables.

- Curva de calibración, preparar con al menos 5 concentraciones conocidas de fosfato ($R^2 \geq 0.0995$).
- Reactivos, usar reactivos de alta pureza y verificar fechas de caducidad.
- Usar blanco de reactivo para descartar interferencias o coloración residual.
- Medir la absorbancia dentro de los primeros 30 minutos después de su formación.
- Realizar las determinaciones por duplicado y asegurar que la desviación entre los resultados no sea mayor al 10 % con el fin de asegurar la precisión.

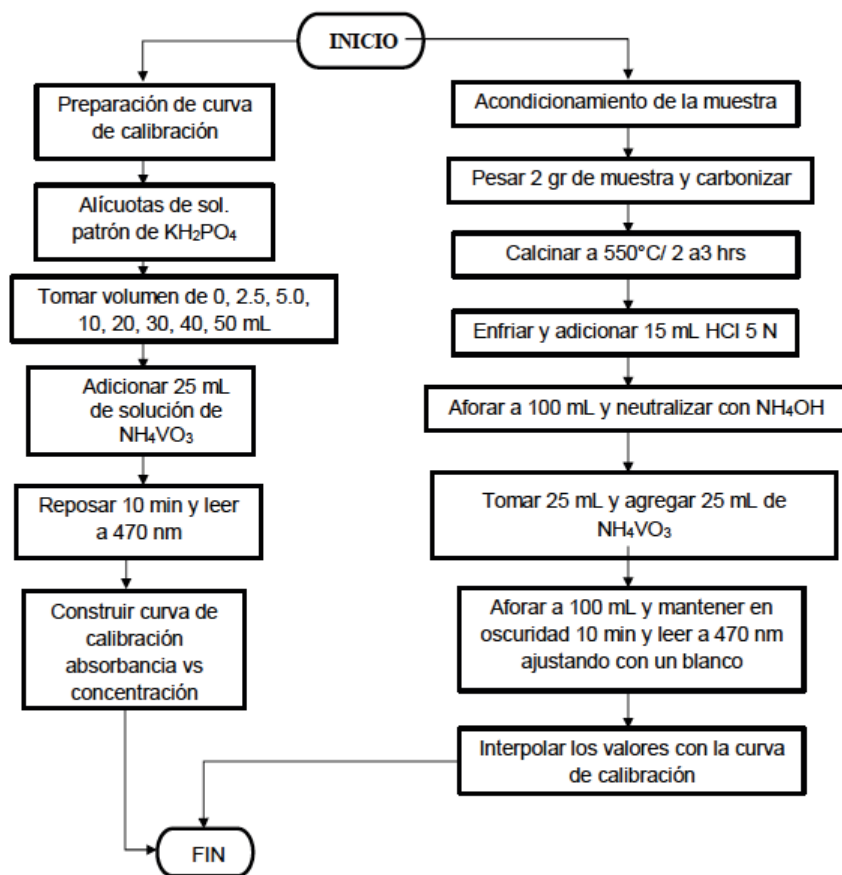
12. Bioseguridad

- Se debe evitar el contacto directo con la muestra cárnica, utilizando en todo momento equipo de protección personal.
- Emplear instrumental previamente esterilizado (pinzas, bisturíes, cuchillos) para prevenir contaminación cruzada.
- Las muestras deben mantenerse en refrigeración entre 0 y 4 °C hasta su análisis, para preservar su estabilidad microbiológica y fisicoquímica.
- Reducir al mínimo la exposición de la carne al ambiente para reducir el riesgo de contaminación.

- Los residuos como carne y tejidos, deben depositarse en bolsas rojas y manejarse conforme a la normativa vigente.
- Los residuos tales como ácidos, bases, solventes deben ser neutralizados o canalizados a un sistema de tratamiento especializado.
- Los materiales de un solo uso como guantes, gasas, tubos, entre otros, debe eliminarse en contenedores específicos para su correcta disposición.

13. Apéndice

Figura 5.1 Determinación de Fosfatos en productos cárnicos



Fuente: Elaboración propia

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2009). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos*. Editorial Universitaria.

American Meat Science Association. (2015). *Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. American Meat Science Association.

Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, L., Partida, A., Ponce, E., & Ríos, F. (2011). *Manual de análisis de calidad en muestras de carne*. SAGARPA-INIFAP.

Domínguez Vara, I. A. (II.) & Ramírez Bribiesca, E. (II.). (2014). *Tecnología y ciencia de la carne de animales rumiantes*: (ed.). Ediciones y Gráficos Eón.

Dorado Martín, E. (2023). *Acondicionamiento de la carne para su comercialización. INAI0108*: (1 ed.). IC Editorial.

Durán Ramírez, F. (2006). *Manual del ingeniero en alimentos*. Grupo Latino Ltda.

Jurado Gámez, H., & Insuasty Santacruz, E. (2021). *Procedimientos de tecnología de carnes*. Editorial Universidad de Nariño.

International Organization for Standardization. (1994). *ISO 11036: Sensory analysis—Methodology—Texture profile*.

International Organization for Standardization. (1975). *ISO 2918: Meat and meat products—Determination of nitrite content*.

International Organization for Standardization. (1996). *ISO 13730: Meat and meat products—Determination of total phosphorus content—Spectrophotometric method*.

Jurado Gámez, H., & Insuasty Santacruz, E. (2021). *Procedimientos de tecnología de carnes*. Editorial Universidad de Nariño.

Niño de Polanía, L., López, D., & Malagón, M. C. (1995). *Manual para análisis de productos cárnicos* (1.ª ed.). Ministerio de Salud de la República de Colombia.

Sañudo Astiz, C. & Cañeque Martínez, V. (2005). *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*: (ed.). INIA - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Secretaría de Economía. (2011). *NMX-F-362-S-SCFI-2011. Productos de la pesca—Determinación de bases volátiles totales—Métodos de prueba.*

Secretaría de Economía. (2013). *NMX-F-317-NORMEX-2013. Alimentos—Determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas—Método potenciométrico—Método de prueba.*

Secretaría de Economía. (2016). *NMX-F-320-2016. Alimentos—Determinación de fosfatos en alimentos—Método de prueba.* Dirección General de Normas.

Secretaría de Economía. (1992). *NMX-F-543-1992. Determinación de nitritos en alimentos cárnicos.*

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *NOM-004-SAGARPA-2018. Carne de bovino—Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo.*

Secretaría de Salud. (2009). *NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios—Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados—Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.*

Secretaría de Salud. (2002). *NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios—Productos cárnicos procesados—Especificaciones sanitarias—Métodos de prueba.*

Secretaría de Salud. (2009). *NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.*

León, M., Orduz, A., & Velandía, M. (2017). Composición fisicoquímica de la carne de ovej, pollo, res y cerdo. *Limentec Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 62–75.

Lugo, E. (2008). Nitritos y nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187.

Pérez Chabela, M. de L. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio: Tecnología de carnes* (1.ª ed.). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Sánchez Rivera, L. A. (2002). *Manual de análisis de carne y productos cárnicos* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de Tesis Digitales de la Dirección General de Bibliotecas.