

**Estandarización de las curvas de calibración por la metodología NIR y la química húmeda  
en las materias primas y carnes frías para la optimización de las respuestas de análisis**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Especialista en Nutrición y Alimentos**

**Jhon Fredy Ocampo**

**Asesor**

**Cesar Augusto Quintero**

**Maestro en Administración**

**Especialista en Alta Gerencia con Énfasis en Calidad**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Facultad de Ingeniería**

**Especialización en Nutrición y Alimentos**

**Caldas – Antioquia  
2015**

## Tabla de contenido

Introducción .....	10
Justificación.....	13
Problema .....	15
Objetivos .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico.....	19
Metodología .....	25
Protocolo para Muestras Patrón .....	27
Descripción del Equipo.....	32
Unidad central de Procesamiento (CPU de la sigla en inglés). <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Espectrómetro .....	32
Pantalla táctil.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Resultados .....	37
Organización Estadística de los Datos .....	42
Resultados Antes de los Ajustes de Bias.....	43
Conclusiones y Recomendaciones .....	47
Presupuesto .....	51

Referencias..... 54

## Lista de Figuras

Figura 1. Propagación de una Onda en el Espacio.....	19
Figura 2. Espectro electromagnético.....	20
Figura 3. Vibración de enlace entre átomos de carbono (C) y los átomos de hidrogeno en la molécula de metano absorbe las ondas NIR de una onda en particular y refleja las otras ondas. .....	21
Figura 4. Rayos NIR absorbidos por algunos enlaces, reflejados por otros enlaces (Reflectancia NIR), o transmitidos a través de la muestra.....	22
Figura 5. Tramitancia NIR y Reflectancia NIR .....	23

## Lista de Imágenes

Imagen 1. Equipo NIR DA7200 de Perten Instruments.....	32
Imagen 2. Limpieza del equipo NIR.....	35
Imagen 3. Limpieza del sistema de ventilación y lámpara .....	35
Imagen 4. Limpieza y calibración de la pantalla touch screen .....	36
Imagen 5. Software de Análisis para equipo NIR perten.....	40
Imagen 6. Producto de análisis con cada uno de los parámetros a analizar .....	41
Imagen 7. Cuadro de texto para modificar el valor del nuevo bias encontrado.....	41

## Lista de Tablas

Tabla 1. Datos promedio de química húmeda y NIR de los productos en análisis antes de ajustes de bias .....	44
Tabla 2. Datos promedio de química húmeda y NIR de los productos en análisis después de ajustes de bias.....	45
Tabla 3. Descripción Gastos de Personal.....	51
Tabla 4. Relación compra de equipos .....	51
Tabla 5. Relación en compra de papelería .....	52
Tabla 6. Costos de Análisis por Química Húmeda .....	52
Tabla 7. Relación Costos Totales.....	53

## Lista de Gráficos

Gráfico 1. Tomado del Programa Bias Calculator .....	38
Gráfico 2. Muestras de CDM con cada uno de los parámetros.....	43

## Resumen

El análisis de carnes frías y de cada una de las materias primas que componen la formulación es de vital importancia. Entre los análisis que se realizan están los microbiológicos para garantizar la inocuidad en este alimento y evitar cualquier tipo de riesgo asociado a bacterias patógenas, hongos y demás.

Los análisis bromatológicos son otro factor determinante para el producto que se entregará al consumidor, pero adicionalmente permiten a la compañía determinar cuanta cantidad de alguna materia prima es la necesaria para garantizar los valores esperados o descritos por la normatividad de cada producto.

El análisis químico de estas materias primas es costoso y consume gran cantidad de tiempo del operario analista, por esta razón solo se hacen algunos muestreos y análisis a productos según el plan de calidad de cada compañía. Al disminuir estos muestreos la oportunidad de decisión y cambio en la fórmula si fuera necesario.

El equipo NIR permite aumentar este tipo de análisis y sus frecuencias, disminuyendo los costos de análisis, reactivos y tiempo. Por medio de unas curvas de calibración dispuestas para cada proyecto que permitirán realizar lecturas inmediatas y tener una oportunidad de decisión más oportuna.

En este proyecto se desea analizar por química húmeda el comportamiento de algunas muestras de carnes frías y de las posibles materias primas de origen animal que las componen. Una vez analizadas se realizarán lecturas de estas en el equipo NIR y se buscará disminuir el sesgo entre los datos obtenidos con química húmeda y NIR.

Los resultados obtenidos muestran una mejora en la disminución de la variabilidad que hay entre los resultados del NIR y los resultados de la química húmeda; la cual es nuestro sistema de referencia. Los resultados obtenidos han mostrados mejoras significativas en la disminución del Bias (sesgo) entre estos dos sistemas de análisis permitiendo obtener más confianza en los datos del NIR y tendiendo a una disminución de costos en el proceso.

Se proponen mejoras técnicas, de software y equipamientos para garantizar estas lecturas.

**Palabras Clave:** Espectroscopia NIR, arreglo de Diodos, Pastas de Pollo, Bias (sesgo), Reflectancia, transmitancia

## Introducción

La industria de alimentos cada día está creciendo y esto se debe a la acelerada expansión demográfica que se está viviendo en el planeta. Colombia no es la excepción y el crecimiento en nuestro país ha sido elevado, donde para el año de 1993 Colombia tenía una población de 33'109.840 y actualmente contamos con una población de 47'666.029 (Departamento Encargado de las Estadísticas en Colombia, DANE).

El incremento de la población también es visto como un incremento en consumidores y un alza en la demanda de los alimentos; estos deberán entregarse del productor al consumidor garantizando todos los parámetros de calidad requeridos en cada alimento.

Por la variabilidad de la composición de cada alimento y el impacto que estos tendrán en la sociedad (salud, desarrollo, economía, programa sociales entre otros), se deberá evaluar y analizar el alimento. El conocimiento de la composición del alimento, ingredientes y/o aditivos en lo posible, se convierte en la herramienta más importante que permitirá el cumplimiento de los parámetros ofrecidos al cliente.

Analizar el alimento proporciona información importante al fabricante permitiéndole elaborar este con la composición deseada y hacer las modificaciones necesarias a la fórmula en búsqueda de una mejor preparación que optimice en tiempo o permita alcanzar más tiempo en la duración del alimento.

Cuando nos centramos en un alimento en particular como las carnes frías se deben analizar todas las materias primas con las que se elabora este alimento; en este caso se torna muy complejo elaborar una fórmula general o estandarizada para cada carne fría puesto que las mismas materias primas cambian su composición ya que son derivadas de un ser vivo en su

mayor proporción y el proximal de cada animal puede variar según su alimentación. Adicional al inconveniente mencionado con antelación también se presenta otra dificultad a la hora de formular las carnes frías y es la no disponibilidad de las materias primas lo cual implica variaciones en las proporciones de estas en la formulación.

Por esta razón es muy importante analizar cada materia prima y determinar la composición proximal en grasa, humedad, proteína total, cloruros (sodio) y carbohidratos; esto se hace para saber qué cantidad de la materia prima se reincorporará a la fórmula en busca del valor esperado.

El presente trabajo busca optimizar un método de análisis que garantice la respuesta de estos parámetros con una tecnología más eficiente que permita reportar estos resultados o parámetros a la mayor brevedad, permitiendo optimizar el tiempo de respuesta.

El uso de esta tecnología en procesos productivos como los piensos para animales y/ o alimentos balanceados para animales se viene usando desde hace varios años y ha revolucionado toda la línea del proceso. Esto debido a que se han estandarizado más de cien productos entre materias primas y productos terminados.

Esta estandarización ha permitido realizar análisis a las materias primas usadas para el alimento balanceado en el instante en que son muestreados y de esta forma la recepción de la materia prima se ha hecho mucho más eficiente y en caso de ser requerida para la producción podrá ser liberada a consumo sin ninguna restricción, de esta forma el proceso productivo no se ve afectado por escases de materia prima.

Para el caso del producto terminado esta tecnología ha sido aún más determinante pues permite realizar un control al inicio, durante y al final del producto terminado. Hecho que se evidencia en la disminución de los reprocesos por incumplimientos de calidad bromatológicos,

mayor rotación del producto terminado en bodega debido a la pronta liberación y como consecuencia de estas variables el costo de transformación del alimento disminuye reflejándose en una mayor rentabilidad para la compañía. Esto se explica a través de los costos cuantificables y los no cuantificables.

Costos no cuantificables:

Velocidad de respuesta

Disminución de quejas y reclamos

Devoluciones de producto no conforme

La garantía de un mejor control en el proceso

Mejor resultados en el campo

Más satisfacción y seguridad para el cliente

Ventaja competitiva

La versatilidad en los análisis a las diferentes materias primas y la toma de decisiones con las mismas

Costos cuantificables:

Disminución de costos de análisis: cálculo de ahorro por análisis bromatológico

Versatilidad en la disposición de las materias primas al disminuir el tiempo de almacenamiento por cuarentena (mientras salen los resultados), determinar costos de almacenamiento y retención de producto terminado.

Son estas ventajas las que se desean explotar en el proceso de formulación y elaboración de carnes frías. Gracias a que desde la experiencia en un proceso de alimentos que han funcionado exitosamente.

## **Justificación**

En la actualidad la gran mayoría de los reportes bromatológicos son emitidos después de realizar análisis fisicoquímicos a todas las materias primas que son usadas en la formulación de las carnes frías; igualmente se debe realizar un muestreo periódico al producto terminado con el cual se confirmará cada uno de los parámetros que actualmente son requeridos en las normas técnicas Colombianas.

Los análisis del NIR se comprueban con análisis de química húmeda, la cual siempre será el referente para la toma de decisiones y la credibilidad del método. Cada una de las pruebas tarda un tiempo determinado y este tiempo es inmodificable puesto que cada una de las mismas está estandarizada por las normas técnicas colombianas, AOAC Official Methods of Analysis entre otras. . Estas pruebas se ajustarán a las condiciones de cada laboratorio previo a una validación de los resultados obtenidos bajo estas condiciones; esto se deberá estandarizar demostrando reproducibilidad y un alto porcentaje de recuperación de cada una de las muestras.

La búsqueda de un método que optimice el análisis de las carnes frías, pasando desde las materias primas usadas para la elaboración de este producto hasta el producto final mismo; es una meta que garantizará agilidad y eficiencia en el reporte de resultados y en la toma de decisiones ligadas a estos resultados, ayudando a mejorar la formulación y permitiendo cambios en la formulación que garanticen la calidad del producto.

Cualquier corrección en una fórmula, cambio o cancelación de la misma se ve reflejada en costos así como en la calidad del producto que se le está entregando al cliente; es por esta razón que estos datos deben ser confiables, veraces y precisos.

Al incluir la tecnología NIR en el proceso de carnes frías podemos tener mayor versatilidad y representatividad en los análisis que se le pueden hacer tanto a las materias primas como el producto terminado, tomando siempre como sistema de referencia la química húmeda; de tal manera que busquemos mayor precisión en los resultados que el NIR nos arroja. Al incluir la tecnología NIR en este proceso de carnes frías se optimiza el proceso permitiendo garantizar y tener más confiabilidad en los resultados obtenidos.

## Problema

Los análisis necesarios para estas materias primas y/o pastas utilizadas en la fabricación de diferentes productos embutidos, carnes frías o subproductos de pollo con algún plus adicional comercial requieren un tiempo muy extenso. Es importante tener en cuenta que los tiempos de los análisis en los equipos utilizados en la química húmeda son variables y dependen de la capacidad del equipo para dichos análisis. Adicionalmente por las limitaciones de los equipos las muestras no se pueden procesar con la misma velocidad en cada etapa.

En el caso de la preparación y manipulación de las muestras se observa una dificultad debido a que algunos análisis requieren un pretratamiento o dependen directamente del resultado de otro análisis o del residual de la muestra que quede, si el análisis no es completamente destructivo esto incide en que en muchas ocasiones solo hasta después de analizar los datos del primer análisis se podrá pasar al subsecuente.

El consumo de reactivos es un problema adicional y obviamente no aislado, este conlleva a que se generen más residuos y mayores contaminantes que a la larga son subproductos indeseables en cualquier proceso. Acompañado a este costo elevado inherente a los reactivos se deberá sumar costos energéticos, de agua y por supuesto de personas capacitadas en las labores operativas asociadas a este proceso de análisis. Adicionalmente pueden haber costos elevados que obedecen a reactivos importados que son de grado analítico.

Sin embargo una buena cantidad de muestreo permite controlar más el proceso productivo en cada etapa. La empresa busca optimizar los costos de los análisis con un plan de muestreo que garantice la confiabilidad para la liberación de las materias primas y del producto terminado. Esta optimización implica el menor número de análisis al menor costo posible.

Dado que la compañía Operadora Avícola S.A.S tiene un equipo NIR el cual se encuentra calibrado para varios proyectos enfocados a los cereales, subproductos de cereales y alimentos balanceados disminuyendo el tiempo de respuesta en toda la línea de alimentos balanceados para aves; se desea aplicar este mismo método de análisis rápido a la línea cárnica generando proyectos cuyos resultados bromatológicos se aproximen a la química húmeda, la cual es tomada como referente para la construcción de las curvas.

El uso de la química húmeda siempre será el referente para ajustar las curvas de cada parámetro en el proyecto creado.

## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar y validar métodos específicos a través de la medición por equipos NIR para las materias primas usadas en la elaboración de carnes frías por medio de la tecnología NIR, usando como referente la química húmeda para determinar la linealidad de los datos obtenidos en las curvas.

### Objetivos Específicos

- Garantizar que los análisis realizados por el equipo NIR y por la química húmeda sean confiables desde la toma de muestra hasta su resultado final para poder tomar decisiones acertadas con base a los resultados obtenidos

- Evaluar los ajustes necesarios a la curva de calibración para asegurar que los datos obtenidos en las lecturas del equipo sean muy similares a los obtenidos por química húmeda. Esto con el fin de ir ajustando cada vez más la curva e ir disminuyendo el error que pueda venir asociado a la lectura.

- Proponer la implementación de proyectos, a productos que aún no estén desarrollados

- Proponer el incremento de espectros a aquellos productos cuyos resultados sean muy desviados respecto a la química húmeda.

Optimizar el tiempo de velocidad de respuesta a través de los análisis que permita a nuestros clientes internos la toma de decisiones en tiempo real.

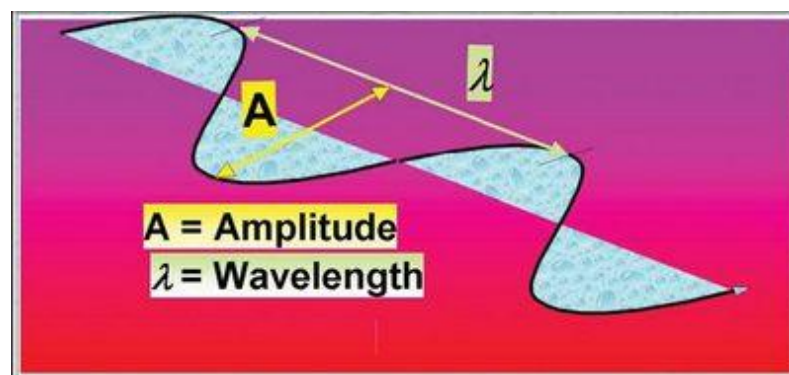
## Marco Teórico

La palabra espectroscopia proviene de la raíz latina spectrum (apariencia, imagen) y la palabra griega skopia (ver). Esta definición es más bien descriptiva de la medición espectroscópica en sí misma; por ejemplo: ver una leve imagen procedente de una muestra (Miller, 2001).

En esencia, la tecnología NIR involucra luz interactuando con un material, donde una radiación electromagnética ocurre en forma de ondas. La longitud de onda es la distancia entre los dos picos o puntos altos, y se indica con el símbolo  $\lambda$  (Figura 1). La longitud de onda en el espectro NIR se mide normalmente en nanómetros (nm) donde  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$  ó  $1000\text{nm} = .001\text{mm}$ .

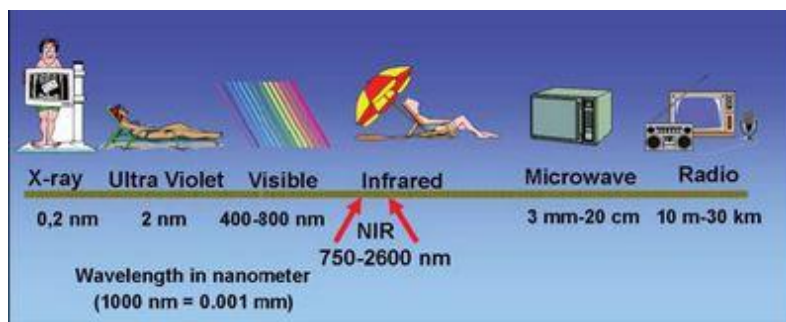
A la temperatura superior del cero absoluto ( $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) cualquier molécula emitirá rayos infrarrojos( Lopez, 2001)

Figura 1. Propagación de una Onda en el Espacio



Esa parte del espectro visible al ojo humano se extiende de alrededor de 400nm á 800nm, mientras que el espectro infrarrojo se extiende de aproximadamente 2,500nm á 25,000nm. El infrarrojo cercano es considerado esa parte del espectro situada entre la región visible y la región infrarroja. El rango de longitudes de onda que el NIR cubre, está entre 750nm á 2,600nm (Figura 2)

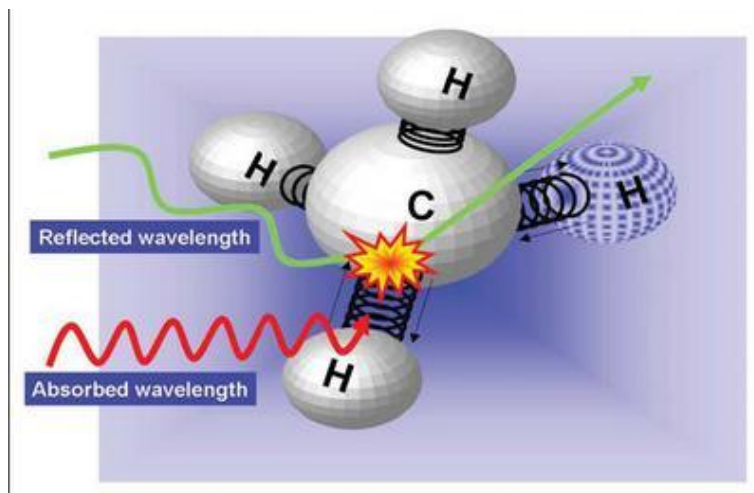
Figura 2. Espectro electromagnético



Estas longitudes de onda interactúan con las moléculas de las sustancias; donde estas son grupos de átomos, los cuales se han combinado para formar compuestos químicos. Por ejemplo, el metano contiene un átomo de carbono (C) y cuatro átomos de hidrógeno (H). Las uniones específicas entre los átomos vibran a una cierta frecuencia, y cada tipo de estas uniones químicas dentro de una muestra absorberán rayos NIR de una longitud de onda específica, mientras todas las demás longitudes de onda son reflejadas.

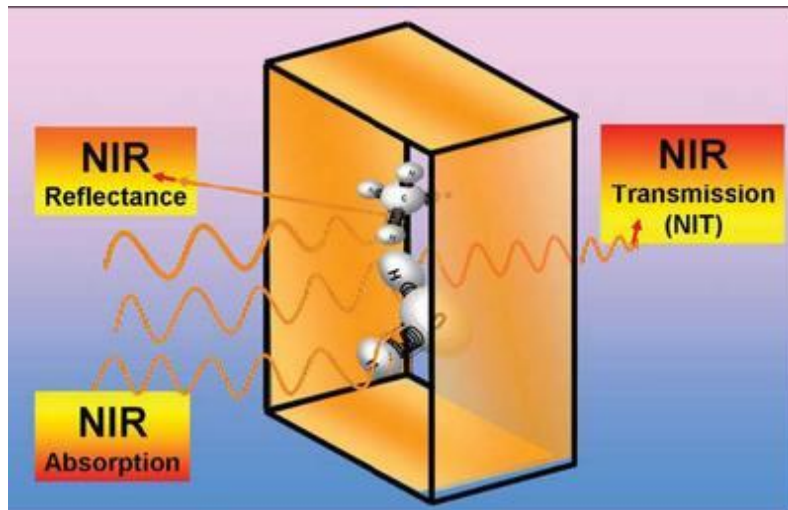
Wehling, 1998 (Como se citó en Borjas O. Eva,(2002)) La espectroscopia de infrarrojo cercano se basa en la absorción de grupos funcionales que tienen un átomo de carbono unido a uno de hidrogeno, nitrógeno u oxígeno, las bandas originadas no son más que sobretonos de respuesta. Muy comunes en parámetros del alimento como agua, proteínas, grasas y polisacáridos.

Figura 3. Vibración de enlace entre átomos de carbono (C) y los átomos de hidrogeno en la molécula de metano absorbe las ondas NIR de una onda en particular y refleja las otras ondas.



En la práctica, la muestra a ser analizada es bombardeada con rayos NIR de diferentes longitudes de onda como se ilustra en la Figura 4. Por cada longitud de onda, algunos de los rayos serán entonces absorbidos por uniones químicas específicas. Al mismo tiempo, otros rayos serán diseminados y reflejados por otras uniones químicas. Este proceso es comúnmente descrito como Reflectancia NIR. En contraste, algunos de los rayos pasarán a través de la muestra, lo cual es denominado Transmisión NIR (a menudo referida como NIT).

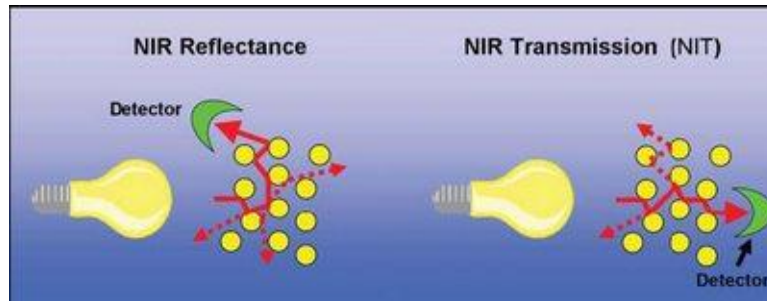
Figura 4. Rayos NIR absorbidos por algunos enlaces, reflejados por otros enlaces (Reflectancia NIR), o transmitidos a través de la muestra.



Los rayos esparcidos, reflejados y/o transmitidos de cada longitud de onda son concentrados dentro de una célula de medición. Un número de reflejos a diferentes longitudes de onda son medidos, y luego convertidos en resultados analíticos por un microprocesador. (Burns y Ciurczak, 1992).

Existe a menudo una mala interpretación del término Reflectancia NIR. Los rayos no son simplemente reflejados de la superficie externa, sino que realmente penetran la muestra. Cada vez que se encuentra que una unión química no absorbe una particular longitud de onda, los rayos son diseminados y reflejados en todas direcciones. Estos haces dispersos pueden entonces ser absorbidos o reflejados por otras uniones químicas, hasta que una porción de los rayos eventualmente salga de la muestra en todas direcciones (Figura 5). La profundidad de penetración del haz dentro de la muestra no está determinada por la posición del detector, sino más bien por la potencia de la fuente de luz.

Figura 5. Tramitancia NIR y Reflectancia NIR



La espectroscopia de infrarrojo cercano se usó inicialmente para determinar la composición de pienso para animales y forrajes. La información que se encuentra en la literatura está enfocada en gran medida a la determinación de humedad, fibra cruda, proteína total y grasa total; adicionalmente se encuentran datos relacionados a los aminogramas de algunas sustancias.

Actualmente la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) es una de las técnicas más importantes usadas en las industrias de alimentos y en las industrias farmacéuticas entre otros sectores como el sector agropecuario, de bebidas, aceites etc.

Sin embargo esta técnica a menudo presenta una diferencia entre dos instrumentos de medición, error que generalmente se asocia al tipo de muestreo realizado a la materia prima, la inestabilidad de los métodos quimiométricos, variaciones en los equipos aun cuando sean de la misma marca. Dicha inestabilidad se puede presentar en la quimiometría cuando el experto selecciona los datos que se aproximen a la mejor curva de calibración. Con el fin de disminuir estas discrepancias es necesario normalizar el instrumento de medición en este caso el NIR. (Juan Antonio Fernández Pierna, et al., 2013)

Varios autores proponen metodologías diferentes para la calibración de los equipos NIR, pero todos ellas son métodos de ajustes de los espectros entre equipos buscando la concordancia en cada uno de ellos.

Esta tecnología actualmente presenta varias aplicaciones, entre las cuales se encuentran la industria química, petroquímica, textil, medicina, farmacia, cosmética, biología y medio ambiente. Para industrias alimentarias, la tecnología NIR se ha usado desde hace tiempo para el análisis y control de varios productos tales como piensos y cereales, lácteos, aceites y grasas, productos cárnicos, frutas, vegetales, etc. (Nicolai et al., 2007; Cen y He, 2007). Para el caso de carnes frías se tiene una matriz compleja que tiene variaciones que dependen directamente del tipo de molienda o de la composición de las materias primas usadas para generar la pasta. Por esta razón se debe generar un histórico de cada una de las materias primas que se van a usar en la formación de las pastas y de esta forma disminuir la variabilidad en el producto final.

## Metodología

Las pastas de pollo pueden ser de cualquier parte del animal, estas dependen de la existencia y disponibilidad en el proceso productivo.

Cuando nos referimos a una pasta hacemos referencia a una porción de carne que fue mecánicamente molida y es ese proceso de molienda en el que nos debemos centrar inicialmente para asegurar que la muestra sea homogénea.

Inicialmente se deben hacer moliendas de cada una de las partes del pollo para determinar bromatológicamente la composición porcentual de estas materias primas

. Los análisis realizados son los siguientes

Análisis de Proteína en el cual se digiere una porción de ensayo con Ácido Sulfúrico concentrado, usando un catalizador de cobre (II) para convertir el nitrógeno orgánico en iones de amonio; se alcaliniza y se destila en una solución ácida. Se calcula el Nitrógeno total a partir del amoniaco ligado. (NTC 1556, 1999)

Análisis de Grasa Soxhlet procedimiento realizado con el principio de extracción por solvente orgánico y con extensos tiempos de recirculación del solvente hasta alcanzar una óptima extracción (NTC 1677, 1999)

Análisis de Humedad, consiste en una técnica termo gravimétrica basada en la pérdida de masa debido a la volatilización por el método de estufa. ( NTC 1663, 2009)

Análisis de Cenizas, técnica termogravimetrica que consiste en calcinar la muestra en una mufla a altas temperaturas convirtiendo todas las porciones orgánicas de la muestra en volátiles y quedando solo la porción mineral de la muestra. (Echeverri. 1999)

Análisis de Cloruros basado en el principio de precipitación con Nitrato de Plata y el cromato de potasio como indicador final (AOAC. 1990). Estos datos permiten elucidar cual sería la composición porcentual de una fórmula constituida por partes del pollo que serán determinadas como se ha dicho anteriormente por su disponibilidad en el momento de elaborar la mezcla cárnica.

En el momento de realizar la molienda de cada parte del pollo se debe garantizar que la porción sea completa y si por alguna razón se retira piel o hueso se deberá tener presente esa ausencia de materia prima al momento de analizar los datos por si se presenta un incremento o una disminución en los valores esperados bromatológicos.

Para el buen desarrollo del análisis tanto bromatológico como en la Espectroscopia NIR se deben seguir las siguientes etapas:

- Seleccionar las piezas del pollo que van a ser molidas
- Moler la pieza por un molino ( esta pieza podrá tener hueso )
- Separar con mallas la pasta cárnica de los subproductos de hueso
- Tomar una muestra representativa de la molienda (800 y 1000 gramos) y enviarla al laboratorio previamente refrigerado.
- Mezclar bien la muestra para garantizar una buena homogenización y disminuir el error asociado a una posible heterogeneidad de la muestra.
- De esta muestra se toma la cantidad necesaria para el recipiente de lectura en el NIR.
- Se propone un protocolo para el análisis de materias primas y/o producto terminado en el NIR que permita estandarizar el método del análisis , condiciones

de operación, mantenimiento del equipo, capacitaciones que permitan disminuir las variaciones en la lectura

## **Protocolo de estandarización de análisis de Muestras Patrón**

### **Muestras patrón: definición**

Son muestras que ya fueron validadas entre química húmeda y NIR cuyas diferencias en los resultados son aceptables para la toma de decisiones.

Existen algunas variables atribuibles al equipo que hacen que se generen desviaciones en los resultados. Entre estas variables tenemos: problemas de software y de Hardware del equipo como son los mecanismos de sincronización, el tiempo de vida útil de las lámparas, tiempo de integración, daños en algunas partes del equipo, y condiciones de operación que afectan su estado de limpieza. Por todo lo anterior se pueden generar algunas desviaciones en los resultados de las muestras analizadas. Para determinar las fallas en el equipo NIR se propone un seguimiento que nos permitirá detectar si hay un problema en el equipo.

Inicialmente se selecciona la muestra que se va a analizar tanto por química húmeda como por NIR y de esta se deberán congelar tres porciones de muestras para que sirva de patrón durante tres meses. Para conservar la muestra el congelamiento es el procedimiento ideal puesto que por su misma naturaleza y alta humedad estas muestras tienden a deteriorarse muy rápido.

Empacarlas al vacío no les da un tiempo de vida útil superior a 15 días refrigerados y si estas se empacaran al vacío y congelaran estas perderían parte de los valores solubles en agua a causa del vacío cuando se formen los cristales de agua.

Congelar la muestra nos permite tener una vida útil de la muestra superior a un año sin percibir deterioros en ella.

Cada mes se deberá descongelar una de estas muestras y será leída en el equipo NIR con el fin de detectar la variabilidad entre los datos obtenidos en esta lectura con los obtenidos inicialmente cuando se recibió la muestra. También se deberá evaluar la concordancia entre los datos obtenidos con los resultados bromatológicos obtenidos en el análisis preliminarmente.

Este procedimiento deberá hacerse con cada una de las muestras de análisis y solo se proponen almacenar por tres meses con el fin de que la muestra no se deteriore.

Las materias primas a usar para el análisis provendrán de las plantas de beneficio y/o desposte previamente identificadas con los siguientes datos: Nombre de la muestra legible, lote, procedencia y fecha de vencimiento.

### **Protocolo de Recepción y Manipulación Muestras**

Cuando la muestra ingresa al laboratorio esta deberá ser previamente identificada y registrada en la hoja de trabajo. Se les proporcionará un código de identificación interno el cual permitirá la lectura en el equipo NIR y una posterior trazabilidad para la recolección de datos. Los códigos a usar estarán compuestos por dos letras que determinarán si se está trabajando con una materia prima y/o un producto terminado (carne fría); seguidos de dos dígitos del presente año en la lectura y 4 dígitos más que irán desde 0001 hasta el 9999. Dicho esto los códigos a usar serán:

CF140001 (CARNES FRIAS)

MP140002 (MATERIAS PRIMAS)

La lectura se realiza en un recipiente plástico de capacidad de 2 onzas. Esta se realiza automática en el equipo NIR y este almacena los datos obtenidos de esta lectura gracias al código interno que fue otorgado en la recepción.

El paso siguiente será realizar cada uno de los análisis bromatológicos a la muestra problema con el fin de aumentar la base de datos de referencia para iniciar con las curvas de calibración.

Comparar los resultados obtenidos en cada uno de los proyectos o muestras problemas leídos en el NIR con los respectivos valores obtenidos por química húmeda. De esta forma iniciar el ajuste estadístico y sistemático de las curvas de calibración.

### **Identificación de las Variables**

La composición de cada una de las materias primas será una variable a tener presente, esto debido a que el NIR trabaja con transmisión de la luz y cualquier interferente cartilaginoso puede propiciar un error sistemático al análisis.

La lámpara del equipo es una variable a tener en cuenta pues el desgaste de la misma genera desviaciones significativas en los resultados encontrados en el equipo NIR y los propiciados por la química húmeda.

Preparación de la muestra para la lectura. Si la muestra fue molida, picada, macerada entre otros podría presentar diferencias debido a que el área expuesta de la muestra será diferente y por ende podría representar variaciones.

La continuidad del analista en las pruebas de química húmeda pues el cambio de persona podría repercutir en un error de análisis.

Los reactivos usados deben ser de buena calidad, grado analítico.

Instrumentos deberán estar calibrados y verificados; garantizando que los datos obtenidos de ellos sean veraces y confiables.

## **Resultados Esperados**

Eficiencia en la entrega de resultados a nuestros clientes internos (investigación y desarrollo, producción y plantas de beneficio), los cuales podrán tener más información y a tiempo que les permitirá tomar decisiones en tiempo real.

Confiabilidad en los resultados obtenidos por el equipo NIR, que presenten desviaciones muy bajas comparadas con la química húmeda que es el referente. Se espera que la desviación del NIR esté por encima de la química húmeda en aproximadamente un 0,2 % para cada variable. (Pertén,) y la química húmeda puede tener una variación de un 0,2% respecto al laboratorio de referencia (Nutriánalisis).

Disminución en el consumo de reactivos para análisis, llevando a una disminución en los residuos de laboratorio y garantizando que se es más limpio con el ambiente.

Aumento en el número de muestras a analizar según plan de calidad de la compañía permitiendo conocer con una mayor precisión las materias primas que se van a usar para la elaboración del producto terminado.

Garantía de calidad al consumidor al entregarle un producto que ha sido pasado por muestreos más representativos de un lote global.

## Descripción del Equipo

Imagen 1. Equipo NIR



El equipo está comprendido por tres partes fundamentales las cuales son:

### **Espectrómetro**

En una sección intermedia del equipo se encuentra la sección del espectrómetro el cual cuenta con:

Paleta para realizar el blanco a la prueba. Esta paleta hace que toda la mayor parte de la luz que se incide sea refleja al detector; gracias a este blanco se puede determinar sobre una muestra real, la luz que es dispersada y aquella que es reflejada.

Se cuenta con un dispositivo que sirve de base para ubicar el plato donde se recolecta la muestra. Este dispositivo rota sobre su propio eje con el fin de que el haz de luz incida sobre la totalidad de la muestra para su respectivo análisis.

Las especificaciones técnicas del equipo

Rango de longitud de onda: 950-1650 nm

Longitud de onda precisión: mejor que 0,3 nm

Longitud de onda de estabilidad: mejor que 0,2 nm / año

Resolución: 3.125 nm / diodo

Detector: T.E. enfriado 256 In- Ga -As elemento

Número de recorridos: Hasta 100 espectros / s

Ruido: <0.00006 AU más de 3 s de tiempo de medición F / 3

Óptica: rejilla estacionaria

Tiempo de vida de la lámpara: Mínimo dos años.

Lámparas intercambiables de tungsteno

Referencia: Cerámica automática

Perten Instrumets, (2015)

Productos: Todos los granos, comidas, pastas, pastas y otros productos

Parámetros: Humedad, proteína, aceite, almidón, fibra y muchos más.

Presentación de la muestra: Sin contacto, abajo de la vista, el plato de muestra Rotación.

Área de Medición: Plato de muestra estándar 108 cm<sup>2</sup>, Pequeño plato de muestra 44 cm<sup>2</sup>.

Perten Instrumets, (2015)

### **Limpieza del Equipo**

El equipo requiere que constantemente se le realice una limpieza preventiva para evitar el deterioro del mismo.

La lámpara debe ser limpiada con regularidad con alcohol isopropilico al igual que la paleta para el blanco o línea base. El alcohol isopropilico disminuye el riesgo de manchas en el lente óptico o lámpara gracias a su alta presión de vapor.

El sistema de ventilación cuenta con una rejilla de seguridad y con una espuma especial que retiene gran cantidad de material particulado. La rejilla deberá desmontarse y limpiar todo el sistema de ventilación para evitar calentamientos en el equipo debido a obstrucciones por este material particulado.

El deterioro de la lámpara debido a su uso puede ser corregido mediante el ajuste del tiempo de integración. Este ajuste se puede hacer directamente en el software del equipo.

Para la protección del equipo es importante tenerlo conectado a un sistema UPS que regule la corriente que pasa al equipo y que evite un apagado no controlado que pueda perjudicar el sistema del equipo. Adicionalmente se recomienda tener el equipo alejado del polvo y de algún lugar con mucha humedad.

Dependiendo del uso del equipo se programa un mantenimiento preventivo con una frecuencia no superior a un año; este mantenimiento incluye limpieza interna completa del equipo, revisión del software de análisis, lámpara de tungsteno, espectrómetro y demás componentes del equipo con el fin de aumentar la vida útil del mismo.

Imagen 2. Limpieza del equipo NIR



Imagen 3. Limpieza del sistema de ventilación y lámpara

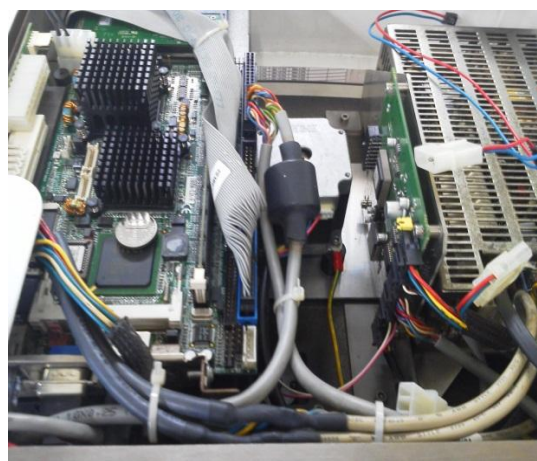
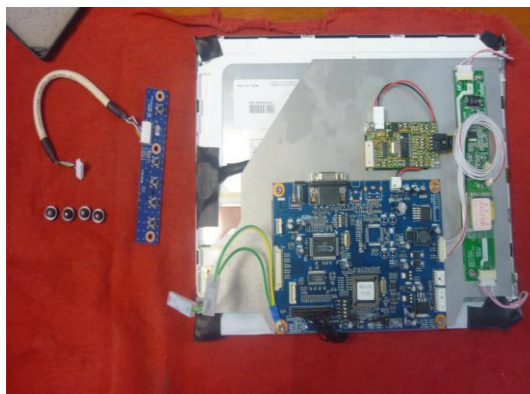


Imagen 4. Limpieza y calibración de la pantalla touch screen



## **Resultados**

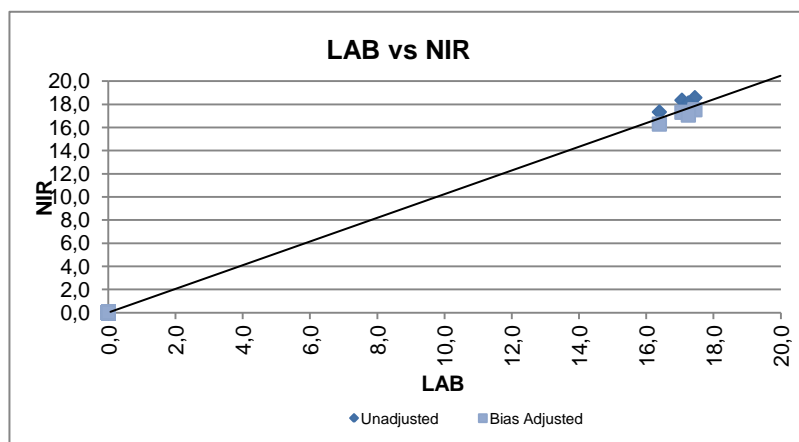
El modelo estadístico utilizado es un modelo lineal que predice el valor de una variable a través de otras mediante una función lineal de estos.

El ajuste de una curva de calibración de lecturas realizadas en un equipo NIR consiste principalmente en una corrección a la diferencia sistemática que se origina entre los valores obtenidos por química húmeda y los predichos por el equipo NIR. Esta diferencia es conocida como “Bias” o sesgo.

Para hacer este ajuste se dispone de una hoja de trabajo que permite introducir los datos obtenidos por química húmeda y aquellos que fueron predichos por las lecturas del NIR. Este procedimiento se realiza para cada parámetro y para cada proyecto o producto en análisis.

Inicialmente se deben transcribir cada uno de los datos obtenidos por química húmeda como por NIR en las columnas correspondientes para estos datos e inmediatamente se generará una gráfica de datos de Laboratorio vs NIR.

Gráfico 1. Tomado del Programa Bias Calculator



A partir de este gráfico inicial el programa determina un Bias o sesgo desajustado el cual no es más que el promedio entre cada una de las diferencias obtenidas entre los datos de química húmeda y el NIR.

La forma en que el programa lo calcula se muestra en la siguiente ecuación :

$$\frac{\sum(Q.H - NIR)}{N} = \text{BIAS} \quad (1)$$

El parámetro t-BIAS por medio de la ecuación

$$t\text{-BIAS} = \frac{\frac{\sum(Q.H - NIR)}{N}}{\sqrt{\frac{\sum(Q.H - NIR)^2 - (\sum(Q.H - NIR))^2}{N(N-1)}}} \quad (2)$$

Como el gráfico que se espera de correlación entre los datos es lineal se deberá calcular el valor de la Pendiente de la curva, este cálculo se hace de la siguiente con la ecuación:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (3)$$

Un valor de t-pendiente es calculado así:

$$t\text{-pendiente} = \frac{1-m}{\frac{\sum(NIR_{inicial}-NIR_{final})^2}{\sqrt{N(NIR_i-NIR_f)^{-2}}} / \sqrt{\sum(NIR_{inicial}-NIR_{promedio})}} \quad (4)$$

Donde  $NIR_{final} = NIR_{inicial} \times m \times \text{Intercepto}$

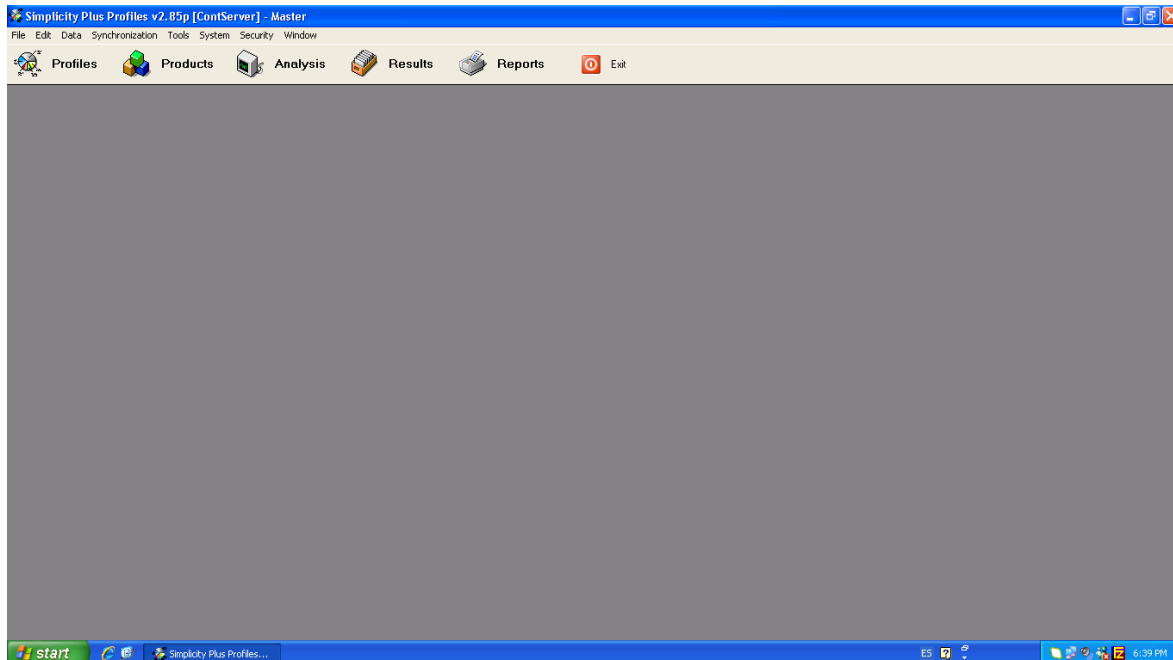
También son calculados los valores de R y  $R^2$  para determinar la linealidad de la nueva curva.

La correlación se busca lineal por esta razón se hace uso de la ecuación de una línea recta.

$$y = mx + b \quad (5)$$

Una vez el programa ha realizado estos cálculos arroja un nuevo valor de bias o sesgo y este deberá ser introducido en el software de lectura para una nueva lectura.

Imagen 5. Software de Análisis para equipo NIR perten



Se dirige a productos y se le da clic en ese icono para seleccionar el proyecto y el parámetro al que se le desea mejorar el sesgo bias. Cómo se observa en el imagen número 2.

Cuando es seleccionado el proyecto se selecciona el parámetro a ser modificado y se despliega un cuadro como el de la imagen número 3.

El valor de la casilla donde se encuentra el bias se modifica con el nuevo encontrado y se le da ok. De esta forma el nuevo bias ya esta ingresado.

Después de este procedimiento se deberá sincronizar el equipo para que los cambios sean reconocidos desde el servidor al equipo en particular.

Es importante aclarar que la compañía actualmente posee nueve equipos nir y cada uno tiene una dirección o nombre en el servidor y este protocolo o modificación solo será dispuesta para aquellos equipos que la requieran.

Imagen 6. Producto de análisis con cada uno de los parámetros a analizar

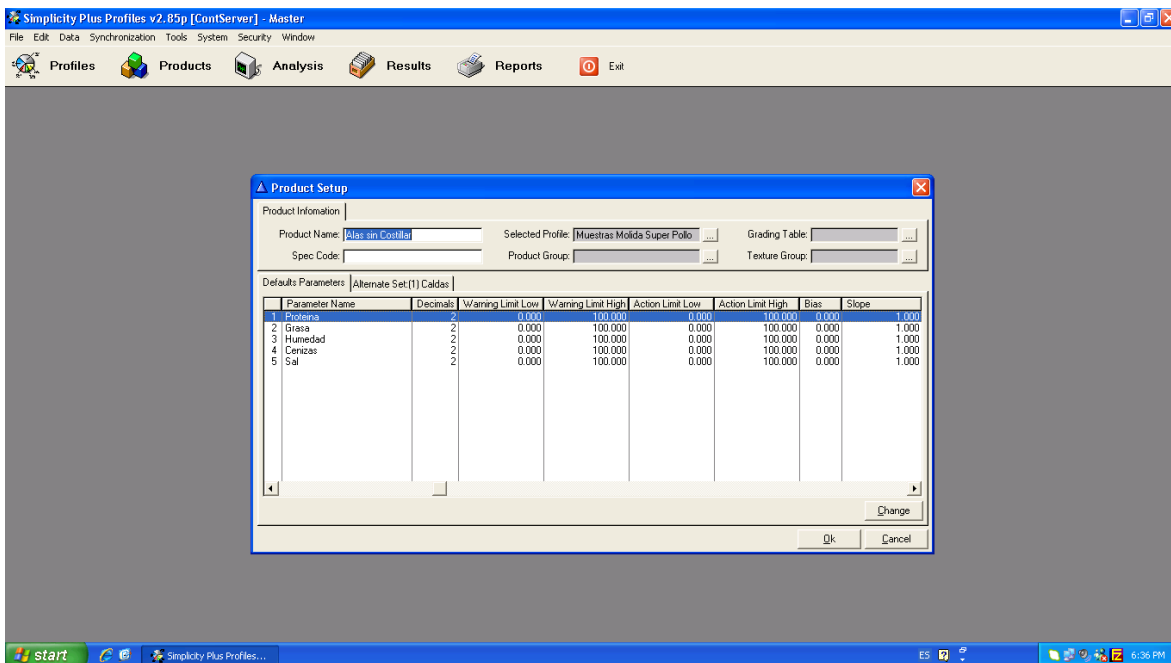
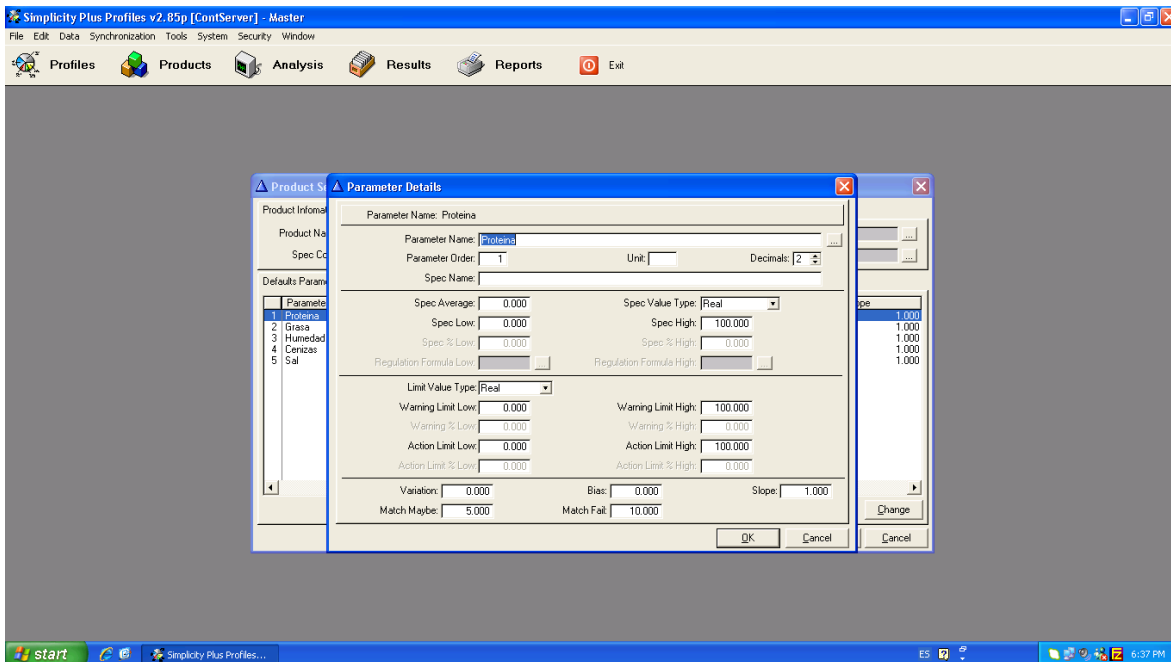


Imagen 7. Cuadro de texto para modificar el valor del nuevo bias encontrado



Después de este procedimiento se podrán leer nuevamente las muestras y se espera que la lectura sea mucho más aproximada a los valores encontrados en la química húmeda.

### **Organización Estadística de los Datos**

Cuando se inició este trabajo el equipo NIR solo se usaba para realizar análisis por espectroscopia de cereales y piensos para animales. Sin embargo también se manejan otros como los productos cárnicos y se desea optimizar los análisis de estas materias primas para pastas o embutidos con el fin de disminuir costos.

Cómo nunca se había desarrollado proyectos enfocados en partes del pollo o pastas derivadas de mezclas molidas del mismo animal se debió procesar cada una de las muestras, leerlas en el equipo NIR y analizar por química húmeda .

Las muestras que inicialmente se determinaron para realizarle estos análisis fueron :

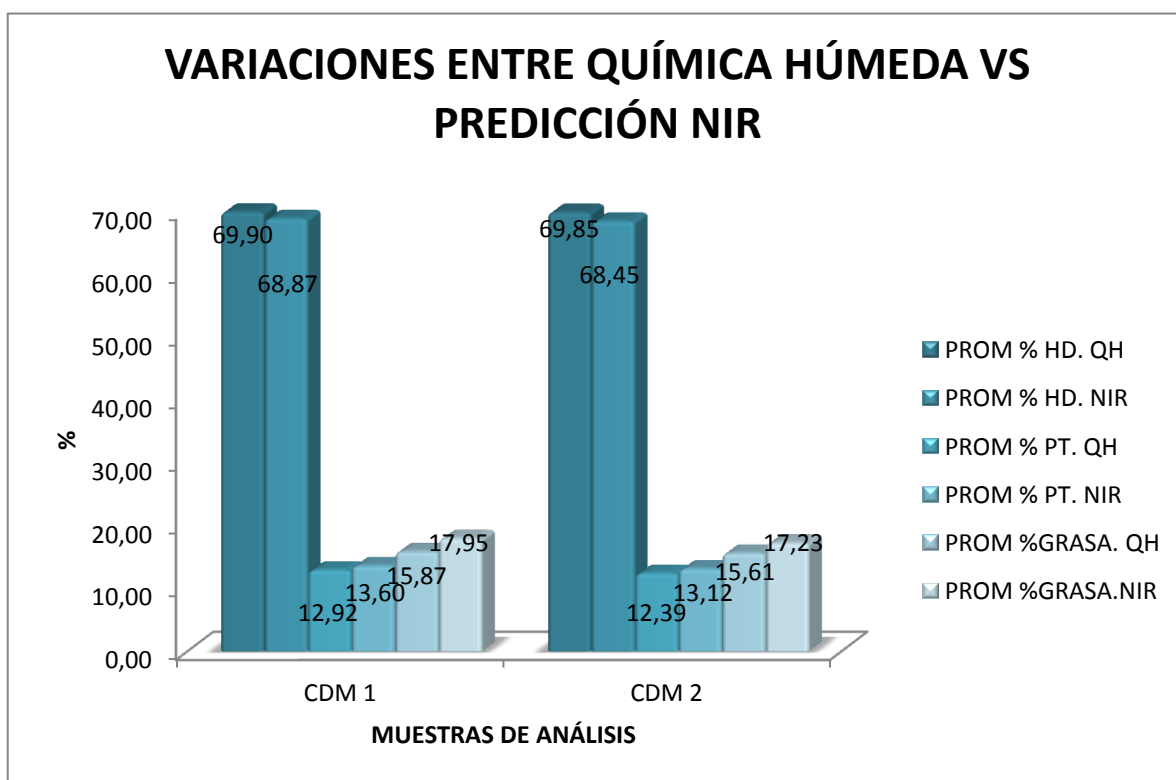
CDM 1, CDM 2, Carcaza de Pollo, Costillar de Pollo, Cuello con Piel de Pollo, Cuello sin Piel de Pollo, Hueso Contramuslo, Hueso de Pechuga, Rabadilla, Alas con Costillar, Alas sin Costillar, Butifarra Cerdo, Butifarra de Pollo, Chorizo de Cerdo, Chorizo de Pollo, Jamon de Cerdo, Mortadela de Pollo, Mortadela de Cerdo, Salchicha de Cerdo, Salchicha de Pollo, Salchichon de Cerdo, Salchichon de Pollo, Pechuga de Pollo, Pollo Entero, Muslos

Inicialmente se observan valores muy alejados de lo real que no nos permiten concluir absolutamente nada de la correlación.

Sin embargo ese comportamiento no se evidencia en estas dos muestras usadas como pastas para hacer embutidos cómo se observa en el gráfico a continuación.

Estas pastas son la mezcla homogénea de varias materias primas o partes del pollo de las que se mencionó anteriormente y su composición es definida mediante un modelo de formulación al que se le introducen los datos de las demás materias primas.

Gráfico 2. Muestras de CDM con cada uno de los parámetros



### Resultados Antes de los Ajustes de Bias

A pesar de que las muestras de CDM se han comportado bien en los análisis por química húmeda y espectroscopia NIR, las demás materias primas no presentaron tanta correlación entre

estos dos tipos de análisis y es debido a estas diferencias tan marcadas que se hace necesario realizar el ajuste del bias que se mencionó párrafos atrás.

En el tabla 1 se pueden observar solo los siguientes proyectos o productos Carcaza de Pollo, Costillar de Pollo, Cuello sin Piel de Pollo, Rabadilla, Alas con Costillar. Esto se debe a dos razones fundamentales:

Desavastecimiento de materias primas y/o muestras: por razones asociadas al proceso productivo en las plantas de proceso o por cierre de líneas de producción varios de los productos que inicialmente se tuvieron en cuenta para hacer los respectivos análisis y seguimientos se vieron completamente agotados. Esto no nos permite tener un análisis real a las muestras.

Predicciones NIR no concluyentes: para algunos productos el Equipo NIR en cada uno de los parámetros reportaba exclusivamente valores iguales a cero; estos valores no permiten tener un acercamiento lineal al valor real encontrado por la química húmeda por esta razón estas muestras deberán tener un tratamiento especial que requiere un desarrollo del espectro.

Por esta razón solo se muestran los siguientes resultados iniciales. En la tabla 1.

Tabla 1. Datos promedio de química húmeda y NIR de los productos en análisis antes de ajustes de bias

PARÁMETROS	Humedad Q.H	Humedad NIR	$\Delta$ ( H. QH - H. NIR)	Proteína Q.H	Proteína NIR	$\Delta$ ( PT. QH - PT. NIR)	Grasa Q.H	Grasa NIR	$\Delta$ ( PT. QH - PT. NIR)
<b>PRODUCTO</b>									
Promedio datos Carcaza de Pollo	75,46	29,26	46,20	14,87	58,81	43,94	8,28	15,00	6,72
DEVEST. Datos Carcaza de Pollo	2,51	9,95	7,44	1,24	6,51	5,26	1,73	5,70	3,97
Promedio datos Costillar de Pollo	69,85	26,23	43,62	11,47	56,72	45,26	15,70	10,60	5,11
DEVEST. Datos Costillar de Pollo	3,85	7,10	3,25	3,11	3,15	0,04	4,01	2,39	1,60
Promedio datos Cuello sin piel	69,69	23,50	46,19	12,07	55,91	43,80	16,27	49,74	33,50
DEVEST. Datos Cuello sin piel	6,61	5,88	0,70	1,59	1,10	0,50	7,28	15,77	8,50
Promedio datos Rabadilla	64,76	24,81	39,95	10,84	50,33	39,50	22,05	20,31	1,74
DEVEST. Datos Rabadilla	4,82	4,31	0,50	1,95	4,66	2,71	6,22	3,54	2,70
Promedio Ala con costillar	73,43	26,51	46,91	12,65	56,71	44,10	12,80	8,55	4,26
DEVEST. Ala con costillar	2,38	7,25	4,87	1,10	3,37	2,27	1,82	3,87	2,05

Como se observa en la tabla 1, los valores de cada uno de los parámetros tanto por química húmeda como por NIR están muy desfasados, hecho que se evidencia en el  $\Delta$  ( Q.H – NIR).

Adicionalmente las diferencias en la desviación estándar del total de datos analizados por química húmeda y los de NIR permiten concluir que los datos obtenidos por el análisis en el NIR están bastante heterogéneos y no presentan alguna tendencia uno con respecto al otro.

Con base en estos datos y en el análisis de datos, se permitió ir ajustando el bias de estas muestras en cada ocasión y este proceso se hizo en varias ocasiones hasta que se evidenciara una mejora en la curva esperada y que los datos fueran cada vez más correlacionados.

## Resultados Después de los Ajustes de Bias

Tabla 2. Datos promedio de química húmeda y NIR de los productos en análisis después de ajustes de bias.

PARÁMETROS	Humedad Q.H	Humedad NIR	$\Delta$ ( H. QH - H. NIR)	Proteína Q.H	Proteína NIR	$\Delta$ ( PT. QH - PT. NIR)	Grasa Q.H	Grasa NIR	$\Delta$ ( PT. QH - PT. NIR)
<b>PRODUCTO</b>									
Promedio datos Carcaza de Pollo	77,12	85,44	8,30	13,06	15,58	2,50	9,25	14,06	4,80
DEVEST. Datos Carcaza de Pollo	6,83	0,59	6,20	3,76	2,28	1,50	0,83	0,61	0,20
Promedio datos Costillar de Pollo	72,15	77,52	5,40	12,43	9,28	3,15	14,40	12,38	2,02
DEVEST. Datos Costillar de Pollo	2,94	0,55	2,40	1,45	3,26	1,81	3,33	1,94	1,40
Promedio datos Cuello sin piel	76,98	76,01	0,97	12,48	12,25	0,23	9,17	0,00	9,17
DEVEST. Datos Cuello sin piel	5,15	0,51	4,60	1,41	1,61	0,20	4,90	0,00	4,90
Promedio datos Rabadilla	62,72	69,84	7,10	9,12	7,16	1,96	25,34	24,61	0,73
DEVEST. Datos Rabadilla	7,49	0,57	6,90	2,36	1,88	0,50	12,71	3,09	9,60
Promedio Ala con costillar	74,30	81,40	7,10	13,21	10,67	2,55	12,63	8,78	3,85
DEVEST. Ala con costillar	2,46	1,13	1,30	0,51	2,77	2,26	2,02	0,66	1,40

En la tabla 2 se observa una muy notoria disminución en los datos de  $\Delta(Q.H - NIR)$ . Esto quiere decir que los valores de Q.H son más parecidos a los encontrados en la lectura por el equipo NIR.

Otro aspecto que se observa es que las desviaciones están inferiores a las encontradas en la tabla 1 antes del ajuste; esto quiere decir que los datos están más organizados y no tan dispersos permitiendo corroborar un funcionamiento adecuado para estas muestras.

## Conclusiones y Recomendaciones

Con los resultados obtenidos es claro que el equipo NIR es una tecnología que ayuda a mejorar la eficiencia en el proceso para la toma de decisiones en términos de costos, tiempo y recurso humano. Los análisis bromatológicos de una pasta de pollo y/o una materia prima usada para hacer estas pastas tienen un costo muy significativo para una industria.

Durante el proceso de análisis se evidencia que los ajustes realizados al equipo ayudaron a estandarizar los resultados arrojados por el equipo NIR frente a la química húmeda. Lo que permite tener resultados más confiables y precisos en las diferentes variables.

Dado los buenos resultados obtenidos con los proyectos en estudio se propone el desarrollo de curvas para otras materias primas que aún no se han tenido en cuenta tales como: subproductos derivados de otros animales y/o con fórmulas que varíen su composición o que contengan un plus adicional.

Las rabadillas y los contramuslos son subproductos del pollo que se encuentran en grandes cantidades en la industria; el comportamiento de estas materias primas por análisis de química húmeda muestra bastante estabilidad por tal razón se propone mejorar el espectro de estos productos.

De acuerdo al seguimiento de los análisis en el equipo y dada la robustez y facilidad del mismo, se sugiere que lo manipule un operario. El equipo es muy práctico y amigable para manipularlo por tal razón no es necesario un estudio avanzado ni personal técnico para manejarlo, basta con una buena inducción de lo que se debe hacer para la manipulación.

Dado que el laboratorio genera diariamente alrededor de cinco litros de reactivo contaminante este equipo nos permite reducir los niveles de contaminación teniendo mayor número de análisis, . (Garbisu, 2005)

Adicional a estos costos que se pueden disminuir evidentemente el costo de oportunidad es el más determinante cuando nos referimos al análisis por espectroscopia NIR. Un análisis bromatológico completo tarda cerca de 6 horas hábiles, mientras que el equipo NIR realiza este análisis en 1 minuto incluyendo la disposición de la muestra. (Soldado et al., 2013)

La velocidad en este análisis permite tener capacidad de respuesta inmediata y determinar si es necesario realizar cambios en la línea de producción o si la fórmula que se está usando es ideal con lo esperado y si no lo fuera realizar un cambio inmediato evitando que la compañía desperdicie más materia prima antes de que salga el análisis por química húmeda.

Se propone desarrollar una curva de calibración para materias primas contaminadas conociendo el contaminante. Para el desarrollo de esta curva se contaminarían muestras en diferentes proporciones, se analizaría su química húmeda y a través de la quimiometría se haría la curva de calibración.

A partir de un proyecto ya creado generar otros proyectos independientes por proveedor de materias primas, de tal forma que un mismo producto se lea en proyectos diferentes cuando el proveedor de materias primas cambie.

Mirar nuevas tecnologías en el mercado de los NIR que permitan bajar el nivel de incertidumbre en el equipo. Que sea sostenible en el tiempo y que sea competitivo comercialmente con los equipos que se disponen en el mercado.

Se propone una mejora en el software de análisis del equipo con la adición de un mini pc, que nos permita realizar la transición entre el sistema operativo Windows XP y el Windows 7. Esta mejora permite tener mayor velocidad en el software de análisis así como mejoras en la memoria RAM del equipo.

Con el NIR no se puede tener más exactitud, pero si un factor de seguridad mucho más alto. Nutricionalmente es muy importante pues se evidencia variabilidad en el proceso y que la formula se correlaciona con los datos reales. Tomando decisiones más precisas y más inmediatas. (Workman et al., 2003).

El nutricionista puede determinar la correlación que hay entre el proceso y los valores esperados en la formulación. Se podrán tomar decisiones sobre el producto sin esperar la química húmeda y detener el proceso.

El disponer de un equipo calibrado y ajustado que permite hacer trazabilidad a cada lote que sea fabricado y liberado al mercado permite asegurar que se está cumpliendo con la norma y que aquello que se publica en la etiqueta coincide con lo real. De esta forma el cliente puede recibir un producto de calidad, y con los parámetros bromatológicos requeridos por el ente regulador del país.

El nutricionista puede tener un visualizador online que le permite evaluar y hacerle trazabilidad a las materias primas que van a ser usadas en la formula. De esta forma podrá hacer

cambios desde su puesto de trabajo sin necesidad de dirigirse a la planta o al laboratorio; optimizando el proceso productivo y la toma de decisiones.

## Presupuesto

Tabla 3. Descripción Gastos de Personal

<b>DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Función en el proyecto</b>	<b>Dedicación horas/sem</b>	<b>Costo/semana</b>	
Jhon Fredy Ocampo	Recepción, análisis y lectura de muestras	20	300.000	4'800.000
Asesor monografía	Asesoría en la elaboración de la monografía	20	----	
<b>TOTAL</b>				<b>5'800.000</b>

Tabla 4. Relación compra de equipos

<b>COMPRA DE EQUIPOS</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Justificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Equipo NIR	Lectura de las muestras problema	1	160'000.000
Computador	Recopilación de información y elaboración trabajo escrito	1	1'200.000
Impresora	Informe escrito y borradores	1	250.000
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>161'450.000</b>

Tabla 5. Relación en compra de papelería

<b>COMPRA DE PAPELERÍA</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Justificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Resma de papel	Impresión trabajo escrito	1	7.800
Bolígrafos	Recopilación información	4	4.800
Cuadernos	Recopilación información	1	2.000
Memorias USB	Recopilación información	2	30.000
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>44.600</b>

Tabla 6. Costos de Análisis por Química Húmeda

<b>GASTOS POR QUÍMICA HÚMEDA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>	<b>Cantidad de análisis/ 16 semanas</b>	<b>Costo</b>
Costo análisis de Proteínas	Análisis requeridos para curvas de calibración y líneas base	160	2'528.736
Costo análisis de grasas	Análisis requeridos para curvas de calibración y líneas base	160	2'332.848
Costo análisis de humedad	Análisis requeridos para curvas de calibración y líneas base	160	552.048
Costo análisis de cenizas	Análisis requeridos para curvas de calibración y líneas base	160	712.320
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>	<b>6'125.952</b>

Tabla 7. Relación Costos Totales

<b>PRESUPUESTO GLOBAL</b>		
<b>Rubros</b>	<b>Fuentes de financiación</b>	<b>Total</b>
Gastos Personal	Recursos propios	<b>5'800.000</b>
Compra de equipos	Recursos propios	<b>161'450.000</b>
Compra de papelería	Recursos propios	<b>44.600</b>
Gastos por química húmeda	Recursos propios	<b>6'125.952</b>
<b>TOTAL</b>		<b>173'420.552</b>

## Referencias

Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., & Mills, E. W. (2001). Principles of Meat Science (4th ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Co.

AOAC. 1997. Official methods of analysis; Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. va. USA. 1298 p.

Benavente Ana, Ato Manuel , Lopez J.Juan. ( 2006) Procedimientos para detectar y medir el sesgo entre observadores. Anales de Psicología. 22(1), 161-167

Borjas O. Eva,(2002) Establecimiento y validación de curvas de calibración NIRs para determinar la calidad química del jamón Virginia (Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria) Zamorano, Honduras.

Burns, D.A. y Ciurczak, E.W. (1992). Handbook of near infrared analysis. Burns, D. A. and Ciurczak, E.W. (eds.) Marcel Dekker, New York, NY, USA.

Cen, H. y He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. Trends in Food Science and Technology, 18, 72-83.

Cozzolino, D. Murray, I. Paterson, R. 1996. Visible and near infrared reflectance spectroscopy for the determination of moisture, fat and protein in chicken breast and thigh muscle. Journal of Near Infrared Spectroscopy 4, 213–223 (1996)

Cozzolino, D; Murray, I. 2002. Effect of sample presentation and animal muscle species on the analysis of meat by near infrared reflectance spectroscopy (en línea). Journal of Near Infrared Spectroscopy 10, 37–44 (2002).

Duglas A. Skoog, F. James Holler, Timothy A. Nieman, (1992). Principios de Análisis Instrumental (5<sup>th</sup> ed).

E. Restainoa, A. Fassioa and D. Cozzolino (2011). Discriminación de muestras de pate´ de carne según tipo de especie mediante el uso de la espectroscopia en el infrarrojo cercano y la quimiometría. *CyTA – Journal of Food*, 9,(3), November 2011, 210–213

FAO, OMS. 1995. Codex Alimentarius. Métodos de Análisis y Muestreo. 2 (13). Roma.

G. Ripoll , P. Albertí , B. Panea J.L. Olleta, C. Sañudo(2008). Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. 80, 697–702

Garbisu, C, Alonso, E, Luengas, I, Aristegieta, A. Murua, G. (2005). Determinación de parámetros nutricionales por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS). Informe técnico final FEED NIRS.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2008) Industrias Alimentarias: Productos Cárnicos Procesados no Enlatados. Bogotá : ICONTEC, 2008. (NTC 1325).

M. De Marchi, P. Berzaghi, A. Boukha, M. Mirisola, L. Gallo (2007). Use of near infrared spectroscopy for assessment of beef quality traits. *ital.j.anim.sci.* 6, 421-423, 2007

Martínez C Cristina , (2013) Implantación de la tecnología NIRS en aplicaciones in-situ como herramienta de apoyo a las decisiones en el sector primario (tesis de maestría)Universidad de Oviedo, España.

Millmier A, Lorimor J, Hurburgh Jr, C; Fulhage C; Hattey J Zhang h (2000). Near-infrared sensing of manure nutrients. *Transactions of the ASAE*, 43 (4), 903–908.

Nicolai, B.M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K.I y Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 99-118.

Paolo Berzaghi, Roberto Riovanto, (2009). Near infrared spectroscopy in animal science production principles and applications. *Ital.J.Anim.Sci.* 8 (3), 39-62, 2009

Perten Instrument, Unscrambler X 10.2 Training, Manual de procedimiento Nir DA 7200. 2014

Perten Instrument, (2015), Recuperado de <http://www.perten.com/es/Productos/Analizador-NIR-DA-7250/Especificaciones/>

Pierna. F. Juan Antonio et al. (2013). Standardization of NIR microscopy spectra obtained from inter-laboratory studies by using a standardization cell. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* 17(4), 547-555.

Riovanto R, et al. (2009). Near infrared spectroscopy (NIRS) as a tool to predict meat chemical composition and fatty acid profile in different rabbit genotypes. *Ital.J.Anim.Sci.* 8,799-801

Samantha A. Hawkins, Brian Bowker, Hong Zhuang, Gary Gamble & Ronald Holser. (2014). Post-Mortem Chemical Changes in Poultry Breast Meat Monitored With Visible-Near Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Research*; 3, (3)

Soldado, A, Fernández,, Martínez, A. de la Roza D. B. (2013). The transfer of NIR calibrations for undried grass silage from the laboratory to on-site instruments: Comparison of two approaches, *Talanta*, 105, 8-14.

Soldado,A, Fonseca, I, Martínez Fernández,A., Modroño, S. y de la roza delgado, b. (2013). Del laboratorio al campo: Caracterización de Ensilados de Maíz con Sensores NIRS portátiles. En: Los Pastos: nuevos restos, nuevas oportunidades . 195-202

Varo G. A, et al. (2005) Near infrared spectroscopy for enforcement of European legislation concerning the use of animal by-products in animal feeds. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **9** (1), 3–9

Wehling, RL. 1998. Basic principles of spectroscopy. In Nielsen, S. Food analysis. 2 ed. Indiana US. RB. 630

Willy Mamani-Linares, Daniel Alomar, Carmen Gallo. (2012). Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the identification of beef, llama and horse jerky. *43 (2) 2012*

Workman Jr., J, Koch, M. y Veltkamp D. (2003). Process analytical chemistry. *Anal. Chem.*75. pp. 2859–2876.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) , 2015 recuperado de <http://www.dane.gov.co/>

NTC 1677. Carne y Productos Cárnicos. Determinación del contenido de Grasa libre. 1999

NTC 1556. Carne y Productos Cárnicos. Método para determinar contenido de Nitrógeno (método de referencia). 1999

NTC 1663. Carne y Productos Cárnicos. Determinación de Humedad (método de referencia)

Echeverri, Olga Isabel. Segunda edición. Química analítica Cuantitativa. 1999