

# UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

## Identificación de ácidos grasos trans presentes en galletas industriales y artesanales mediante espectrometría infrarroja

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**INGENIERA EN ALIMENTOS** 

**Autora:** 

ANDREA LISSETH MAURAD SALINAS

**Director:** 

PIERCOSIMO TRIPALDI CAPPELLETTI

**CUENCA – ECUADOR** 

2016

#### **DEDICATORIA**

A todas las personas que formaron parte de mi formación y aprendizaje, que compartieron su tiempo tan valioso para que yo pueda avanzar hasta el término de esta meta. Todos aquellos que en el transcurso de mi vida me han brindado su ayuda desinteresada, pensando simplemente en mi bienestar. Pero de manera especial a mi madre la Sra. Zoila Salinas, que ha sido mi inspiración y con su ejemplo de trabajo me ha enseñado que nada es imposible para lograr lo que uno se propone.

#### **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento va primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, gracias.

Me permito también agradecer a mis padres, por haberme apoyado y no haber dejado que me rinda en los peores momentos económicos, aquellos que nunca dudaron en privarse de muchas cosas para que yo pueda continuar en esta gran travesía, gracias.

Mi hermana, hermanos, primos y tíos maternos que de una u otra forma me han alentado, con sus palabras, sus acciones, su ayuda desinteresada e incondicional hacia mí, nunca lo olvidare, gracias.

A mis amigas/os y compañeras/os que en el transcurso de estos años de estudio se volvieron mis hermanas/os, confidentes, que siempre estuvieron ahí, animándome a continuar para concluir con mis estudios, siempre serán parte importante en mi vida, gracias.

Gracias también a mis profesores que compartieron sus conocimiento y sabiduría para formar a la persona que soy; pero de manera muy especial quiero agradecer al Ing. Andrés Pérez, quien me apoyo con sus conocimientos y me motivo a concluir este trabajo, gracias.

De igual manera agradecer a mi director de tesis, Dr. Piercosimo Tripaldi por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudaron a formarme como persona e investigador, gracias.

Pido disculpas si no he mencionado a todos quienes han sido parte importante de este camino, pues este papel quedaría tan corto para nombrarlos a todos, mi infinito agradecimiento a todos, gracias.

Que Dios los bendiga y los colme de dicha a cada uno de ustedes por tanta bondad.

#### ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATO	ORIA	ii
AGRADEC	IMIENTO	iii
ÍNDICE DE	E CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE	E FIGURAS	vi
ÍNDICE DE	E TABLAS	vii
	Γ	
	CCIÓN	
OBJETIVO	S	3
CAPITULO	O I MARCO TEÓRICO	4
	cidos Grasos	
1.1.1		
1.1.1		
	1.2 Ácidos grasos insaturados	
	cidos grasos cis:	
	cidos grasos trans:	
1.1.2	Nomenclatura	6
1.1.3	Mecanismo de riesgo de los AGt para enfermedad cardiovascular	7
1.1.4	Estabilidad y propiedades de ácidos grasos trans	9
1.1.5	Fuente de ácidos grasos trans	9
1.1.5	5.1 Fuente natural: biohidrogenación	11
1.1.5	5.2 Fuente industrial: hidrogenación	12
1.1.6	Legislación de ácidos grasos trans	13
1.1.7	Etiquetado de grasas trans	14
1.2 Es	spectrometría infrarroja	
1.2.1	Regiones del espectro infrarrojo	
1.2.2	Principios teóricos en que se basa la técnica	
1.2.3	Modos normales de vibración	
1.4.0	1/1/4/0 11/0111M1/0 GO /10/1W/I/II	

1.2	4	Espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier	20
1	1.2.4.1	Mecanismo de acción	20
1	1.2.4.2	Ventajas	21
1.2	5	Aplicaciones del IR en análisis cualitativo	22
]	Industr	ia alimentaria:	23
1.2	6	Preparación de las muestras	23
1	1.2.6.1	Muestras líquidas	23
1	1.2.6.2	Muestras sólidas	25
1.2	7	Interpretación y tratamiento de los resultados	26
1	1.2.7.1	Análisis bidimensional de los datos: Método de los mínimos cuadrados	26
	1.2.7	.1.1 Suposiciones básicas del método de los mínimos cuadrados	27
		.1.2 Cálculo de los coeficientes de regresión por mínimos cuadrados para ner la línea de regresión	
CAPÍT	ULO I	I: MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1	Mate	riales, reactivos, equipos y muestras	28
2.2	Méto	odos	28
2.2	.1	Toma de la muestra	28
2.2	2	Extracción del material graso con soxhlet	29
2.2	3	Validación del modelo:	31
2.2	.4	Preparación de la curva de Calibración	31
2.2	5	Medición de la curva de calibración y las muestras	32
CAPÍT	ULO I	II: RESULTADOS	33
3.1	Extra	acción de la grasa	33
3.2	Curv	a de Calibración	34
3.3	Lect	ura y cuantificación de las muestras	35
CONCI	LUSIO	NES Y RECOMENDACIONES	38
RIRLIC	)CRA	FIA	40

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de ácido graso saturado	5
Figura 2: Estructura de un ácido graso insaturado	5
Figura 3: Isómeros cis y trans	6
Figura 4(a): Nomenclatura del ácido oleico	7
Figura 5(b): Nomenclatura del ácido linoleico	7
Figura 6: Origen de los isómeros trans	11
Figura 7: Espectro infrarrojo de PVC en unidades de absorbancia	17
Figura 8: Modos normales de vibración. El signo + indica movimiento desde la página	hacia
el lector y el signo – que el átomo permanece en el plano de la página	19
Figura 9: Diagrama simplificado de un espectrómetro por Transformada de Fourier	20
Figura 10: Medida de la longitud de paso óptico de una celdilla de transmisión	25
Figura 11 Extractor Soxhlet	30
Figura 12: Diagrama de extracción de la fuente lípidica	31
Figura 13: Banda de absorción Trans 950-990 del ácido elaídico	32
Figura 14: Modelo de regresión	34

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ácidos grasos más frecuentes	4
Tabla 1.2: Ácidos grasos más comunes en la dieta diaria	10
Tabla 1.3: Alimentos con alto contenido de ácidos grasos y trans	12
Tabla 1.4: Formato de declaración del contenido de ácidos grasos	14
Tabla 1.5: Reporte de nutrientes para el etiquetado	15
Tabla 1.6: Porciones recomendadas por la norma	16
Tabla 1.7: Regiones del espectro infrarrojo	18
Tabla 1.8: Grados de libertad requeridos para describir el movimiento en una molécula	19
Tabla 2.1: Marcas de galletas industriales	29
Tabla 2.2: Marcas de galletas declaradas artesanales	29
Tabla 3.1: Porcentual de material graso de las muestras	33
Tabla 3.2: Estadístico de bondad de ajuste	35
Tabla 3.3: ANOVA del modelo	35
Tabla 3.4: Porcentaje de ácidos grasos trans en las muestras	36
Tabla 3.5: Resultados de conformidad y no conformidad de las muestras estudiadas	37



### IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS TRANS PRESENTES EN GALLETAS INDUSTRIALES Y ARTESANALES SIN RELLENO, MEDIANTE ESPECTROMETRÍA INFRARROJA

#### RESUMEN

Las grasas hidrogenadas contienen ácidos grasos trans que afectan en forma negativa la salud, elevan el colesterol malo(LDL) y reducen los niveles del colesterol bueno (HDL); por ello en este trabajo se determinó la presencia de grasas trans en 20 muestras de galletas industriales y 10 de presentación artesanal, que fueron tomadas de tres supermercados de la ciudad de Cuenca, los mismos que se analizaron mediante espectrometría infrarroja (FTIR), y con el fin de obtener un método de validación para ácidos grasos trans, se realizó la medición de una curva de calibración con ácido elaídico, resultando que el 13.33 % de las 30 muestras analizadas no cumplieron con los valores permitidos por la norma INEN 1334-2

**Palabras Clave**: Ácidos grasos trans, espectrometría infrarroja FTIR, galletas, grasas hidrogenadas, norma INEN 1334-2

Fausto Tobías Parra Parra

Piercosimo Tripaldi Cappelletti

Director de Escuela

Director de Tesis

Andrea Lisseth Maurad Salinas

Autora

#### IDENTIFICATION OF TRANS-FATTY ACID IN PLAIN INDUSTRIAL AND ARTISANAL COOKIES THROUGH INFRARED SPECTROSCOPY

#### ABSTRACT

Hydrogenated fats contain trans- fatty acids that affect health negatively, raise bad cholesterol (LDL) and reduce levels of good cholesterol (HDL). Therefore, through this this study it was possible to determine the presence of trans-fats in 20 samples of industrial cookies and 10 of artisanal type that were taken from three supermarkets in the city of Cuenca. The samples were analyzed through infrared spectroscopy (FTIR), and the measuring of a calibration curve *of* elaidic acid *was* performed in order to obtain a validation method for trans-fatty acids. The results showed that 13.33% of the 30 samples tested did not meet the values permitted by the NTE INEN 1334-2 technical standard norm.

**Keywords:** Trans- Fatty Acids, Infrared Spectroscopy FTIR, Cookies, Hydrogenated Fats, INEN 1334-2 Standard

Fausto Tobias Parra Parra School Director Piercosimo Tripaldi Cappellotti

Thesis Director

Andrea Lisseth Maurad Salinas
Author

Dpto. Idiomas

Lic. Lourdes Crespo

Maurad Salinas Andrea Lisseth

Trabajo de Titulación

Dr. Piercosimo Tripaldi Cappelletti

Mayo, 2016

## IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS TRANS PRESENTES EN GALLETAS INDUSTRIALES Y ARTESANALES SIN RELLENO, MEDIANTE ESPECTROMETRÍA INFRARROJA

#### INTRODUCCIÓN

En Ecuador, cada año mueren 12 700 personas por hipertensión arterial, males cerebrovasculares y cardiopatías. Se podrían evitar 10 muertes por día si mejoramos nuestros hábitos alimenticios. Al 2030, la Organización Mundial de la Salud calcula que morirán cerca de 23,3 millones de personas por enfermedades crónicas, en especial cardiopatías. El consumo de ácidos grasos trans (AGt), que se obtienen a través de la hidrogenación industrial de aceite, está siendo objeto de importantes estudios por parte de muchos autores, debido a que se ha demostrado que tiene una implicación negativa en la salud, incluso mayor al daño producido por las grasas saturadas, ya que sus isómeros incrementan los niveles de colesterol plasmático total y la fracción LDL (lipoproteína de baja densidad)-colesterol, y disminución de la fracción HDL(lipoproteína de alta densidad)-colesterol. Los consumidores son atraídos por alimentos cuya textura y sabores derivan de las grasas, de ahí el incremento del consumo de las mismas, otros factores que determinan el consumo de las grasas en los países es el entorno ambiental, los hábitos alimentarios, nivel educativo y la disponibilidad local de grasas y aceites. El proceso de hidrogenación permitió, por un lado, que los aceites tuvieran mayor estabilidad y fueran menos susceptibles al enranciamiento oxidativo y por otro, obtener grasas con una textura sólida o semisólida similar a las grasas de origen animal. Mediante el acuerdo ministerial No 4439, el Ministerio de Salud regula una norma donde se establezca el límite de grasas trans en alimentos procesados que los contengan. Dicho límite para estos alimentos es de dos gramos de grasas trans por 100 gamos de materia grasa. Se encuentran exentas las grasas animales provenientes de carnes de rumiantes y sus derivados, así como los productos lácteos. Con el fin de precautelar un consumo de dichas grasas dañinas, en el presente trabajo se determinará la presencia de ácidos grasos trans en diversas marcas de galletas industriales y artesanales sin relleno, mediante espectrometría infrarroja.

#### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General:**

 Determinar la presencia y la cantidad de ácidos grasos trans en galletas industriales y artesanales, sin relleno, mediante el método de espectrometría infrarroja.

#### **Objetivos Específicos:**

- Validar el método de medición de ácidos grasos trans.
- Realizar un muestreo al azar, con la adquisición de muestras de galletas industriales y artesanales expendidas en supermercados de la ciudad de Cuenca.
- Obtener un modelo multivariante para el cálculo del contenido de ácidos grasos
- Estudiar estadísticamente los resultados de los ácidos grasos trans en las muestras.
- Elaborar un cuadro de resultados de comparación entre el resultado obtenido y la información de las etiquetas.

#### CAPÍTULO I

#### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Ácidos Grasos

"Son compuestos orgánicos formados por largas cadenas lineales hidrocarbonadas que puede tener entre 4 y 24 átomos de carbono, con un grupo carboxilo terminal", como se muestra en la Tabla 1.1 (Toledano, 2006).

Tabla 1.1 Ácidos grasos más frecuentes

	nero le onos	Numero de dobles enlaces	Nombre comun	Nombre sistematico	Formula
	4	0	Butírico	Butanoico	CH <sub>5</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH
	6	0	Caproico	Hexanoico	CH <sub>5</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH
	8	0	Caprilico	Octanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH
60	10	0	Cáprico	Decanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH
SATURADOS	12	0	Láurico	Dodecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH
IRA	14	0	Mirístico	Tetradecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH
MTU	16	0	Palmítico	Hexadecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH
S	18	0	Esteárico	Octadecanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH
	20	0	Araquídico	Eicosanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH
	22	0	Behénico	Docosanoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> COOH
	24	0	Lignocérico	Tetracosanoico	CH3(CH2)22COOH
	16	1	Palmitoleico	9cis-hexadecaenoico	CH3(CH2)5CH=CH(CH2)7COOH
SO	18	1	Oleico	9cis-octadecaenoico	CH3(CH2)7CH=CH(CH2)7COOH
유물	18	1	Elaídico	9trans-octadecaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
MONO- INSATURADOS	20	1	Gadoleico	9cis-eicosaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> COOH
NSA N	20	1	Gondoico	11cis-eicosaenoico	CH3(CH2)7CH=CH(CH2)9COOH
-	22	1	Erúcico	13-cis-docosaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> COOH
600	20	3	Mead	5c, 8c, 11c-eicosatrienoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH-CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
	18	2	Linoleico	9cis, 12cis-octadecaenoico	CH3(CH2)4CH=CHCH2CH=CH(CH2)7COOH
	18	3	y-linolénico	6c, 9c, 12c-octadecatrienoico	CH3(CH2)4CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CH(CH2)4COOH
9	20	3	Dihomo-y-linolénico	8c, 11c, 14c-eicosatrienoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH
900	20	4	Araquidónico	5c, 8c, 11c,14c eicosatetraenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
	22	4	Adrénico	7c, 10c, 13c, 16c docosatetraenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOH
	22	5	Osmond	4c, 7c, 10c, 13c, 16c docosapentaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CHCH <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOR
	18	3	a-linolénico	9c, 12c, 15c-octadecatrienoico	CH3CH2CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CH(CH2)7COOH
	18	4	Estearidónico	6c, 9c, 12c, 15c octadecatetraenoico	CH3CH2CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CH3(CH2CH=CH)4(CH2)4COOI
603	20	5	Timnodónico	5c, 8c, 11c,14c, 17c eicosapentaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> CH=CH) <sub>5</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH
3	22	5	Clupanodónico	7c, 10c, 13c, 16c, 19c docosapentaenoico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> CH=CH) <sub>5</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOH
	22	6	Clupadónico	4c, 7c, 10c, 13c, 16c, 19c	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> CH=CH) <sub>6</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH
	10000		o cervónico	docosahexaenoico	

Fuente: (Mataix, 2008)

#### 1.1.1 Clasificación

Los ácidos grasos de la dieta más comunes han sido subdivididos en tres grupos según el grado de insaturación: los ácidos grasos saturados (SFA) no poseen dobles enlaces, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) poseen un doble enlace y los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) poseen dos o más dobles enlaces ((FAO), 2012).

#### 1.1.1.1 Ácidos grasos saturados

Son cadenas lineales de carbono e hidrogeno (-CH2 -) unidos en enlaces simples (ver Figura 1). Son sólidos a temperatura ambiente debido a que tienen una estructura lineal muy compacta lo que hace que tengan un punto de fusión muy elevado. Las grasas de origen animal son generalmente ricas en ácidos grasos saturados (Ballesteros, 2012).

Figura 1: Ejemplo de ácido graso saturado

Fuente: (Pariona, 2009)

#### 1.1.1.2 Ácidos grasos insaturados

"Sus dobles enlaces están carbón-carbón (-CH = CH-) (ver Figura 2) en su cadena y sus moléculas presentan codos, con cambios de dirección en los lugares donde aparece un doble enlace" (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

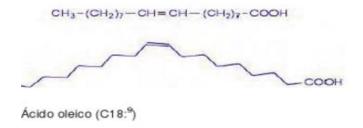


Figura 2: Estructura de un ácido graso insaturado

Fuente: (Pariona, 2009)

Estas grasas insaturadas con dobles enlaces implica la existencia de isómeros geométricos y dependiendo de la orientación en el espacio de estos dobles enlaces pueden existir dos configuraciones: cis y trans. La mayoría de los ácidos grasos insaturados que existen en la naturaleza presentan configuración cis, es decir son líquidos a temperatura ambiente y son susceptibles al enranciamiento (Toledano, 2006).

**Ácidos grasos cis:** "Los átomos de hidrógeno unidos a los dobles enlaces se encuentran en el mismo plano" (Figura 3) ((FAO), 2012).

**Ácidos grasos trans:** "Los átomos de hidrógeno se encuentran en los planos opuestos" como se muestra en la Figura 3 ((FAO), 2012).



Configuración Cis Configuración Trans

Figura 3: Isómeros cis y trans Fuente: (Valenzuela, 2008)

#### 1.1.2 Nomenclatura

La Internacional Unión of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), establece que la nomenclatura de los ácidos grasos debe indicar: el número de carbonos, la cantidad y la posición de los dobles enlaces, si existen, y el tipo de isomería geométrica de los dobles enlaces. Por ejemplo, C18 indica un ácido graso de 18 carbonos. Si es saturado (sin dobles enlaces), se designa como C18:0, y si es insaturado, dependiendo del número de dobles enlaces, será C18:1, C18:2, o C18:3, cuando es mono, di o triinsaturado, respectivamente. Para los ácidos grasos insaturados, se indica la posición del doble enlace mediante la letra griega Δ. Por ejemplo, C18:1 Δ9c si el doble enlace se encuentra entre el carbono 9 y 10, contabilizando desde el grupo ácido funcional (grupo carboxilo). Si es un isómero cis, se indica como C18:1

 $\Delta$ 9c, se trata del ácido oleico, C18:2  $\Delta$ 6c, se trata del ácido linoleico. Si la isomería es trans, será C18:1  $\Delta$ 9t. En este caso, se trata del ácido  $\Delta$ 9-octadecenoico-t, o ácido elaídico, el isómero trans del ácido oleico. La nomenclatura que se utiliza en nutrición y en medicina, con frecuencia obvia la letra  $\Delta$ . Así, el ácido oleico sería C18:1 9c y el elaídico C18:1 9t.en la Figura 4 y 5 se muestran los ejemplos (Valenzuela, 2008).

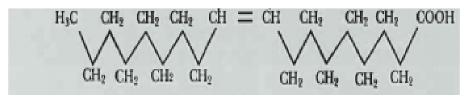


Figura 4(a): Nomenclatura del ácido oleico

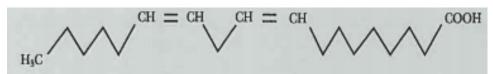


Figura 5(b): Nomenclatura del ácido linoleico

Fuente: (Mataix, 2008)

#### 1.1.3 Mecanismo de riesgo de los AGt para enfermedad cardiovascular

En Ecuador, cada año mueren 12 700 personas por hipertensión arterial, males cerebrovasculares y cardiopatías, según el Ministerio de Salud. La ministra Carina Vance asegura que se podrían evitar 10 muertes por día si mejoramos nuestros hábitos alimenticios. Al 2030, la Organización Mundial de la Salud calcula que morirán cerca de 23,3 millones de personas por enfermedades crónicas, en especial cardiopatías (El Comercio, 2013).

Los consumidores son atraídos por alimentos cuya textura y sabores derivan de las grasas, de ahí el incremento del consumo de las mismas, otros factores que determinan el consumo de las grasas en los países es el entorno ambiental, los hábitos alimentarios, nivel educativo y la disponibilidad local de grasas y aceites. La población que podría consumir mayor cantidad de grasas saturadas serían los niños y

jóvenes ya que tienen mayor acceso a productos pre envasados muchos de los cuales son ricos en grasas saturadas y trans por los ingredientes que componen a los mismos, como snacks, papas fritas, galletas, entre otros (Guzmán, 2011).

Estudios realizados hace 40 años proporcionaron evidencia de que los niveles elevados de colesterol sérico estaban asociados con enfermedades cardiovasculares. Se señalaba, que el origen del problema eran los consumos elevados de colesterol y de grasa saturada. Ante esta situación, la industria de alimentos respondió con un aumento en la producción de aceites vegetales parcial o totalmente hidrogenados, para paliar el problema. El proceso de hidrogenación permitió, por un lado, que los aceites tuvieran mayor estabilidad y fueran menos susceptibles al enranciamiento oxidativo y por otro, obtener grasas con una textura sólida o semisólida similar a las grasas de origen animal. De esta manera se pudo sostener el gusto del consumidor al sustituir las mantequillas por productos como las margarinas y se generalizó su uso incluyéndolas en un sin número de alimentos preparados. Sin embargo, a partir de los años noventa empezó a surgir evidencia epidemiológica y clínica de que los ácidos grasos trans (AGt) de la dieta aumentaban el riesgo de cardiopatía coronaria (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

Una ingestión elevada de grasas trans contribuye al aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular a través de varios mecanismos:

- a) Los AGT incrementan los niveles de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y disminuyen las de alta densidad (HDL), aumentando el riesgo cardiovascular en forma dual.
- b) Elevan los niveles de triglicéridos en sangre y la hipertrigliceridemia está asociada independientemente con el riesgo de enfermedad cardiovascular.
- c) Pueden afectar el metabolismo de los ácidos grasos esenciales y el balance de prostaglandinas a través de la inhibición de la enzima delta-6-desaturasa y como resultado pueden provocar trombogénesis.

d) La ingestión elevada de grasas trans puede ocasionar resistencia a la insulina (Castro, 2010).

#### 1.1.4 Estabilidad y propiedades de ácidos grasos trans

La estabilidad de la estructura de los ácidos grasos depende de la configuración espacial que tenga. Si los dobles enlaces están en posición trans, aumentan la estabilidad termodinámica y oxidativa (Toledano, 2006).

Las grasas insaturadas de manera natural se encuentran en una forma menos empaquetada debido a que ellas generalmente están en configuración cis, estas grasas tienden a ser susceptibles al enranciamiento. Por su parte, los dobles enlaces trans producen una configuración más rígida que requiere mucho menos espacio que el doble enlace cis resultando en un punto de fusión alrededor de la temperatura ambiente (punto intermedio entre las grasas saturadas y las insaturadas en configuración cis). Este punto de fusión es altamente deseable en la manufactura de alimentos debido a que provee características organolépticas favorables tales como textura y sabor (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

#### 1.1.5 Fuente de ácidos grasos trans

En la Tabla 1.2 se muestra algunos ácidos grasos y sus principales fuentes. Existen dos fuentes generadoras principales de grasas trans: natural e industrial. En la Figura 5 se resume el origen de los AGt aportados por la dieta.

Tabla 1.2: Ácidos grasos más comunes en la dieta diaria

<i>(</i>		T
Ácido graso	Nombre común	Fuente dietética
Saturados	,	
C4:0	Ácido butírico	Crema de leche
C5:0	Ácido valérico	Raís de valeriana
C6:0	Ácido caproico	Grasas y aceites animales
C8:0	Ácido caprílico	Aceite de palmiste
C10:0	Ácido cáprico	Aceite de coco
C12:0	Ácido láurico	Aceite de coco
C14:0	Ácido mirístico	Crema de leche y aceite de coco
C16:0	Ácido palmítico	Mayoría de grasas y aceites
C18:0	Ácido esteárico	Mayoría de grasas y aceites Manteca de cerdo, aceite de
C20:0	Ácido araquídico	cacahuate
C22:0	Ácido behénico	Aceite de mostaza
C24:0	Ácido lignocérico	Aceite de oliva
Monoinsaturados		
C16:1 omega-9	Ácido palmitoleico	Mayoría de grasas y aceites
C18:1 omega-9 (cis)	Ácido oleico	Mayoría de grasas y aceites Aceites vegetales hidrogenados, crema de leche, grasa de carne de
C18:1 omega -9 trans	Ácido elaidico	vaca
Poliinsaturados		
C18:2 omega-6 (cis)	Ácido linoleico	Mayoría de los aceites vegetales
C18:3 omega-6	Ácido-g-linolénico	Aceite de borraja y de onagra
C18:3 omega-3 (cis)	Ácido-a-linilénico Ácido dihomo-Υ-	Aceites de soya y canola
C20:3 omega-6	linolénico	Aceites de pescado
C20:4 omega-6 (cis)	Ácido araquidónico Ácido	Grasa de cerdo, grasa de aves
C20:5 omega-3 (cis)	eicosapentaenoico Ácido	Aceites de pescado
C22:5 omega-6	docosapentaenoico Ácido	Algunos tipos de algas
C22:6 omega-3 (cis)	docosahexaenoico	Aceite de pescado

Fuente: (Castro, 2010)

El ácido elaídico se va usar para realizar la curva de calibración, este es un ácido graso monoinsaturado, cuya insaturación está en posición trans, se le denomina C18:1 n-9 (trans), es el isómero trans del ácido oleico.

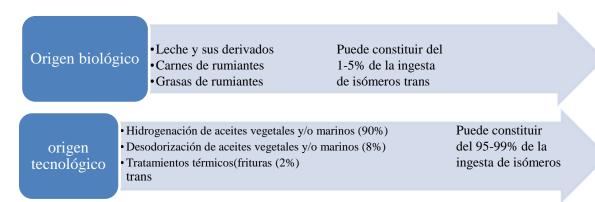


Figura 6: Origen de los isómeros trans

Fuente: (Valenzuela, 2008)

El 95-99% de los AGT de nuestra ingesta son de origen tecnológico.

#### 1.1.5.1 Fuente natural: biohidrogenación

Las grasas trans son formadas en el rumen de animales poligástricos tales como vacas, ovejas y cabras mediante un proceso de biohidrogenación parcial de los ácidos grasos insaturados. La hidrogenación ocurre por acción de bacterias isomerasas gástricas presentes en el rumen (Butyrivibrio fibrisolvens y Propionibacterium acnes) las cuales cambian los dobles enlaces cis de las grasas insaturadas a la posición trans. El ácido oleico, linoleico y linolénico contenidos en los granos, hojas, tallos, raíces y piensos se isomerizan transformándose en derivados di y monoinsaturados con isomería trans. Los AGT resultantes son absorbidos por el sistema gastrointestinal e incorporados a los músculos y a la leche producida por estos animales, por ello, podemos encontrarlos en pequeñas cantidades en la carne, leche y derivados y consecuentemente es imposible eliminarlos completamente de una dieta balanceada. Los principales AGT que contiene la leche, la mantequilla y la carne del ganado vacuno son el ácido vaccénico (18:1, 11t) un isómero del ácido linoleico y el ácido linoleico conjugado (CLA) (18:2, 9c 11t). Se estima que de la dieta, aproximadamente el 5% del consumo total de AGT proviene de las grasas de origen natural (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012). En la tabla 1.3 se muestran algunos alimentos de origen natural.

Tabla 1.3: Alimentos con alto contenido de ácidos grasos y trans

Alimento	Agt(g/100g alimento)	Origen
Burritos	0.9	Industrial
Caldo de pollo en cubos	1.95 (0.05-3.85)	Industrial
Carne	1.0	Natural
Crema de cacahuate	1.9 (0.7-3.1)	Industrial
Croissant	3.0 (0.7-7.6)	Industrial
Dona	3.9 (0.5-7.8)	Industrial
Enchiladas	1.1	Industrial
Galletas	3.5 (0.3-8.1)	Industrial
Hamburguesa	3.0 (0.8-7.5)	Industrial
Leche entera	0.09 (0.07-0.1)	Natural
Mantequilla	3.9 (2.0-7.0)	Natural
Margarina dura	39.8 (31.1-44.6)	Industrial
Palomitas de microondas	3.0	Industrial
Papas a la francesa	2.1 (0.2-3.7)	Industrial
Papas fritas	1.4 (0.1-5.7)	Industrial
Pizza	7.2 (5.7-8.7)	Industrial

Fuente: (Castro, 2010)

#### 1.1.5.2 Fuente industrial: hidrogenación

La hidrogenación es un proceso químico que mediante el uso de un catalizador, normalmente un metal pesado (niquel), e hidrógeno convierte los ácidos grasos insaturados en saturado, se realiza bajo presión y temperatura, burbujeando gas de hidrógeno en el aceite. En estas condiciones, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados experimentan varias modificaciones estructurales: El doble enlace puede ser hidrogenado y transformado en un enlace simple (saturado); la localización del doble enlace puede ser modificada (formación de isómeros posicionales) y; el doble enlace puede cambiar su configuración espacial, dando origen a isómeros trans (formación de isómeros geométricos). (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

La principal materia prima para el proceso industrial de hidrogenación son los aceites vegetales y marinos, dando como resultado productos sólidos o semi-sólidos, estables y de fácil manejo, muy apropiados como sustitutos de las mantecas o sebos

animales, y en particular de la mantequilla (Valenzuela, 2008). En la Tabla 3 se muestra, hay algunos ejemplos de alimentos de origen industrial.

Adicionalmente, los procesos de refinación a que se someten los aceites para mejorar sus características organolépticas, es la desodorización, donde esencialmente se usa un proceso de destilación con vapor que remueve los compuestos volátiles de las grasas que contribuyen a olores y sabores no deseados a alta temperatura (200-230°C) y vacío, son también una fuente de formación de AGT. Por lo cual, prácticamente todos los aceites de consumo doméstico contienen pequeñas cantidades de AGT (0,1-1%).

La fritura, tanto industrial como doméstica, que involucra temperaturas de hasta 180°C por tiempos prolongados, constituye otra fuente de formación de AGT, cuando los aceites que se utilizan son relativamente poliinsaturados (Valenzuela, 2008), (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

#### 1.1.6 Legislación de ácidos grasos trans

Mediante el acuerdo ministerial No 4439, el Ministerio de Salud regula una norma donde se establece un límite para grasas trans en alimentos procesados que los contengan. Dicho límite para estos alimentos es de dos gramos de grasas trans por 100 gamos de materia grasa. Se encuentran exentas las grasas animales provenientes de carnes de rumiantes y sus derivados, así como los productos lácteos. El objetivo del acuerdo es limitar la cantidad de grasas trans que pueden tener los aceites comestibles, margarinas y productos de pastelería, ya sean para los que se venden directamente al consumidor o para los utilizados como materia prima e insumos en la industria de alimentos: panaderías, restaurantes, o servicios de comida (catering) (Ministra de Salud Publica, 2013)

En otros países estas legislaciones ya se vienen dando, tal es el caso de Dinamarca que en el año 2006 aprobó leyes que limitan el uso de AGT a menos del 2% del total

de grasa en todos los alimentos del mercado, incluidos los importados y los que se expenden en restaurantes. Por otra parte en los países nórdicos la regulación se limitó a un 5% de AGT del total de grasa en comidas rápidas y menos de 2 g/100 g en las margarinas (Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A., 2012).

#### 1.1.7 Etiquetado de grasas trans

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1334-2 se estableció para el rotulado de etiquetas, con el fin de facilitar al consumidor información sobre los alimentos para que pueda elegir con discernimiento y tendrá por objeto suministrar a los consumidores un perfil adecuado de los nutrientes contenidos en el alimento y que se considera son de importancia nutricional. Dicha información no debe hacer creer al consumidor que se conoce exactamente la cantidad que cada persona debe comer para mantener la salud, sino más bien debe dar a conocer las cantidades de nutrientes que contiene el producto (INEN, 2011).

Cuando el alimento contenga más de 3 g de grasa total o se declaren la cantidad y/o el tipo de ácidos grasos, esta declaración debe seguir inmediatamente a la declaración del contenido total de grasas y debe usarse el formato siguiente de la tabla 1.4

Tabla 1.4: Formato de declaración del contenido de ácidos grasos

contenido total de grasa		
	ácidos grasos saturados	 g
de las cuales	ácidos grasos - trans	 g
	ácidos grasos mono insaturados	 g
	ácidos grasos poli insaturados	 G

Fuente: (INEN, 2011)

Y la manera de reportar los datos son los que a continuación se indican en la tabla 1.5

Tabla 1.5: Reporte de nutrientes para el etiquetado

Nutriente	Valores	Deben reportarse:
Energia Total (Calorias totales)	< 20,95 kJ (< 5 Cal)	puede expresarse como "cero"
Energía de grasa (Calorías de grasa)	20,95 - 209,5 kJ (5 - 50 Cal)	en incrementos de 20,95 kJ (5 calorías)
(declaración voluntaria)	> 209,5 kJ (> 50 Cal)	en incrementos de 41,9 kJ (10 calorías)
Energía de grasas saturadas (Calorías	< 20,95 kJ (< 5 Cal )	puede expresarse como "cero"
de grasas saturadas)		
(declaración voluntaria)	20,95 - 209,5 kJ (5 - 50 Cal)	en incrementos de 20,95 kJ (5 calorías)
	> 209,5 kJ (> 50 Cal)	en incrementos de 41,9 (10 calorías)
Grasa total, y	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
Grasa saturada	< 3 g	en incrementos de 0,5 g
	>3 g	número de gramos más cercano a la unidad
Grasa monoinsaturada, y	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
Grasa poliinsaturada	< 3 g	en incrementos de 0,5 g
0	>3 g	número de gramos más cercano a la unidad
Grasa Trans ()	< 0,5	puede expresarse como "cero"
	< 3 g	en incrementos de 0,5 g
	> 3 g	número de gramos más cercano a la unidad
Colesterol	< 2 mg	puede expresarse como "cero"
	2 - 5 mg	puede expresarse como "menos de 5 mg"
	> 5 mg	número de mg más cercano a la unidad
Sodio	< 5 mg	puede expresarse como "cero"
	5 - 140 mg	en incrementos de 5 mg
	> 140 mg	en incrementos de 10 mg
Potasio	< 5 mg	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	5 - 140 mg	en incrementos de 5 mg
	> 140 mg	en incrementos de 10 mg
Carbohidratos totales	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	>1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Fibra dietética	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	> 1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Fibra soluble	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	>1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Fibra insoluble	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	>1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Azúcares	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	> 1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Otros carbohidratos	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
(declaración voluntaria)	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	>1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Proteina	< 0,5 g	puede expresarse como "cero"
	< 1 g	puede expresarse "menos de un gramo"
	> 1 g	número de gramos más cercano a la unidad
Vitamina A	*	% VDR
Vitamina C		% VDR
Calcio		% VDR
Hierro		% VDR
Vitaminas y minerales voluntarios	2% -10% VDR	en incrementos de 2%
	10% - 50% VDR	en incrementos de 5 %
	> 50% VDR	en incrementos de 10%

Fuente: (INEN, 2011)

Como se aprecia en la Tabla 1.5 los valores para grasas trans, si se tiene un valor < 0.5g se puede expresar como 0, pero no necesariamente quiere decir q no las contenga, sino que son valores minimos que no afectaria la salud del consumidor. La información debe expresarse en g por 100 g o por 100 cm3 (ml) o por porción, y esta debe aparecer inmediatamente después del título "Información Nutricional.

"Poción es la cantidad de alimento consumido por costumbre y por ocasión, la cual puede ser expresada en una medida común casera apropiada de acuerdo al alimento, ejemplo: taza, trozo, cuchara, etc." (INEN, 2011). En la tabla 1.6 se puede considerar algunas de las porciones de los alimentos que están dentro del tema de estudio como son las galletas.

Tabla 1.6: Porciones recomendadas por la norma

Panadería		
Productos de panadería, bizcochos de diferente tipo, pan de maíz	55 g	pieza(s) ( g)
Pan (excluyendo pan de dulce)	50 g	pieza(s) ( g) de pan en rebanadas o piezas
Pan, palitos	15 g	pieza(s) ( g)
Pastelillos de chocolate	49 g	pieza(s) ( g); rebanadas ( g) c granel
Pasteles, compactos (pasteles de queso, piña, frutas, nuez, verduras, con 35% o más del peso final de frutas, nuez, verduras) <sup>7</sup>	125 g	pieza(s) (g) para unidades discretas (rebanadas o productos empacados en forma individual;g para unidades discretas grandes
Pasteles, semicompactos (pasteles químicamente esponjados, con o sin relleno, excepto los clasificados como ligeros: pasteles con menos de 35% del peso final de fruta, nuez o verdura) <sup>6</sup>	80 g	pieza(s) ( g) para unidades discretas; g para unidades discretas grandes
Pasteles, ligeros (estilo ángel, esponjado, sin relleno) <sup>9</sup> Pastelillo para café, budín, rosquillas, danés, rollos dulces, pan de dulce	55 g	pieza(s) ( g) para unidades discretas; g para unidades discretas grandes
Galletas	30 g	pieza(s) ( g)
Galletas no consumidas como bocado, conos de helado (barquillo)	15 g	pieza(s) ( g)
Cubitos de pan	7 g	cucharada(s) (g) ó taza(s) (g) ó pieza(s) (g) para unidades grandes
Rebanadas de pan tostado (estilo francés)	110 g de rebanadas de pan tostado preparadas	pieza(s) ( g)
Barras de cereal con o sin relleno o cubierta, por ejemplo, barras de desayuno, barras de granola, barras de cereal de arroz	40 g	pieza(s) ( g)
Conos de helado <sup>6</sup>	15 g	pieza(s) ( g)
Pie, pasteles de frutas, frutas tostadas, tartas, tortas, otros postres	125 g	pieza(s) (g) para unidades discretas; g para unidades discretas grandes
Corteza para pie, pasteles	1/6 de cortesa de 20 cm, 1/8 de corteza de 23 cm	1/6 de cortesa de 20 cm (g); 1/8 de corteza de 23 cm (g)
Corteza de pizza	55 g	fracción de rebanada ( g)
Tortilla tostada para taco	30 g	pieza(s) ( g)
Waffles	85 g	pieza(s) ( g)
- Miller	00 g	

Fuente: (INEN, 2011)

Para las galletas la porcion recomendada según la tabla 6 es de 30g.

#### 1.2 Espectrometría infrarroja

"La Espectrometría infrarroja es una representación gráfica de la intensidad de radiación infrarroja medida en función del número de ondas" (Faraldos, 2011), como se muestra en la Figura 6

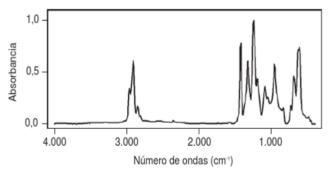


Figura 7: Espectro infrarrojo de PVC en unidades de absorbancia

Fuente: (Faraldos, 2011)

Normalmente se representa intensidad, frente a su posición. Es decir la información que suministra en el eje de las abscisas, representa números de ondas o longitud de onda (como se muestra en la tabla 1.7), en sentido decreciente, es de gran utilidad desde el punto de vista cualitativo, mientras que en el eje de las ordenadas, se representa absorbancia o transmitancia y se sitúa la intensidad de las bandas de absorción y representa una información de carácter cuantitativo (Faraldos, 2011).

#### 1.2.1 Regiones del espectro infrarrojo

"El intervalo que abarca la espectroscopia infrarroja puede dividirse en tres regiones: infrarrojo cercano (NIR), medio (MIR) y lejano FAR), con sus respectivas siglas en inglés" (Faraldos, 2011).

Tabla 1.7: Regiones del espectro infrarrojo

Región	Intervalo de longitud de onda(λ), μm	Intervalo de números de onda (v), cm <sup>-</sup> 1	Intervalo de frecuencias (v), Hz
Cercano(NIR)	0.7 a 2.5	4000 a 14300	3.8x10^14 a 11.2x10^14
Medio(MIR)	2.5 a 25	400 a 4000	1.2x10^14 a 6.0x10^12
Lejano(FIR)	25 a 1000	10 a 400	6.0x10^12 a 3.0x10^11

Fuente: (Faraldos, 2011)

El IR cercano requiere una mínima o nula preparación de la muestra y ofrece un análisis cuantitativo sin consumir o destruir la muestra. Con frecuencia se combina con un espectrofotómetro Visible-Ultravioleta y dispositivos de fibra óptica para análisis remoto, encontrando especial interés en control de procesos. Por su parte el IR lejano requiere el uso de fuentes y materiales ópticos especiales. Es utilizado para el análisis de compuestos orgánicos e inorgánicos y proporciona información útil en estudios estructurales. Por lo que respecta al IR medio, existen espectrofotómetros comerciales desde 1940, aunque los avances más significativos en la técnica se produjeron con el desarrollo de instrumentos que incorporan el método de transformada de Fourier (FTIR), que ha mejorado la calidad de los espectros y minimizado el tiempo requerido para la obtención de datos (Serrano).

#### 1.2.2 Principios teóricos en que se basa la técnica

El espectro infrarrojo se origina por absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional de la molécula. Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja (Faraldos, 2011).

#### 1.2.3 Modos normales de vibración

Los átomos que constituyen a una molécula están unidos entre sí por fuerzas de origen electrostático, que semejan uniones elásticas y, en consecuencia, sus movimientos son periódicos o cuasiperiódicos. Todos los movimientos relativos de los átomos en una molécula son en realidad la superposición de los llamados modos

normales de vibración, en los cuales todos los átomos se encuentran vibrando con la misma fase y frecuencia normal, ver figura 8. El número de modos normales de vibración define el espectro vibracional de cada molécula. Estos espectros también dependen de las masas de los átomos involucrados, su arreglo geométrico dentro de la molécula, y la "elasticidad" de los enlaces químicos. Consideremos una molécula formada por N átomos. Si asignamos coordenadas x, y, z para describir la posición de cada átomo en el espacio, tendremos que toda la molécula queda descrita por 3N coordenadas. Debido a que la molécula puede presentar movimiento traslacional, rotacional y vibracional las 3N coordenadas para describir al sistema pueden asociarse a cada tipo de movimiento de la siguiente manera en la taba 1.8 (Gómez).

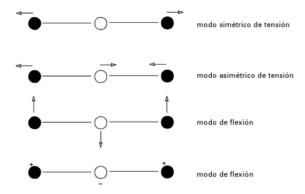


Figura 8: Modos normales de vibración. El signo + indica movimiento desde la página hacia el lector y el signo – que el átomo permanece en el plano de la página

Fuente: (Sogorb, 2006)

Tabla 1.8: Grados de libertad requeridos para describir el movimiento en una molécula

Movimiento	Grados de libertad requeridos para describir el movimiento	
Traslación (centro de masas)	3	
	2 (para moléculas lineales)	
Rotación (en torno al centro de masas)	3 (para moléculas no lineales)	
	3N-5 (para moléculas lineales)	
Vibración	3N-6 (para para moléculas no lineales)	

Fuente: (Gómez)

#### 1.2.4 Espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier

Existen dos tipos de espectrómetros infrarrojos, los dispersivos y los de transformada de Fourier. Un espectrómetro por transformada de Fourier consta de tres elementos básicos: una fuente luminosa, un interferómetro de Michelson y un detector". (Gómez). En la Figura 9 se representa un Espectrómetro por Tansformada de Fourier.

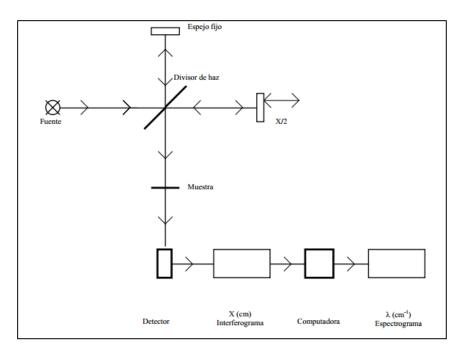


Figura 9: Diagrama simplificado de un espectrómetro por Transformada de Fourier Fuente: (Gómez)

#### 1.2.4.1 Mecanismo de acción

Su funcionamiento es el siguiente: un haz colimado, proveniente de una fuente que emite en toda la región infrarroja, incide sobre un divisor de haz. El haz incidente se divide en dos haces perpendiculares de igual energía, uno de los cuales incide sobre el espejo móvil y el otro sobre el espejo fijo. Los haces son reflejados por ambos espejos y se recombinan al llegar al divisor de haz. Esto da lugar a una interferencia, la cual puede ser constructiva o destructiva dependiendo de la posición relativa del espejo móvil con respecto del espejo fijo. El haz resultante pasa a través de la muestra, en donde sucede una absorción selectiva de longitudes de onda y, finalmente, llega al detector. Inicialmente el espejo móvil se encontrará en la posición en la que la diferencia de camino óptico de los dos haces es cero. Si el

espejo se desplaza una distancia x/2, entonces la intensidad registrada por el detector forma el espectro de la muestra y puede ser calculada a partir del interferograma como la transformada coseno de Fourier.

La información recabada por el detector se utiliza para obtener el interferograma, el cual es digitalizado. Una computadora desarrolla el cálculo aproximado de la transformada de Fourier del interferograma, debido a que después de digitalizar la información ya no se puede trabajar con variables continuas. Es decir, la distancia y la frecuencia pasan a ser variables discretas (Gómez).

#### **1.2.4.2** Ventajas

Los espectrómetros por transformada de Fourier poseen ciertas ventajas con respecto a los espectrómetros dispersivos:

- El tiempo requerido para obtener un espectrograma es muy corto comparado con los espectrómetros dispersivos. La señal del interferograma se conoce como señal "multiplex" porque el detector hace una lectura de todas las frecuencias de manera simultánea. Como resultado de esto se pueden lograr espectrogramas, de una resolución aceptable, en tiempos del orden de segundos; mientras que los espectrómetros dispersivos requieren de diez a quince minutos.
- No se necesitan rendijas que limitan la cantidad de energía que llega al detector. En los espectrómetros dispersivos éstas son necesarias para dar mayor resolución. Así que, en los espectrómetros por transformada de Fourier, llega al detector una cantidad mayor de radiación, lo cual resulta en una mayor sensibilidad del mismo.
- La muestra no se encuentra inmediatamente después de la fuente, por lo cual se calienta mucho menos que en los espectrómetros de dispersión.
- En el espectrograma no aparecen las contribuciones por emisión de la muestra. En un espectrómetro por transformada de Fourier, el detector responde a las frecuencias que son moduladas al pasar por el interferómetro.
   La muestra, casi siempre, se encuentra después del interferómetro y antes del

detector. Por lo tanto la radiación que podría ser emitida por la muestra no es modulada y, en consecuencia, no es detectada. Como resultado, no aparecen bandas de emisión en el espectrograma. Tampoco se detecta luz parásita, de tal forma que no es necesario trabajar con condiciones de iluminación especiales (Gómez).

#### 1.2.5 Aplicaciones del IR en análisis cualitativo

La identificación de grupos funcionales específicos, especialmente en moléculas orgánicas, es la aplicación principal de la espectroscopia IR, en tanto que permite la caracterización de sustancias desconocidas y el seguimiento de especies concretas. A continuación se presentan las principales familias de compuestos en los que esta técnica ha encontrado aplicación cualitativa.

- Compuestos orgánicos: Una de las principales aplicaciones de la Espectroscopia IR.
- Compuestos inorgánicos: Reciben especial atención los compuestos de boro, silicio y fósforo.
- Polímeros: Esta técnica es un método habitual para la caracterización de polímeros, ofreciendo información sobre la estructura y composición del material. Así, se obtienen datos de isomería conformacional y configuracional, enlaces por puente de hidrógeno, orden en la cadena y cristalinidad.
- Sistemas biológicos La comprensión de las relaciones entre la estructura y la función de los materiales biológicos es uno de los retos en la biología actual.
   La Espectroscopia IR ha demostrado ser una herramienta poderosa en el estudio de moléculas biológicas, especialmente las proteínas y los lípidos (Serrano).

#### Industria alimentaria:

Tanto el IR-medio como el cercano (NIR) se han utilizado para obtener información cualitativa y cuantitativa de muestras de alimentos. Éstos son mezclas complejas que contienen agua, proteínas, grasas y carbohidratos como componentes mayoritarios. Un método importante es el empleado para determinar isómeros trans- en grasas y aceites (principalmente triglicéridos). Aunque la configuración cis- aparece de forma predominante en la naturaleza, durante el procesado industrial puede ocurrir la isomerización en un grado importante que es necesario conocer. Ambos isómeros tienen en común una banda intensa a 1163 cm-1 del grupo éster (C-O, que puede servir de banda de referencia en estudios cuantitativos) y se diferencian por el bending fuera del plano del grupo C=C-H que aparece en la región 840-700 cm-1 para el cis-, y como un pico muy característico a 966 cm-1 para el trans-. La determinación del contenido en trans- se puede obtener relacionando la concentración de éste con el cociente de absorbancias entre las bandas a1163 y 966 cm-1. Por su parte el NIR se ha empleado en el control de la leche, con un importante desplazamiento de las bandas a menores longitudes de onda conforme disminuye la concentración de grasa y proteínas- La concentración de alcohol en vinos y bebidas de mayor graduación también se ha realizado con éxito mediante el NIR., así como el estudio de muestras adulteradas con metanol o etilénglicol (Serrano).

#### 1.2.6 Preparación de las muestras

La preparación de las muestras suele ser la parte más tediosa y larga de un experimento de espectroscopia infrarroja. La calidad del espectro dependerá generalmente del grado de perfección que se haya alcanzado en la preparación de la muestra. Los distintos métodos de preparación de muestras y los problemas que pueden presentarse van a depender del estado físico de la misma (Faraldos, 2011).

#### 1.2.6.1 Muestras líquidas

Las muestras más sencillas son las líquidas ya que solo es necesario introducirlas en una celdilla con ventanas de un material transparente al infrarrojo (KBr, NaCl, CaF2, etc.). El vidrio no es un buen material ya que absorbe en la región espectral

infrarroja. Para los líquidos puros se emplean celdas de transmisión en una longitud de paso óptico muy pequeña (0.01nm o menor), para evitar que la transmitancia de la medida se haga cero en un amplio intervalo de frecuencias, mientras que para disoluciones se suelen usar celdas de 0.1 a 10nm de espesor. En el caso de disoluciones hay que tener en cuenta en qué región del espectro infrarrojo absorbe del disolvente a la hora de elegirlo, ya que puede inferir en la medida de la muestra que se va a disolver en él. El agua absorbe fuertemente en amplios intervalos del infrarrojo medio, por lo tanto no es un disolvente adecuado en la mayoría de los casos. Sin embargo, no hay más remedio que usarlo cuando se trata de medir espectros de proteínas, ya que se desnaturalizan en disolventes orgánicos. En estos casos hay que intentar eliminar lo más posible las bandas del agua substrayendo un espectro blanco (es decir solo con el disolvente) al de la muestra, o restringir la medida a un intervalo de frecuencias en el que no absorba el agua. Otro problema del agua es que disuelve las ventanas de NaCl, KBr y Csl por lo que hay que utilizar ventanas de CaF2 o BaF2 en este caso. Los alcoholes dan problemas similares a los del agua.

Las celdas de transmisión para líquidos pueden ser desmontables, utilizándose piezas de teflón de distinto espesor para regular la longitud de paso óptico. En este caso la muestra se coloca sobre una de las ventanas antes de montar la celdilla. Otra posibilidad es usar celdillas de longitud de paso óptico fija en las que la muestra se introduce con una jeringa a través de unas aberturas. En este último caso hay que tener la precaución de asegurarse de que el disolvente no ataque el polímero adhesivo que une las dos piezas de la celdilla. Para líquidos viscosos son más adecuados las celdillas desmontables que las fijas, ya que estas últimas pueden obturarse con la muestra. En cambio, las celdillas fijas son más adecuadas que las desmontables para medir muestras volátiles, ya que se puede evaporar la muestra antes de finalizar el montaje de la celdilla.

La longitud de camino óptico de una celdilla de transmisión de líquidos fija se puede medir registrando el espectro infrarrojo de la celdilla vacía. La interferencia producida entre la radiación reflejada en las dos superficies interna y la transmitida

da lugar a un patrón de tipo seno (Figura 9). Midiendo el número de ondas completas (Δn) entre dos frecuencias dadas se puede calcular la longitud de paso óptico de la celdilla de acuerdo con la fórmula siguiente: (Faraldos, 2011)

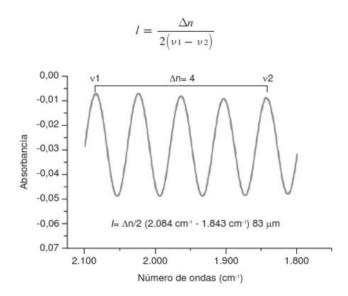


Figura 10: Medida de la longitud de paso óptico de una celdilla de transmisión Fuente: (Faraldos, 2011)

#### 1.2.6.2 Muestras sólidas

Las muestras sólidas son las más complicadas de preparar porque las partículas reflejan y dispersan la radiación incidente, y por tanto la transmitancia es baja. La dispersión se minimiza si se reduce el tamaño de las partículas a una magnitud inferior a la longitud de onda de la radiación, es decir, en el caso de radiación infrarroja las particulas deben tener un tamaño máximo del orden de micras. La mezcla de las con una matriz de índice de reflación similar ayuda a reducir la dispersión de la radiación infrarroja.

Un método de preparación de muestras sólidas consiste en disgregar estas y suspenderlas en aceite de parafina (nújol). Esta suspensión puede medirse como si fuera una muestra disuelta. Si los índices de refracción de la fase líquida y la sólida no son muy distintos, la dispersión de radiación no será grande. Al ser el nújol un hidrocarburo, las bandas de los enlaces C-H interferirán en el espectro. Si se quiere estudiar esa región del epectro, se puede usar en su lugar Flourolube, que es la preparación de una pastilla de la muestra disgregada y mezclada con KBr o KCl

aplicándole presión. Se puede aplicar vacío para secar la pastilla ya que ambas sales son higroscópicas y el agua absorbe fuertemente en el espectro infrarrojo, como ya se ha indicado anteriormente. Esta pastilla se coloca en el compartimiento de muestras utilizando un soporte adecuado. Este último método tiene el inconveniente de que no es muy reproducible.

En el caso de los sólidos que son difíciles de disgregar o tienen un tamaño de partícula superior al necesario para los métodos anteriormente descritos, se pueden aplicar los métodos de reflectancia difusa o fotoacústica (Faraldos, 2011).

#### 1.2.7 Interpretación y tratamiento de los resultados

Los avances de la tecnología de los computadores asociados a la espectroscopia ha permitido la expansión del IR cuantitativo. La aplicación de métodos estadísticos al análisis de datos experimentales se conoce como quimiometría, y hoy en día se considera el último paso en la determinación de la composición de una muestra: el cálculo y la evaluación de los resultados analíticos. Los métodos más frecuentes en la espectroscopia infrarroja son los mínimos cuadrados clásicos (CLS), inverso (ILS) o parcial (PLS) o la regresión de componentes principales (PCR). Cuando no es necesario conocer la concentración específica de las especies, sino conocer cuáles de ellas están presentes en una mezcla compleja, se usan otros métodos de reconocimiento de patrones multivariable como el análisis lineal discriminante (LDA) o redes neurales artificiales (ANNs). Estos métodos pueden comparar muchas variables dentro de un juego de datos, como intensidad, frecuencia y anchura de banda (Serrano).

#### 1.2.7.1 Análisis bidimensional de los datos: Método de los mínimos cuadrados

Muchos métodos analíticos se basan en una curva de calibración en la que una cantidad medida y, se relaciona en proporción directa con la concentración conocida x de una serie de patrones. Es común que el gráfico tiende a una línea recta. Sin embargo, no todos los datos caen exactamente en la recta, lo cual se debe a errores aleatorios en el proceso de medición. Por tanto, se debe trazar la "mejor" línea recta a

través de los puntos. La técnica estadística conocida como *análisis de regresión* proporciona los medios para las elaboración objetiva de una ecuación para esta recta, además de precisar la incertidumbre asociada con su uso. (Skoog, 2003)

#### 1.2.7.1.1 Suposiciones básicas del método de los mínimos cuadrados

Cuando se emplea este método para generar una curva de calibración. Se debe partir de dos suposiciones. La primera es que existe una relación lineal entre la variable medida (y) y la concentración del analito (x). La relación matemática que describe esta suposición se denomina modelo de regresión, que se representa con la ecuación:

y = mx + b

Dónde:

b= intersección en y

m= pendiente de la recta

También se da por sentado que cualquier desviación de los puntos individuales respecto de la recta, es consecuencia del error en la medición; esto es, se da por hecho que no existe error en los en los valores de x. para el ejemplo de una curva de calibración, se supone que las concentraciones de los patrones se conocen exactamente. Estas dos suposiciones son aplicables a muchos métodos analíticos, pero recuérdese que siempre existe un grado de incertidumbre asociado a los datos en x, el análisis general lineal por mínimos cuadrados puede no dar la mejor recta para un conjunto de datos. De ser así, será necesario efectuar un análisis de regresión más complejo para los datos en cuestión. (Skoog, 2003)

### 1.2.7.1.2 Cálculo de los coeficientes de regresión por mínimos cuadrados para obtener la línea de regresión

La línea generada por el método de mínimos cuadrados es aquella que reduce al mínimo la suma de los cuadrados de los residuales para todos los puntos. Además de proporcionar la línea que mejor se ajusta a los puntos experimentales, el método también da la desviación estándar para m y b (Skoog, 2003).

# **CAPÍTULO II**

## 2 MATERIALES Y METODOS

# 2.1 Materiales, reactivos, equipos y muestras

Las muestras fueron galletas industriales y galletas declaradas artesanales.

Materiales	Reactivos	Equipos	
Vasos de precipitación	Éter de petróleo	Estufa	
Mortero de porcelana	Ácido eláidico	Balanza analítica	
Papel aluminio	Aceite de vaselina	Desecador	
		Soxhlet	
		Espectrofotómetro	
		infrarrojo NICOLET IR	
		100 FTIR	

## 2.2 Métodos

## 2.2.1 Toma de la muestra

Se acudió a todos los supermercados de la ciudad de Cuenca y se observó que marcas de galletas existían, posteriormente se hizo una lista para saber que marcas se frecuentaban más en los estantes, se escogieron 30 muestras de galletas, las mismas que se encontraban en tres principales supermercados como son: Coral hipermercados, Supermaxi y Tía . 20 marcas fueron de galletas industriales (Tabla 9), y 10 marcas de galletas declaradas artesanales (tabla 10). De cada marca se tomará muestras por duplicado (dos lotes diferentes); y a cada una se le realizará la extracción de la grasa por triplicado, dando un total de 180 muestras que serán analizadas posteriormente.

Las muestras se caracterizaron por no tener ningún relleno, o recubrimiento, para que no influya la composición de éste en el resultado de las muestras.

Tabla 2.1: Marcas de galletas industriales

	Nestlé	Pepsico	Grupo superior	Noel
Sal	Ricas	Ritz	Salticas	Ducales
	Zoología	Mini Ritz	Aniventuras	Noel sodas
	Vainilla sal	Club social original	Apetitas sal	
		Club social integral	Belvita con miel	
		Quaker	Apetitas vainilla	
Dulce	Coco classic			
	María			
	Daysi			
	Vainilla dulce			
	Nestlé limón			

Fuente: Autora

Tabla 2.2: Marcas de galletas declaradas artesanales

GALLETAS				
SAL	DULCE			
Biscochos de sal "La baguettería"	Maxipan pasas y avena			
Biscochos de sal "La canasta"	Melba "El Galletón de Edgar"			
Biscochos "De Alicia"	Melba "Coralcentro"			
Biscochos "Delipan"	Galleta sabor a vainilla "Maxipan"			
Biscocho "El Galletón de Edgar"	Galleta de avena" Elimps"			

Fuente: Autora

# 2.2.2 Extracción del material graso con soxhlet

La extracción Soxhlet es un proceso de extracción de analitos desde una matriz sólida a una matriz líquida.

La figura 11 muestra el dispositivo experimental utilizado en las extracciones Soxhlet. El matraz inferior se calienta y evapora el disolvente, que pasa a través de la derivación exterior al condensador. Cuando el disolvente se condensa, cae gota a gota en el depósito interior, donde se encuentra el sólido sobre el que se ha de

realizar la extracción. El disolvente caliente contacta con el sólido y empieza a producirse la transferencia de masa hasta el líquido. El disolvente condensado se acumula en el receptáculo interior del extractor y, cuando el nivel alcanza el de la válvula interior, el líquido es succionado y devuelto al matraz inferior. El matraz inferior continúa calentándose y el disolvente es destilado de nuevo, repitiéndose asi el proceso durante el tiempo necesario, lo que da lugar a varios ciclos de extracción con el mismo disolvente.

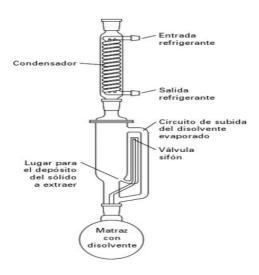


Figura 11 Extractor Soxhlet Fuente: (Sogorb, 2006)

Dado que el punto de ebullición del analito siempre será superior al del disolvente empleado, el disolvente destilado no contiene cantidades importantes de este, con lo que nunca se alcanzará el límite de solubilidad del analito en el depósito interior y, por lo tanto, la transferencia de masa desde el sólido hasta el disolvente se estará produciendo hasta que prácticamente desaparezca de la matriz.

La extracción soxhlet es un proceso muy eficaz de extracción sólido-líquido. la principal desventaja de este sistema de extracción es que requiere grandes volúmenes de disolvente y es un proceso muy lento. Para obtener una extracción cuantitativa suele ser necesario extender el proceso a varias horas. (Sogorb, 2006)

Se procedió a moler la muestra en un mortero de porcelana, posteriormente se secó la muestra a 105° C, durante 4 horas, el método de extracción del material graso seleccionado fue el método Soxhlet utilizando entre 5 y 10 gramos de muestra. Ver Figura 11

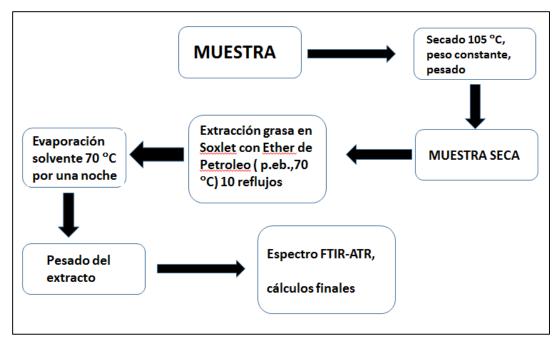


Figura 12: Diagrama de extracción de la fuente lípidica

Fuente: Autora

## 2.2.3 Validación del modelo:

La base de datos obtenidos en las lecturas de las muestras de galletas en el espectro infrarrojo se divide en dos fases para realizar la validación del método.

Esta base de datos se divide el 60 % es para construir el modelo y el 0 % para evaluación del modelo, se usa dos partes como mínimo y sustancialmente el  $R^2$  deben coincidir o ser muy cercanos, y el modelo es bueno.

## 2.2.4 Preparación de la curva de Calibración

Para la preparación de la curva de calibración se utilizó el ácido elaídico, que es el isómero trans del ácido 9-octadecenoico. Como agente de dilución se utilizó aceite de vaselina.

Se prepararon 7 patrones con concentración de ácido elaídico entre 0.1 y 10.2%.

## 2.2.5 Medición de la curva de calibración y las muestras

La curva de calibración y el material graso extraído de las muestras se midió en un espectrofotómetro infrarrojo NICOLET IR 100 FTIR, haciendo un barrido entre 800 y 3000 cm<sup>-1</sup>. Siendo el pico de absorción de interés el que se encuentra entre 950 y 990 cm<sup>-1</sup>. Para poder realizar los cálculos y poder establecer las relaciones entre concentración y señal, se calculó el área del pico en el rango indicado anteriormente con el programa OMNIC –THERMO

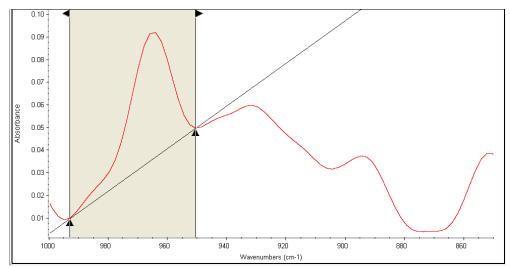


Figura 13: Banda de absorción Trans 950-990 del ácido elaídico

Fuente: Autora

# **CAPÍTULO III**

#### 3 **RESULTADOS**

### Extracción de la grasa 3.1

Las tres extracciones de las muestras de galletas industriales y artesanales que se realizó por duplicado se promediaron y se muestran en la Tabla 11.

Tabla 3.1: Porcentual de material graso de las muestras

Muestras	Promedio Grasa Total Tipo en la muestra (%)		
Ricas	indus	18,93	
Ritz	indus	18,08	
Salticas	indus	16,85	
Nestlé sal	indus	9,09	
Coco Nestlé	indus	12,77	
María Nestlé	indus	9,52	
Ducales	indus	18,18	
Mini Ritz	indus	19,75	
Daisy Nestlé	indus	12,63	
Club social integral	indus	17,86	
Nestlé vainilla	indus	6,92	
Zoología	indus	7,13	
Aniventuras	indus	8,91	
Club social original	indus	15,66	
Noel sodas	indus 6,4		
Apetitas vainilla	indus 7,7		
Apetitas sal	indus 9,41		
Saltín Noel integral	indus 14,3		
Belvita con miel	indus 13,1		
Quaker granola	indus 14,58		
G. E. Melba larga	Artesanales	18,31	
G. E. biscocho sal	Artesanales	14,80	
Biscocho de Alicia	Artesanales	34,75	
Biscocho la canasta	Artesanales 27,20		
Biscocho la bagueteria	Artesanales 26,5		
Biscocho delipan	Artesanales 30,5		
Melba Coral hipermercado	Artesanales 31,15		
Elimps	Artesanales 19,36		
Maxipan vainilla	Artesanales	28,04	
Maxipan pasas y avena	Artesanales 22,32		
Fuente: Autora			

## 3.2 Curva de Calibración

Con el 60% de los datos obtenidos de las mediciones de los patrones de la curva de calibración, se construyó el modelo para calcular los ácidos grasos trans de las muestras. En la figura 12 se muestra la respectiva curva de calibración.

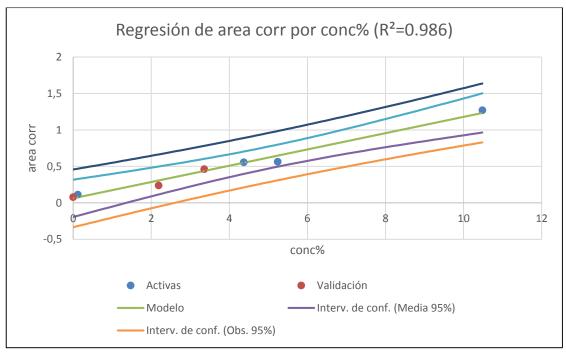


Figura 14: Modelo de regresión

Fuente: Autora

La fórmula que se obtuvo de la curva de calibración para el cálculo de grasas trans en las muestras es la siguiente:

Área bajo la curva = 0.061+0.6708\* (concentración % grasas trans)

El modelo se ha validado con el remanente 40 % de los patrones, en la tabla 13 se puede apreciar que el R<sup>2</sup> que debería ser cercano a la unidad y en nuestro caso es muy bueno con un valor de 0,986.

Tabla 3.2: Estadístico de bondad de ajuste

Estadístico	Valor		
Observaciones	4		
Suma de los pesos	4		
GL	2		
R <sup>2</sup>	0.986		
R² ajustado	0.979		
Press RMSE	0.177		

Fuente: Autora

Para comprobar la existencia del modelo se hizo el ANOVA obteniendo los siguientes resultados

Tabla 3.3: ANOVA del modelo

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados promedios	Fisher	Probabilidad
Modelo	1	0.679	0.679	137.584	0.007
Error	2	0.01	0.005		
Total corregido	3	0.688			

Fuente: Autora

Con este modelo debidamente validado y controlado, procedió a calcular el contenido de ácidos grasos trans en las muestras seleccionadas para el trabajo, en la tabla 15 se puede observar los resultados.

# 3.3 Lectura y cuantificación de las muestras

La grasa extraída de las muestras fue leída en un espectrofotómetro infrarrojo y nos proporcionó espectros, que con ayuda del programa ONMIC y la fórmula proporcionada por la curva de calibración, ayudó a determinar los porcentajes de grasa trans que en la tabla 12 se presentan.

Tabla 3.4: Porcentaje de ácidos grasos trans en las muestras

		Promedio Trans
Muestras	Tipo	en 100g de grasa
Ricas	Indus	2,40
Ritz	indus	1,57
Salticas	indus	2,01
Nestlé sal	indus	1,13
Coco Nestlé	indus	1,16
María Nestlé	indus	1,13
Ducales	indus	1,33
Mini Ritz	indus	0,88
Daisy Nestlé	indus	0,88
Club social integral	indus	1,03
Nestlé vainilla	indus	1,31
Zoología	indus	0,79
Aniventuras	indus	1,57
Club social original	indus	1,28
Noel sodas	indus	1,63
Apetitas vainilla	indus	0,80
Apetitas sal	indus	1,36
Saltín noel integral	indus	2,17
Belvita con miel	indus	1,00
Quaker granola	indus	1,21
G. E. Melba larga	Artesanales	1,09
G. E. biscocho sal	Artesanales	1,73
Biscocho de Alicia	Artesanales	1,67
Biscocho la canasta	Artesanales	1,32
Biscocho la bagueteria	Artesanales	0,78
Biscocho delipan	Artesanales	1,34
melba Coralhipermercado	Artesanales	2,22
Elimps	Artesanales	0,73
Maxipan vainilla	Artesanales	1,24
Maxipan pasas y avena	Artesanales	0,80

Fuente: Autora

Estos porcentajes son calculados en 100g de grasa para poder relacionarlos con la norma que tiene las grasas trans, que es de 2g de grasas trans /100g de grasa.

Los que están dentro de la norma son conformes y los que sobrepasan se les denominó no conformes, como se muestra a continuación:

Tabla 3.5: Resultados de conformidad y no conformidad de las muestras estudiadas

Muestras	Tipo	Promedio Trans en 100g de grasa	Desviación Estándar Grasa trans	Intervalo de confianza 95%	Lím. Inf. 95%	Lím. Sup. 95%	Conformidad
Nucstras	Industrial	2,40	Grasa trans	Comianza 35 70	75 76	7570	Comormuau
Ricas	Industrial	1,57	1,36	0,090	2,31	2,49	No conforme
Ritz			1,26	0,083	1,49	1,66	Conforme
Salticas	Industrial	2,01	0,33	0,021	1,99	2,04	No conforme
	Industrial	1,13				Í	
Nestlé sal	Industrial	1,16	0,37	0,025	1,10	1,15	Conforme
Coco Nestlé	Industrial	1,13	0,23	0,015	1,15	1,18	Conforme
María Nestlé	industriai	1,13	0,13	0,009	1,12	1,14	Conforme
	Industrial	1,33	0.10	0.005	1.00	1.00	G 6
Ducales	Industrial	0,88	0,10	0,006	1,32	1,33	Conforme
Mini Ritz	Industrial	0,88	0,10	0,007	0,88	0,89	Conforme
Daisy Nestlé	maustrar	0,00	0,14	0,009	0,87	0,88	Conforme
Club social integral	Industrial	1,03	0,17	0,011	1,02	1,04	Conforme
Club social integral	Industrial	1,31	0,17	0,011	1,02	1,04	Comornie
Nestlé vainilla	Industrial	0,79	0,13	0,008	1,30	1,32	Conforme
Zoología			0,23	0,015	0,77	0,80	Conforme
Aniventuras	Industrial	1,57	0,07	0,005	1,56	1,57	Conforme
	Industrial	1,28					
Club social original	Industrial	1,63	0,50	0,033	1,25	1,32	Conforme
Noel sodas	To desertiful	0.90	0,82	0,054	1,57	1,68	Conforme
Apetitas vainilla	Industrial	0,80	0,20	0,013	0,78	0,81	Conforme
	Industrial	1,36	0.55	0.026	1.22	1.20	G f
Apetitas sal	Industrial	2,17	0,55	0,036	1,32	1,39	Conforme
Saltin noel integral	Industrial	1,00	0,82	0,054	2,11	2,22	No conforme
Belvita con miel			1,50	0,099	0,90	1,09	Conforme
Quaker granola	Industrial	1,21	0,49	0,032	1,17	1,24	Conforme
_		1,09					
G. E. Melba larga	Artesanales	1,73	0,04	0,003	1,08	1,09	Conforme
G. E. biscocho sal	Artesanales	1.67	0,60	0,040	1,69	1,77	Conforme
Biscocho de Alicia	Artesanales	1,67	0,73	0,048	1,62	1,72	Conforme
		1,32					
Biscocho la canasta	Artesanales	0,78	0,08	0,005	1,32	1,33	Conforme
Biscocho la bagueteria	Artesanales	1,34	0,07	0,005	0,77	0,78	Conforme
Biscocho delipan	Artesanales		0,03	0,002	1,34	1,34	Conforme
Melba coralhipermercado	Artesanales	2,22	0,68	0,045	2,18	2,27	No conforme
Meioa coramipermercado		0,73	0,00				
Elimps	Artesanales	1,24	0,14	0,009	0,72	0,74	Conforme
Maxipan vainilla	Artesanales		0,43	0,028	1,21	1,26	Conforme
Maxipan pasas y avena	Artesanales	0,80	0,02	0,002	0,80	0,80	Conforme

Fuente: Autora

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **Conclusiones:**

- La aplicación de la espectroscopia FT-IR, a material graso, permite la identificación y la cuantificación de grasas trans, siendo esto de gran utilidad ya que permitirá realizar análisis de grasas de forma rápida y más económica debido a que no utiliza reactivos químicos para la determinación.
- El modelo obtenido permite calcular rápidamente el contenido de grasas trans en productos industriales secos, previa extracción del material graso. Los costos son menores que el método Gas Cromatográfico, pues se evita el proceso de metilación, además que el equipo es de menor costo.
- La calidad del modelo fue evaluada utilizando diferentes parámetros, siendo los valores obtenidos satisfactorios para poder garantizar el funcionamiento del modelo.
- El 13.33 % de las 30 muestras analizadas resultó no conforme a las recomendaciones de la norma 1 334-2, y el 87% está dentro de esta, que es de 2g por cada 100g de materia grasa.
- Al analizar por categoría se encuentra que de las 20 muestras de productos industriales 3 no cumplen, lo que representa el 15 % de los no conformes, mientras que en lo concerniente a las declaradas artesanales de 10, una no cumple y equivale al 10 %.
- En la tabla 15, se demuestra que todas las muestras contienen grasas trans, y las etiquetas de la mayoría de las muestras que las poseen, se pudo ver que todas declaran 0% de grasas trans, por lo tanto no se pudo hacer un tabla debido a que ninguna de alguna manera expresa datos verdaderos, ya que al poner cero se puede considerar que alguno contiene un valor menor a 0.5g de grasas trans, pero no fue el caso ya que superan dicho valor

## **Recomendaciones:**

- Se recomienda realizar un análisis de más productos que contienen grasas industriales hidrogenadas para poder controlar los valores con normas vigentes y así evitar que los consumidores sean los afectados.
- Para realizar la extracción de la grasa de las muestras sólidas, se recomienda usar el equipo que tiene la universidad que se puede realizar tres extracciones a la vez con el método Randall, ahorrando tiempo y costos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- (FAO). (29 de 11 de 2012). *Grasas y Ácidos grasos en Nutrición Humana*. Recuperado el 18 de 12 de 2015, de Grasas y Ácidos grasos en Nutrición Humana: http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf
- Ballesteros, M. V. (2012). *Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud*. Recuperado el 25 de 11 de 2015, de Revista Scielo: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/07\_revision\_06.pdf
- Ballesteros, M., Valenzuela, L., Artalejo, E. y Robles, A. (2012). *Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud*. Recuperado el 25 de noviembre de 2015, de Revista Scielo: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/07\_revision\_06.pdf
- Castro, M. B. (12 de Julio de 2010). Ácidos grasos trans de la dieta y sus implicaciones metabólicas. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2010/gm104f.pdf
- El Comercio. (20 de Noviembre de 2013). *Ojo con el exceso de sal, azucar y grasa*. Recuperado el 27 de Octubre de 2015, de http://www.elcomercio.com.ec/tendencias/salud/ojo-exceso-sal-azucar-y.html
- Faraldos, M. y. (2011). *Tecnicas de análisis y caracterizacion de materiales (2a. ed.)*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de e-libro coleccion de libros en español: http://site.ebrary.com/lib/uasuaysp/reader.action?docID=10523043&ppg=8
- Gómez, R. M. (s.f.). *Espectroscopía infrarroja*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de http://sistemas.fciencias.unam.mx/~fam/Infrarroja.pdf
- Guzmán, A. (Abril de 2011). "Perfil lipídico y contenido de ácidos grasos trans en productos Ecuatorianos de mayor consumo". Recuperado el 10 de 12 de 2015, de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/3721/T-PUCE-3366.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INEN. (08 de Noviembre de 2011). Rotulado de productos alimenticios para consumo human. parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de Norma Técnica Ecuatoriana 1334-2: https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1334.2.2011.pdf
- Mataix, J. S. (15 de 09 de 2008). Recuperado el 2015 de 12 de 10, de http://www.uco.es/master\_nutricion/nb/Mataix/lipidos.pdf

- Ministra de Salud Publica. (29 de Noviembre de 2013). *Acuerdo Ministerial n 4439*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2015, de http://www.cip.org.ec/attachments/article/1920/ACUERDO%20No%204439. pdf
- Pariona, M. N. (2009). Obtención de los ácidos grasos del aceite de la Plukenetia volubilis L. "Sacha Inchi" para la utilización en la industria y estudio fitoquímico cualitativo de la almendra. Recuperado el 24 de 03 de 2015, de elibro: http://site.ebrary.com/lib/uasuaysp/detail.action?docID=10286801
- Serrano, J. (s.f.). *Espectroscopía Infrarroja 1- Fundamentos*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de Curso:Instrumentación y métodos de análisis químico, Posgrado: http://www.upct.es/~minaeees/espectroscopia\_infrarroja.pdf
- Skoog, D. W. (2003). Química Analítica. México: McGraw-Hill.
- Sogorb, S. (2006). *Técnicas analíticas de contaminantes químicos: aplicaciones toxicológicas, medioambientales y alimentarias. España: Ediciones Díaz de Santos*. Recuperado el 25 de 03 de 2016, de e-libro: http://site.ebrary.com/lib/uasuaysp/reader.action?docID=10149741&ppg=8
- Toledano, M. y. (2006). Ingesta de ácidos grasos "Trans" vía dieta del total del conjunto de la población española y de cuatro comunidades autónomas: Andalucia, Galicia, Madrid y Valencia. Recuperado el 3 de Noviembre de 2015, de e-libro: http://site.ebrary.com/lib/uasuaysp/reader.action?docID=10117133&ppg=8
- Valenzuela, A. (Septiembre de 2008). Ácidos grasos trans: Un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Revista Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0717-75182008000300001#back