

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



CUANTIFICACION DE GRASAS TRANS EN MATRICES DE HOTDOG Y
PIZZA COMERCIALIZADAS EN EL AREA METROPOLITANA DE SAN
SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
KATY ESMERALDA HERNANDEZ ZECEÑA
INGRID MAGALY LUCHA CHINCHILLA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

MAYO 2017

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL EVALUADOR

**COORDINADORES DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS
FARMACEUTICOS Y COSMETICOS:**

Lic. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía

DOCENTE ASESOR:

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar por darme salud y sabiduría, para finalizar mis estudios de forma satisfactoria.

A mi madre Dora Alicia Zeceña y a mi padre Francisco Hernández que Dios lo tiene en su gloria, sin ambos no hubiese sido posible y sobre todo por su amor y apoyo sincero e incondicional.

Gracias a Karen Beatriz Escobar, por apoyarme desde el inicio y hasta este momento con sus palabras de aliento durante la carrera.

Gracias a Jessica Cedillos y Lissette Castro que de muchas maneras me ayudaron para que esto fuese posible.

Gracias a nuestro docente asesor Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras y nuestros Jueces: MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía y Lic. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez por compartir su conocimiento.

Finalmente agradezco a nuestra Directora General MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez por su paciencia, por apoyarnos siempre y por brindarnos ese amor por el conocimiento.

Katy Hernández

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada a Dios por darme vida, por tener a mi maravillosa madre y familia que tengo, por poner en mi vida a las personas que me han apoyado, aconsejado y orientado en mi vida.

A la persona más importante y a la cual le debo todo en mi vida, mi madre, el principal motor, la que siempre me hizo aspirar a más, la que ha sacrificado todo por verme triunfar y verme feliz, la que siempre me apoya, la que siempre estuvo ahí. Gracias

A mi tía Esperanza por su apoyo, ayuda y motivación, ya que sin ella tampoco hubiese alcanzado esta meta, gracias muchas gracias tía por tu ayuda y apoyo.

Agradecer mis amigos de toda la vida que siempre me motivaron y me ayudaron los quiero Iris González, Rafael Guinea, Jennifer Hernández y Patsy Melgar, son los mejores.

Agradecer a mi nuevos amigos y compañeros Melissa Morataya Y Daniel Torres, por levantarme temprano siempre, por las noche de estudio y sobre todo por el apoyo que me dieron y a mis amigas Eugenia Mamani, Michele Santos y Drey Rodríguez.

A Lic. Henry Hernández nuestro asesor por toda su ayuda,

Al jurado evaluador y Lic. Cecy Gallardo por su apoyo y consejos.

A todos esos docentes que me motivaron a ser mejor, apoyaron y ayudaron, esos grandes docentes que no solo nos instruyen académicamente sino, nos instruyen en la vida. Gracias.

Magaly Lucha

DEDICATORIA

Dedico esto a mi madre Margarita Chinchilla, la persona por la cual esto es posible, la que me ayudo y presiono a hacer mis tareas de la escuela, la que me despertaba cuando me quedaba dormida estudiando en las noches, la que siempre tenía un plato de comida en la mesa, la que me llevaba al hospital después de cada caída o accidente, me curaba y cuidaba, la que siempre me dice “tu puedes, eres la mejor”, la que siempre confía en mí, la que sacrifica todo por mí, a ella mi mayor tesoro y mi más grande amor.

Magaly Lucha

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN	xviii
------------------	-------

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS	20
---------------	----

2.1 OBJETIVO GENERAL	21
----------------------	----

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
---------------------------	----

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO	22
-------------------	----

3.1 GRASAS	23
------------	----

3.2 OBTENCIÓN DE GRASAS	23
-------------------------	----

3.3 USOS Y TIPOS DE GRASAS	25
----------------------------	----

3.4 GRASAS TRANS	29
------------------	----

3.5 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA	32
-------------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	37
-------------------------	----

4.1 TIPO DE ESTUDIO	37
---------------------	----

4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	37
---------------------------------	----

4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO	37
----------------------------	----

4.4 PARTE EXPERIMENTAL	41
------------------------	----

4.5 PROCEDIMIENTO ANALÍTICO	41
CAPÍTULO V	
5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
CAPÍTULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	89
CAPÍTULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	92
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Pág. N°
1	Representación de isomería Trans.	29
2	Esquema de un instrumento de Transformada de Fourier.	34
3	Espectro infrarrojo del Estándar negativo Trioleína al 0% de ácidos grasos trans.	48
4	Espectro infrarrojo del Estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 5% de ácidos grasos trans.	50
5	Espectro infrarrojo del Estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 20% de ácidos grasos trans.	52
6	Espectro infrarrojo del Estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 30% de ácidos grasos trans.	54
7	Espectro infrarrojo del Estándar positivo Trielaidina al 99% de ácidos grasos trans.	56
8	Curva de calibración de Estándares.	59
9	Espectro infrarrojo representativo de Hotdog marca "Los Chorys".	62
10	Espectro infrarrojo representativo de Hotdog "sin marca".	64
11	Espectro infrarrojo representativo de Hotdog de Gasolinera.	66
12	Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Hut".	68
13	Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Papa Jonhs".	70
14	Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Little Caesars".	72

15	Espectro infrarrojo representativo de "Otras" Pizza.	74
16	Gráfico de porcentajes de grasas trans en hotdog.	76
17	Gráfico de porcentajes de grasas trans en Pizza.	77

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		Pág. N°
1	Recomendaciones de grasas-OMS.	31
2	Lugares de toma de muestra en la Prueba Piloto Hotdog	38
3	Lugares de toma de muestra en la Prueba Piloto Pizza	39
4	Clasificación por marcas de las matrices de Hotdog y Pizza.	45
5	Resultados de absorbancias de estándares de Trioleína y Trielaidina.	58
6	Resumen de mínimos cuadrados para estándares.	59
7	Resumen de análisis de Varianza para la matriz Hotdog.	79
8	Análisis de Varianza para la matriz Hotdog.	79
9	Resumen de análisis de Varianza para Hotdog "Los Chorys".	80
10	Análisis de Varianza para Hotdog "Los Chorys".	80
11	Resumen de análisis de Varianza para Hotdog "Sin marca".	81
12	Análisis de Varianza para para Hotdog "Sin marca".	81
13	Resumen de análisis de Varianza para Hotdog "de gasolinera".	82
14	Análisis de Varianza para Hotdog "de gasolinera".	82
15	Resumen de análisis de Varianza para la matriz Pizza.	83
16	Análisis de Varianza para la matriz Pizza.	83
17	Resumen de análisis de Varianza para Pizza "Hut".	84

18	Análisis de Varianza para Pizza “Hut”.	84
19	Resumen de análisis de Varianza para Pizza “Papa Jonhs”.	85
20	Análisis de Varianza para Pizza “Papa Jonhs”.	85
21	Resumen de análisis de Varianza para Pizza “Little Caesars”.	86
22	Análisis de Varianza para Pizza “Little Caesars”.	86
23	Resumen de análisis de Varianza para “Otras” Pizzas.	87
24	Análisis de Varianza para “Otras” Pizzas.	87

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Guía de observación.
- 2 Mapa de Ubicación de la matriz Hotdog en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador.
- 3 Mapa de Ubicación de la matriz Pizza en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador.
- 4 Etiqueta para identificación de muestra.
- 5 AOAC official Method 2000.10
Determination of Total Isolated Trans Unsaturated Fatty Acids in Fats and Oils by ATR-FTIR.
- 6 Ejemplo de cálculo de Absorbancia por el método de Línea-Base.
- 7 Resultados Obtenidos de Prueba Piloto.
- 8 Materiales, Equipos y Reactivos.
- 9 Porcentajes de ácidos grasos trans de las matrices Hotdog y Pizza.

ABREVIATURAS

Abreviaturas

Significado

IR	Infrarrojo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
OMS	Organización Mundial para la Salud
FT	Transformada de Fourier
AGT	Ácido Graso Trans
RTA	Reflectancia Total Atenuada
AOAC	Asociación Oficial de Químicos Analistas
UIQPA	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
GLC	Cromatografía de Gases
MINSAL	Ministerio de Salud

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de cuantificar las grasas trans en las matrices de hotdog y pizza por medio del método de Espectroscopía Infrarroja de Transformada de Fourier, recolectando muestras en diferentes comercios ubicados en los distritos 2 y 3 del área Metropolitana de San Salvador.

Los sitios para la toma de muestra fueron identificados por medio de una guía de observación que permitió reducirlos a 75, siendo 30, para hotdog que equivale a igual número de muestras las cuales se analizaron por triplicado obteniendo un total de 90 muestras; y 45 lugares para Pizza que equivale a igual número de muestras que se analizaron por duplicado obteniendo un total de 90 muestras, haciendo un total de 180 muestras, cuyo análisis se llevó a cabo en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, durante el mes de Diciembre de 2016, aplicando el método oficial de la AOAC 2000:10 para la determinación de grasas trans por medio de Espectroscopía Infrarroja de Transformada de Fourier, determinando así la presencia o ausencia de grasas trans.

Los resultados obtenidos reflejaron que 39 muestras de las 90 analizadas de Hotdog, y 72 muestras de las 90 analizadas de Pizza, tienen una concentración mayor al 1% de grasas Trans.

De manera general se concluye que la mayoría de hotdog y pizza analizados no cumplen con lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir menos del 1% de grasas Trans por ingesta Calórica diaria.

Las grasas trans representan un riesgo para la salud al ser consumidos en exceso, por lo que la presente investigación brinda información importante acerca de éste tipo de grasas, para que sirva de insumo a la concientización de la población a informarse y conocer los efectos dañinos a la salud derivado al

consumo, y a las instituciones correspondientes como el Ministerio de Salud (MINSAL), que divulgue ésta información e incentive la realización de investigaciones que favorecen el bienestar y salud de la población Salvadoreña.

CAPITULO I
1.0 INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

En El Salvador la comida rápida y el uso de aceites y grasas forma parte de la alimentación diaria de las personas dentro y fuera de los hogares. La mayoría de estudiantes de la Universidad de El Salvador encuentran en la comida rápida el alimento ideal, ya sea ésta una pizza, una hamburguesa o hotdog.

De acuerdo a la bibliografía consultada las grasas trans se relacionan con numerosas enfermedades que afectan a la población en el presente, como por ejemplo: la obesidad, cardiopatías, accidentes cerebrovasculares y la diabetes, entre otras; por otro lado en El Salvador, no existe una normativa que regule o controle los límites sugeridos de grasas trans en alimentos.

La presente investigación está enfocada en la cuantificación de grasas trans en las matrices de hotdog y pizza que se comercializan en San Salvador, la toma de dichas muestras se realizó en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador durante el mes de diciembre de 2016, y su análisis se realizó en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador; basándonos en la metodología oficial de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC), utilizando el método de Espectroscopia Infrarroja de Transformada de Fourier para obtener el espectro correspondiente a grasas trans y poder cuantificar las muestras utilizando una curva de calibración de estándares de Trioleína como estándar negativo y Trielaidina como estándar positivo.

Hasta la fecha no existen estudios cuantitativos de las grasas trans en comidas rápidas hotdog y pizza en el país, no conociendo si cumplen con los límites de grasas trans establecidos por la Organización Mundial de la Salud la cual recomienda un consumo menor al 1% de grasas trans de la ingesta calórica diaria, por lo cual se realiza esta investigación y dando como resultado en esta

investigación que en la mayoría de muestras de ambas matrices las grasas trans presentes son más del 1%.

CAPITULO II
2.0 OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar las grasas trans en matrices de hotdog y pizza comercializadas en el área metropolitana de San Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Seleccionar por medio de una guía de observación en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador los sitios donde se tomaran las muestras.
- 2.2.2 Recolectar muestras de hotdog y pizza en los comercios seleccionados en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador.
- 2.2.3 Extraer la porción lipídica de las muestras recolectadas.
- 2.2.4 Determinar por espectroscopia infrarroja el porcentaje de Grasa Trans de la porción lipídica de cada muestra.
- 2.2.5 Comparar con el porcentaje recomendado por la OMS si los porcentajes de Grasas Trans obtenidos de las muestras, tienen significativa peligrosidad en la salud.

CAPITULO III
3.0 MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1. GRASAS

Las grasas son sustancias apolares que las hacen insolubles en agua, esto se debe a que tienen átomos de carbono e hidrogeno unidos de modo covalente puro y por lo tanto no forman dipolos que interactúen con el agua. Este es un término genérico para designar varias clases de lípidos, aunque generalmente se refiere a los acilgliceridos, que son esteres en los que uno, dos o tres ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina, formando monogliceridos, digliceridos y triglicéridos respectivamente y deben modificarse físicamente para poder ser absorbidos por la pared del intestino, esta absorción es tanto más fácil cuanto menor es el punto de fusión y más aún si este es inferior a la temperatura corporal de 37°C. ⁽¹⁰⁾

Las grasas son la fuente más concentrada de calor y energía, estas producen 9 calorías por cada gramo de grasa. El requerimiento diario recomendado es un quinto de la asignación calórica es decir un 20 %. Las grasas verdaderas están compuestas de los elementos químicos carbono, hidrogeno y oxígeno, pero combinados en un ordenamiento estructural y en una porción diferente de los carbohidratos. Las grasas verdaderas son conocidas como ácidos grasos. ⁽²⁴⁾

3.2. OBTENCION DE GRASAS

3.2.1- Extracción de grasas y aceites. ⁽¹⁹⁾

La extracción de las grasas y aceites naturales y sus transformaciones constituyen un sector industrial de gran importancia económica. Las principales materias primas utilizadas son los sebos y tocinos animales, los huesos, los productos secundarios de las fábricas de harina de pescado (vísceras y extractos), la aceituna y las semillas oleaginosas.

Las grasas animales se extraen calentando con vapor, en autoclaves, los tejidos semitriturados; con ello las grasas se funden y se separan. Se utilizan para fabricar distintos tipos de tensoactivos.

3.2.2- Extracción del aceite de semillas oleaginosas. ⁽¹⁹⁾

Para la obtención de aceites vegetales procedentes de semillas oleaginosas hay que descortezar y triturar las semillas previamente. Las semillas oleaginosas contienen un 45% de aceite una vez pelada. Hay dos métodos fundamentales para obtener el aceite: el prensado y la extracción con disolventes apolares.

- En el primer caso, una vez limpias las semillas se trituran y se calientan con vapor con objeto de dilatar los tejidos celulares. Seguidamente se someten a presión con prensas continuas de huso que alcanzan presiones altas y, simultáneamente, calientan la masa triturada. De este proceso se obtiene el aceite crudo y la torta. El aceite crudo se decanta, se filtra y pasa al proceso de refinado. La torta, que aun contiene entre un 15% y un 25% de aceite pasa a la etapa de extracción con disolvente.

- Para la extracción con disolventes se utiliza la fracción de petróleo que destila entre 55 y 65 °C, denominada hexano comercial. El hexano circula, a contracorriente, a través de depósitos llenos de material triturado. La disolución obtenida se destila para recuperar el hexano y obtener el aceite. Ambos procesos se usan extensamente para obtener aceites de semillas oleaginosas (soja, girasol, algodón, colza). El aceite así obtenido hay que refinarlo antes de utilizarlo para consumo humano. El residuo sólido desengrasado es muy rico en proteínas y se utiliza para la fabricación de piensos compuestos y para extraer proteínas destinadas a la industria alimentaria.

3.2.3 Extracción del aceite de oliva. ⁽¹⁹⁾

El componente principal es el ácido oleico (70-85%) seguido del linoleico (5-15%). El resto es ácido palmítico que es el responsable de que aparezca un precipitado cuando el aceite se enfría. La Pulpa o mesocarpio supone del 65-85% del peso total, el Hueso del 13-23% del peso total y, la Semilla 2-3% del peso total. Contenido en aceite de las aceitunas maduras oscila entre el 15-30%.

La extracción del aceite de oliva se efectúa en varias etapas sucesivas que influyen, todas ellas, en las propiedades del aceite final. Hay diferentes tipos de aceite: Virgen Extra (acidez menor o igual a 0,8°; apto para el consumo directo; sabor y olor irreprochables). Virgen (acidez menor o igual a 2°; apto para el consumo directo; sabor y olor irreprochables). Aceites de oliva: El aceite de oliva virgen que no reúne las condiciones necesarias para su consumo directo (elevada acidez, olores o sabores pronunciados o colores anómalos) se somete a procesos de refinado para eliminar los componentes no deseados. Una vez casi desprovisto de color, sabor y olor, se enriquece con aceites de oliva vírgenes aromáticos y frutados -operación que se llama 'encabezamiento'- logrando la composición denominada comercialmente Aceite de Oliva.

3.3 USOS Y TIPOS DE GRASAS ⁽³⁾

La grasa es un componente que el organismo necesita, ya que los lípidos y los ácidos grasos son necesarios para el buen funcionamiento celular, permiten la conexión entre neuronas, y son el sustrato de energía más importante que tienen el organismo cuando no se ingieren alimentos, por ejemplo durante la horas de sueño. Pero una cosa no debemos pasar por alto, y es que existen diferentes tipos que debemos conocer, ya que no todos son beneficiosos para el organismo.

3.3.1 USOS DE GRASAS ⁽¹⁸⁾

Las grasas tienen un papel muy relevante en la alimentación y son esenciales para un buen crecimiento y desarrollo de nuestro organismo. Las principales funciones de las grasas en el organismo son:

- Constituyen su principal fuente de energía.
- Forman parte de la estructura celular, y son especialmente importantes en la membrana celular.
- Tienen una función reguladora: algunos lípidos forman hormonas como las sexuales o las suprarrenales.
- Vehiculizan vitaminas y nutrientes esenciales, por lo que son imprescindibles para la absorción de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K).
- Las grasas insaturadas han demostrado ser claves en la reducción del colesterol-LDL y en la reducción del riesgo de enfermedad coronaria y accidentes cerebrovasculares.

Dan sabor y palatabilidad a los alimentos.

No obstante, el origen y la composición de las grasas que ingerimos es importante para lograr un aporte equilibrado de los diferentes ácidos grasos (saturados e insaturados) y lograr el mayor efecto beneficioso en nuestro organismo. Por ello, es esencial escoger bien qué tipo de grasas consumimos y priorizar las grasas de buena calidad como las monoinsaturadas y las poliinsaturadas.

3.3.2 TIPOS DE GRASAS ⁽¹⁶⁾

Las diferentes tipos de grasas se pueden clasificar de distintas formas:

3.3.2.1 Según su origen: animal y vegetal

Generalmente, los alimentos de origen animal contienen más grasas saturadas y colesterol, y las grasas de origen vegetal contienen grasas insaturadas y

nunca contienen colesterol, que es una molécula que solo fabrican los animales.

Existen excepciones: los pescados grasos (de origen animal, pero ricos ácidos grasos insaturados), y el coco y el aceite de palma (de origen vegetal, pero ricos en ácidos grasos saturados).

3.3.2.2 Según sus propiedades en el cuerpo: ⁽¹⁶⁾

- Grasas buenas: consideradas las grasas insaturadas.
- Grasas malas: consideradas las grasas saturadas, grasas trans y el colesterol.

6.3.2.3 La clasificación más común, en la mayoría de etiquetas de los alimentos es clasificar las grasas según si son: ⁽¹⁶⁾

- Grasas saturadas: (no presentan dobles enlaces) se encuentran en alimentos de origen animal como carnes, embutidos, leche y sus derivados (queso, helados), Se pueden encontrar también en aceites de origen vegetal como los aceites de coco o de palma. Se trata de grasas que solidifican a temperatura ambiente.
- Grasas insaturadas: (presentan dobles enlaces), se encuentran en alimentos de origen vegetal como los aceites vegetales (aceite de oliva, girasol o maíz). También en frutos secos (nueces, almendra) y en semillas (sésamo, girasol, lino).

Se dividen en:

- Grasas monoinsaturadas: (un único doble enlace) el más representativo es el ácido oleico presente principalmente en aceite de oliva y otras grasas de origen vegetal como los aceites de semillas (aceite de girasol, aceite de colza). También se encuentran en las nueces, almendras y aguacates.

-Grasas poliinsaturadas: (dos o más dobles enlaces) Son esenciales para nuestro organismo porque no las puede sintetizar y deben ser suministradas a través de la dieta diaria para regular procesos metabólicos de los sistemas cardiovascular, inmune y pulmonar, entre otros.

Están presentes en alimentos de origen vegetal y animal. Existen dos familias dentro de éstos:

Omega 3: Los ácidos grasos Omega 3 se encuentran en aceite de soja, aceite de colza, frutos secos (nueces), pescados grasos como salmón, arenque, atún, caballa, anchoa, sardina, etc.

Omega 6: dentro de este grupo se encuentra el ácido linoleico presente en el aceite de soja, aceite de maíz, aceite de girasol y en frutos secos (nueces, entre otros).

-Grasas trans: son grasas insaturadas que se forman en el procesado industrial de algunos alimentos conocido como hidrogenación, durante el cual cambian su configuración y pasan de ser grasas insaturadas a grasas saturadas, convirtiéndose en grasas sólidas. ⁽¹⁴⁾

De forma natural también pueden estar presentes en alimentos que provienen de animales rumiantes como las grasas y carne de vacuno y ovino o en productos lácteos. ⁽¹⁶⁾

El consumo de ácidos grasos trans provoca en el organismo un efecto más negativo que la grasa saturada ya que aumenta los niveles de LDL colesterol y triglicéridos y también reduce HDL colesterol (colesterol bueno) en sangre, favoreciendo el riesgo de padecer enfermedades coronarias y del corazón. ⁽¹⁶⁾

3.4 GRASAS TRANS ⁽¹⁶⁾

Son hidrocarburos insaturados con isomería geométrica en función trans; el término trans resulta cuando dos átomos o dos grupos de átomos están en lados opuestos del plano como se muestra en la Figura N° 1

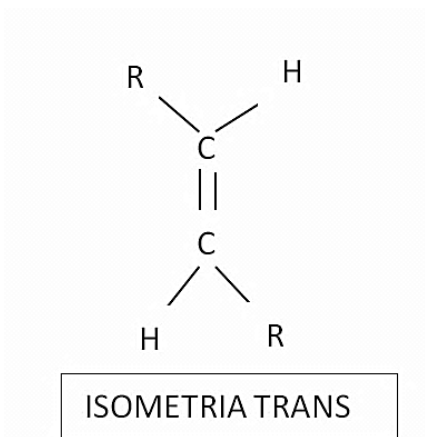


Figura N° 1 Representación de la isomería Trans.

La grasa trans aparece como resultado de la saturación de los dobles enlaces a algunos aceites vegetales, un proceso químico llamado hidrogenación. Concretamente, este proceso consiste en inyectar hidrógeno a los ácidos grasos poliinsaturados de los aceites de semillas como el de girasol o el de soja, obteniendo así lo que se conoce como grasas hidrogenadas o parcialmente hidrogenadas. Lo que en realidad sucede es que parte de las grasas poliinsaturadas se transforman en grasas saturadas.

De esta forma se modifica el aspecto físico de los aceites, que pasan de líquido a estado sólido. En el momento en que la configuración de la grasa se ve modificada es cuando se habla de grasas trans. Por tanto, no todas las grasas hidrogenadas las contienen. En esta transformación, los aceites vegetales se enriquecen en grasas saturadas, que consumidas en exceso pueden provocar graves consecuencias para la salud.

Los AGT tienen la característica de ser estables al enranciamiento oxidativo lo que les permite tener un tiempo prolongado de conservación, además, tienen un punto de fusión intermedio entre las grasas saturadas y las grasas insaturadas, por esta razón han sido usados ampliamente utilizados por la industria de alimentos.

3.4.1 ALIMENTOS CON MAYOR CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS TRANS ⁽¹⁸⁾

Al parecer los ácidos grasos trans están presentes en la mayoría de los alimentos de consumo habitual entre la población, correspondiendo los niveles más altos a productos sometidos a un tratamiento industrial de hidrogenación o refinación, y los niveles más bajos a alimentos no procesados, pero la variabilidad del contenido de AGT en los alimentos no solo depende del tipo de alimento en sí, sino también del modo de prepararlo.

Algunos de los alimentos con mayor contenido de AGT son: carne de vacuno con un 8,5% de AGT en relación al total de ácidos grasos, en la grasa de la leche los porcentajes de isómeros trans son normalmente mayores que los hallados en carne fresca de rumiantes con un valor medio de AGT en torno a 2,7%, el contenido graso y perfil lipídico de los helados varía notablemente en función de su modo de elaboración e ingredientes sus cifras de AGT oscilan entre 2,5%, en cuanto a los alimentos precocinados congelados, pueden contener importantes cantidades de estos isómeros en función de la mezcla de aceites utilizados en las frituras de Nuggets de pollo, papas fritas entre otros y las condiciones de hidrogenación que hayan sufrido; en el mismo sentido, los posteriores procesos de calentamiento pueden incrementar su presencia es por eso que sus cifras de AGT oscilan entre un 1% y un 9%.

La importante variabilidad observada en salsas como tomate frito, mayonesas, etc., viene condicionada, al igual que en otros alimentos elaborados, por la mezcla de aceites vegetales parcialmente hidrogenados de diferente origen utilizados en su fabricación, para obtener las propiedades físicas deseadas Los

porcentajes señalados en diversos estudios oscilan alrededor del 0,7% en general para las salsas, entre el 0,34% y el 0.8% para las mayonesas, y en torno al 0,27% para el tomate frito, en cuanto a cremas de cacao, el contenido es bastante uniforme. A pesar del alto contenido graso, el porcentaje determinado de AGT es bajo, situándose en torno a 0,3%.

En la literatura científica se pueden encontrar referencias a otros variados alimentos por sus altos contenidos en ácidos grasos trans. Entre ellos, destacan las palomitas preparadas para elaborar en microondas, con cifras de 27-34%, patatas fritas, con importantes variaciones según se trate de las servidas en establecimientos de comida rápida, con cifras medias de 2,5% de AGT sobre el total de ácidos grasos, aunque alguna muestra llegaba al 13,6% y pizzas hasta con un 3,1%. Todos estos datos se corresponden con los obtenidos por otras fuentes, como son las tablas de composición de alimentos publicadas en algunos países.

Una cantidad importante de AGT proviene de la llamada “grasa invisible”, aquella que se utiliza como materia prima para manufactura de alimentos de composición compleja como: Pizza, hotdog, Hamburguesas, reposterías, etc. ⁽¹⁴⁾

TABLA N° 1: Recomendaciones de grasas según OMS ⁽¹⁷⁾

TIPOS DE GRASAS	%
Grasas totales	15-30
Grasas saturadas	<10
Grasas poliinsaturadas	6-10
Omega 6	5-8
Omega 3	1-2
Grasas Trans	<1

Continuación Tabla N° 1

Grasas monoinsaturadas	32-69
Estos porcentajes están dados por ingesta calórica diaria	

3.5 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA ⁽²¹⁾

La espectroscopia vibracional fue una de las primeras técnicas espectroscópicas que encontró un uso extendido, en particular la espectroscopia de absorción infrarroja (IR) que recibe su nombre de la región del espectro electromagnético implicada. Por lo tanto podemos decir que espectroscopia infrarroja es la medición de la radiación infrarroja absorbida por una muestra. La región IR del espectro electromagnético se encuentra entre 12800 a los 10 cm^{-1} . Tanto desde el punto de vista de las aplicaciones como de los aparatos se puede dividir en tres zonas:

- IR Cercano (NIR): 12800-4000 cm^{-1}
- IR Intermedio: 4000-400 cm^{-1}
- IR Lejano: 400-10 cm^{-1}

Es en la región del infrarrojo intermedio donde se dan la mayoría de las aplicaciones analíticas tradicionales.

Una de las grandes ventajas de la espectroscopia IR es su versatilidad, ya que permite estudiar prácticamente cualquier muestra con independencia del estado en que se encuentre: líquidos, disoluciones, pastas, polvos, fibras, films, gases o superficies son algunos ejemplos.

Un espectro IR se obtiene al pasar radiación a través de una muestra y determinar que fracción de esta radiación incidente ha sido absorbida. La energía particular a la que aparece cada pico en un espectro guarda relación con la frecuencia de vibración de una parte de la molécula.

Como en otros procesos de absorción de radiación electromagnética, la interacción de la radiación infrarroja con la materia provoca en ésta alguna alteración. El espectro vibracional de una molécula se considera una propiedad física única y por tanto característica de ésta molécula. Así, entre otras aplicaciones, el espectro IR se puede usar como “huella dactilar” en la identificación de muestras desconocidas mediante la comparación con espectros de referencia.

3.5.1 INSTRUMENTACIÓN ⁽¹⁹⁾

Los espectrofotómetros IR tienen los mismos componentes básicos que el resto de aparatos utilizados en procesos de absorción, por ejemplo en el estudio de la zona visible-ultravioleta del espectro.

Básicamente, se necesita un instrumento para medir la transmisión de radiación electromagnética de una muestra en función de la longitud de onda o del número de ondas. El elemento más importante debe permitir aislar la radiación de regiones espectrales definidas y permite diferenciar entre los distintos tipos de espectrofotómetros: no dispersivos, dispersivos y de transformada de Fourier (FT). En estos últimos se utiliza un interferómetro que permite una modulación de la radiación dependiente de la longitud de onda.

Accesorios de reflectancia total atenuada (ATR): Esta gama de dispositivos son especialmente útiles para obtener espectros IR de muestras que no pueden ser colocadas en los soportes habituales para el método de transmisión. Así, son apropiadas para estudiar sólidos gruesos insolubles o muy absorbentes, muestras líquidas, incluyendo láminas, recubrimientos, polvos, hilos, adhesivos, polímeros y muestras acuosas. El ATR requiere poca o ninguna preparación para la mayoría de las muestras y es una de las técnicas de muestreo más versátiles. El ATR ocurre cuando un haz de radiación entra desde un medio más denso (con un mayor índice de refracción) en un medio menos denso (con un menor índice de refracción) El haz penetra una distancia muy pequeña más

allá de la interfaz hacia el medio menos denso antes de que suceda la reflexión completa. Su intensidad se ve atenuada por la muestra en las regiones del espectro IR donde la muestra absorbe. En la práctica, la muestra se coloca en contacto íntimo con un cristal denso y altamente refractivo, de ZnSe, bromuro de talio – ioduro de talio (KRS-5) o de Ge. El haz IR se dirige hacia un extremo biselado del cristal y se refleja internamente a lo largo del cristal con una o más reflexiones. El espectro resultante ATR-IR se asemeja al espectro IR convencional, pero con algunas diferencias: las posiciones de las bandas de absorción son idénticas en ambos espectros, pero las intensidades relativas de las bandas correspondientes son diferentes. Aunque los espectros ATR se pueden obtener usando instrumentos dispersivos o por transformada de Fourier, estos últimos permiten obtener espectros de mayor calidad en situaciones en las que la intensidad de la señal se halla limitada.

A continuación en la Figura N° 2 se esquematiza el equipo de transformada de Fourier.



Figura N° 2 Esquema de un instrumento de Transformada de Fourier.

La FAO y la OMS (1994) recomendaron que se tuviera amplio acceso a los datos apropiados de composición de alimentos referidos a las grasas y que en los análisis sobre el contenido de ácidos grasos de los alimentos y en la elaboración de bases de datos de nutrientes se emplearan métodos normalizados y materiales de referencia. El informe ofrece una buena cobertura de las sustancias y las cuestiones nutricionales de interés es una referencia fundamental para el análisis de los lípidos. ⁽²¹⁾

- Método de determinación de ácidos grasos ⁽⁷⁾

El método de separación por Cromatografía Gas-Líquido de los ésteres de metilo de los ácidos grasos preparados por transmetilación de los extractos lipídicos de los alimentos es el preferido para el análisis. La preparación de materiales de relleno de la columna, técnicas capilares y sistemas de amplificación de los detectores ha permitido hacer más general la aplicación del método para la separación de formas isotópicas y ácidos grasos de cadena más larga. La técnica publicada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (UIQPA) (Paquot y Hautfenne, 1987) constituye el procedimiento básico.

El método exacto que se elija dependerá del alimento que se vaya a analizar y de los ácidos grasos de particular interés. Muchos usuarios están especialmente interesados en los ácidos grasos n-3 y n-6, los ácidos trans y los niveles de ácidos grasos de cadena larga.

Los detectores de infrarrojos son útiles en la medición de los ácidos grasos trans (AOAC International, 2002). La principal dificultad radica en la asignación de una identidad inequívoca a los isómeros. Para esto se requieren buenos patrones o la combinación de la separación mediante GLC con la espectrometría de masas (Beare-Rogers y Dieffenbacher, 1990), lo cual puede resultar poco práctico para algunos países en desarrollo.

La absorción infrarroja es en la actualidad el método preferido para la medición de los ácidos grasos trans en los aceites de pescado hidrogenados.

CAPITULO IV

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

- Experimental:
El estudio se realizó en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia para el análisis de grasas y aceite extraído de diferentes muestras de Hotdog y Pizza, comparando cada resultado con los espectros patrones para el análisis de grasas trans, según la metodología oficial.
- Transversal:
Ya que la recolección de muestras y la parte práctica se realizó en el mes Diciembre de 2016.
- Prospectivo:
La investigación puede ser un aporte como antecedente bibliográfico, que podrá aplicarse a futuras investigaciones.

4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

La investigación bibliográfica se realizó en las siguientes bibliotecas:

- “Dr. Benjamín Orozco” de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Internet.

4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El instrumento para la recolección de información fue una guía de observación (Ver anexo N° 1), con la cual se identificó los puntos de toma de las diferentes muestras y así se pudo determinar cuáles se comercializan con mayor frecuencia en la zona de estudio.

Se visitaron los comercios que se identificaron por medio de la guía de observación (Ver anexo N° 1) de los distritos 2 y 3 del área Metropolitana de San Salvador, ya que tienen mucha demanda por la población porque se encuentran en Centros Comerciales o cerca de Universidades y colonias. (Ver anexo N° 2 y N° 3)

- Universo:

Hotdog y Pizza que se comercializan en el área metropolitana de San Salvador.

- Prueba Piloto: ⁽²³⁾

Debido a que El Salvador no hay ningún estudio acerca de la concentración de grasas Trans en las matrices hotdog y pizza se realizó una prueba piloto con el objetivo de conocer las concentración de grasas Trans en dichas matrices para así poder obtener el dato de probabilidad de éxito o porción esperada para sustituirlo en la fórmula para obtener el número de muestra.

Para la Prueba Piloto se tomaron diez muestras al azar de cada matriz en diez de los comercios. Las Tablas N° 2 y N° 3 presentan los lugares tomados para hotdog y pizza con sus respectivos códigos.

Tabla N° 2 Lugares de toma de muestra que se utilizaron para Prueba Piloto en la matriz Hotdog

Código	Lugares de toma de muestra para prueba piloto (Hotdog)
1H	"Los chorys" dólar city UES
2H	"Los chorys" Polideportivo UES
3H	"Los chorys" frente al ministerio de Hacienda
4H	"Hotdog" despensa de Don Juan 75 AV Norte Escalón
5H	"Hotdog" terminal de occidente
6H	"Hotdog" plaza minerva UES
7H	"Los chorys" Republica de Perú 63 AV sur

Continuación Tabla N° 2

8H	Gasolinera UNO "Pronto" Los Héroes
9H	"Hotdog" entrada de Facultad de Odontología UES
10H	"Los Chorys" 23 calle poniente S.S.

Tabla N° 3 Lugares de toma de muestra que se utilizaron para Prueba Piloto en la matriz Pizza

Código	Lugares de toma de muestra para prueba piloto (Pizza)
1P	"Pizza Hut" Salvador del Mundo
2P	"Pizza Hut" Galería
3P	"Papa Jonhs" Boulevard Constitución
4P	"Papa Jonhs" C.C. San Luis
5P	"Little Caesars" C.C. Metrocentro 8° Etapa
6P	Pizza "Boom" Alameda Manuel Enrique Araujo
7P	"Papa Jonhs" Boulevard Constitución
8P	"Pizza Hut" Residencial Universitaria
9P	"Papa Jonhs" Avenida la Revolución
10P	"Pizza Hut" 1ª Calle Poniente # 27

Se procedió al análisis de las muestras para obtener el porcentaje de Grasas Trans.

Resultando para la matriz hotdog 2% de Grasas Trans y para la matriz pizza 3% de Grasas Trans (Ver Anexo N° 7) con los resultados obtenidos se aplicó la

fórmula estadística para determinar el número de muestras $n = \frac{Z_a^2 * p * q}{d^2}$ ⁽⁸⁾

donde se sustituyó por el p= probabilidad de éxito o proporción esperada.

- Muestra: (8)

Para determinar el número de muestras que se analizaron en la matriz Hotdog y Pizza, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2}$$

En donde:

Z_{α}^2 = nivel de confianza,

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

- Datos para Hotdog:

$$Z_{\alpha}^2=1.96 \quad P=0.02 \text{ (Según prueba piloto)} \quad q=0.98 \quad d=0.05$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.02 \times 0.98}{0.05^2}$$

n= 30.11= 30 muestras de la matriz hotdog que fue evaluado por triplicado a criterio del analista. (Ver anexo N° 7)

- Datos para Pizza:

$$Z_{\alpha}^2=1.96 \quad P=0.03 \text{ (según prueba piloto)} \quad q=0.97 \quad d=0.05$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.03 \times 0.97}{0.05^2}$$

n= 44.72 = 45 muestras de la matriz Pizza a evaluar por duplicado a criterio del analista. (Ver anexo N° 7)

4.4 PARTE EXPERIMENTAL

- Recolección de muestras:

Se recolectaron primero las muestras de hotdog y luego las de pizza, en los sitios de mayor comercialización ubicados en los distritos 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador (Ver anexo N° 2 y N° 3).

- Transporte de muestras

Las muestras se identificaron con una etiqueta (Ver anexo N° 4), se transportaron en una hielera con su envoltorio original hasta el Laboratorio de Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia donde fueron procesadas, y la muestra lipídica se conservó en tubos de ensayos previamente identificados con los códigos asignados para su correspondiente análisis.

- Método de análisis:

Método oficial para cuantificar grasas trans de la Asociación Americana de Químicos Analistas, (AOAC). (Ver anexo N° 5)

- Material y equipo: (Ver anexo N° 8)
- Reactivos: ⁽²⁾ (Ver anexo N° 8)

4.5 PROCEDIMIENTO ANALITICO

4.5.1 Tratamiento de Muestras Recolectadas ⁽²⁾

- Triturar la muestra completa en un procesador de alimentos, de manera que toda la muestra sea homogénea.
- Pesar 6.0 gramos de muestra homogénea en un Erlenmeyer de 125 mL vacío previamente rotulado en una balanza analítica.
- Trabajar en la cámara de extracción de gases, y agregar 10 mL de Éter de petróleo a la muestra, agitar por 5 minutos, y dejar sedimentar por 5 minutos más.

- En tubos de ensayo previamente identificados, filtrar la solución de grasa, aceite y Éter de petróleo.
- Dejar en reposo por 8 horas para volatilizar el solvente.

4.5.2 Análisis de Muestras por medio del Espectroscopía IR ^{(4) (5)}

- Encender el espectrofotómetro IR y la computadora.
- Inicializar el programa IR-Solution.
- Conectar el computador por medio del programa con el espectrofotómetro IR utilizando el comando "Measure", comando "Admin", Inicializar. Dejar un tiempo de equilibrio de 15 minutos.
- Permitir que el programa registre las condiciones del equipo y que reconozca automáticamente el accesorio ATR.
- Dejar correr un barrido de las condiciones iniciales del equipo con la unidad ATR armada sin muestra como sigue: Utilizar el comando "Measure", y dar click en "BKG" para obtener el espectro blanco (Background).
- Tratar la muestra de la siguiente manera: Colocar el tubo de ensayo que contiene la muestra en un baño de maría Precitherm y controlar con un termómetro que la temperatura se encuentre a $62^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta la fundición y separación de las fases.
- Tomar una pequeña cantidad de muestra fundida con una pipeta o un gotero.
- Colocar la muestra distribuida uniformemente en el cristal de la celda y acoplarla en la unidad ATR del equipo Infrarrojo Shimadzu IR-Affinity.
- Analizar la muestra utilizando el comando "Measure", Colocar la información de la muestra en el espacio "coment" y dar click en "Sample" para obtener el espectro correspondiente para identificar la muestra de los 4000 a los 500 cm^{-1} .
- Limpiar la celda con un pañuelo suave y luego con un algodón impregnado de alcohol.

- Observar el espectro IR de las muestras analizadas para verificar la presencia de la deformación del enlace C-H de la ligadura C=C del isómero Trans que aparece cercano a los 966 cm^{-1} .
- Calcular la absorbancia por el método de línea base con la fórmula $A = \log I_0/I$. (Ver anexo N° 6)
Dónde:
 I_0 = rayo incidente,
 I = rayo transmitido.
- Con los datos de la absorbancia calcular los porcentajes de las muestras con la curva de calibración $Y = mx + b$ obtenida de los estándares de Trioleína y Trielaidina, sustituyendo “Y” por la absorbancia obtenida de la muestra y resultando “X” el porcentaje de grasas trans de dicha muestra.

4.5.3 Lectura de estándares para la elaboración de curva de calibración.

Se repitió el procedimiento del Análisis de Muestras por medio del Espectroscopía IR excepto el último paso del procedimiento, para obtener los espectros de los estándares:

- 0% Trioleína,
- 5%, 20%, 30% y 99% de Trielaidina.

Dichas concentraciones de los estándares ya vienen preparadas por el proveedor

Y se calculó su absorbancia por medio del método línea base (Ver anexo N° 6) para construir dicha curva de calibración de estándares, donde se obtuvo la ecuación pendiente intercepto por medio de la cual se calculó los porcentajes de las muestras con la fórmula $Y = mx + b$, sustituyendo “Y” por las absorbancias obtenidas de las muestras y resultando “X” el porcentaje de grasas trans. (Ver ejemplo de cálculo de concentración de muestra en la página 61 de este trabajo de graduación).

CAPITULO V

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

- 5.1 Se realizó una guía de observación (Ver anexo N° 1) para determinar qué lugares de los distrito 2 y 3 del área metropolitana de San Salvador, serían los adecuados para obtener las muestras de las matrices de Hotdog y Pizza, con la que se identificó los lugares más accesibles y concurridos. (Ver anexo N° 2 y 3).
- 5.2 Se recolectaron las muestras haciendo la clasificación por marcas como lo presenta en la tabla N° 4.

Tabla N° 4 Clasificación por marcas de las matrices de Hotdog y Pizza.

Matriz	Marca
HOTDOG	Hotdog "Los Chorys"
	Hotdog de gasolineras
	Hotdog sin marca
PIZZA	Pizza Hut
	Papa Jonhs
	Little Caesars
	Buho`s pizza
	Pizza Nova
	Pizza Boom

Las marcas de los productos que aparecen en la tabla N° 4 pueden considerarse como las más consumidas, ya que son algunos de los lugares de

comida rápida más frecuentados por la población salvadoreña según las observaciones hechas.

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de aguas de la Facultad de Química Y Farmacia de la Universidad de El Salvador, en bolsas plásticas, con su respectivo etiquetado, en la cual se especificó el número de muestra, tipo de muestra, el lugar de donde procede, fecha y hora de toma de muestra. Se recolectaron de 20 a 30 muestras por día, de cada una de las matrices ya que de esta forma se facilitaba su posterior análisis.

La toma de las muestras se hizo en el transcurso de las 11:00 am a 1:00 pm hora del almuerzo por mayor concurrencia por los consumidores, ya que las grasas con que se cocinan estos alimentos sufren más hidrogenación por el tiempo de exposición al calor.

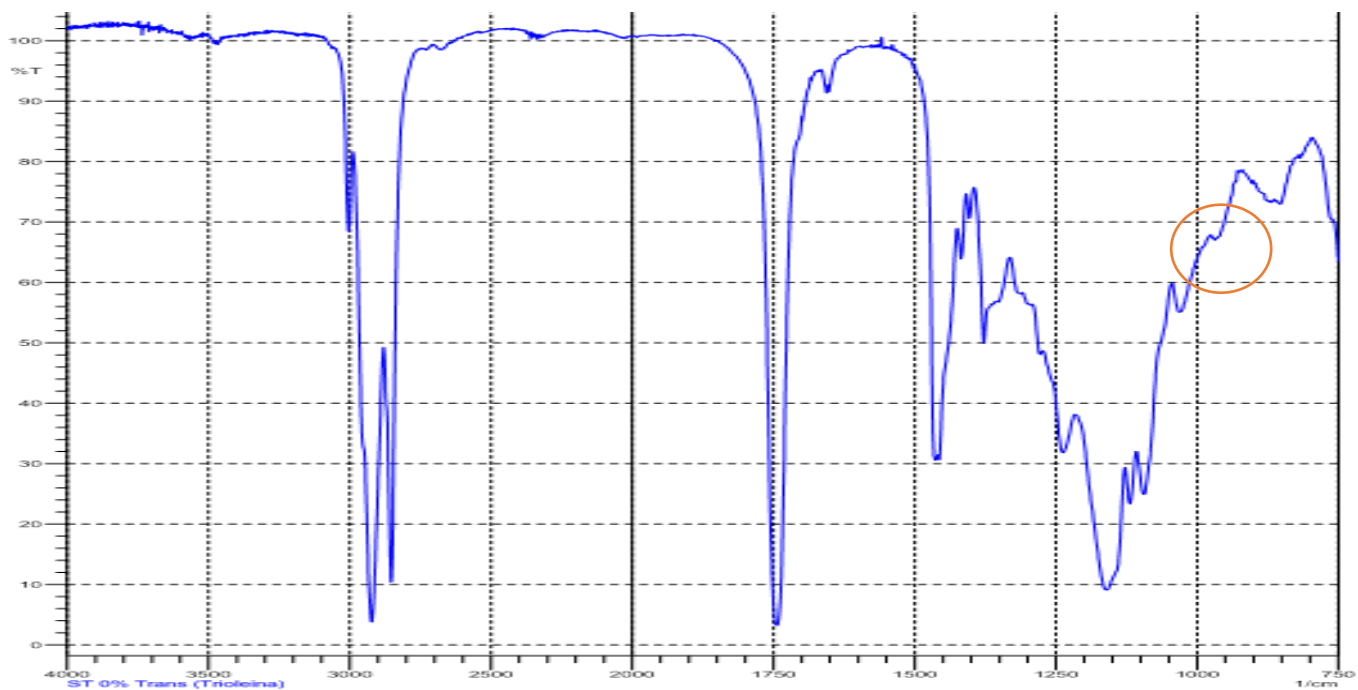
5.3 La extracción de las porciones lipídicas de las muestras recolectadas se realizó posteriormente a su recolección. Dónde:

Se trituró la muestra completa en un procesador de alimentos, de manera que toda la muestra fuese micronizada para tener una muestra homogénea para luego de ser pesada y agregarle el solvente éter de petróleo, esto se realizó con cada una de las muestras recolectadas.

5.4 El análisis por espectroscopia infrarroja, se llevó a cabo según el procedimiento descrito en la parte experimental.

Por medio del Espectrofotómetro Infrarrojo de Transformada de Fourier con unidad de Reflectancia Total Atenuada, se llevaron a cabo los 180 análisis indicados en la metodología (90 análisis de muestras de Hotdog y 90 análisis de muestras de Pizza), obteniéndose un espectro por cada muestra, en los cuales se obtuvo la deformación del enlace C-H dentro del plano del isómero Trans a que aparece a 966 cm^{-1} , donde por medio del método de línea base (Ver anexo

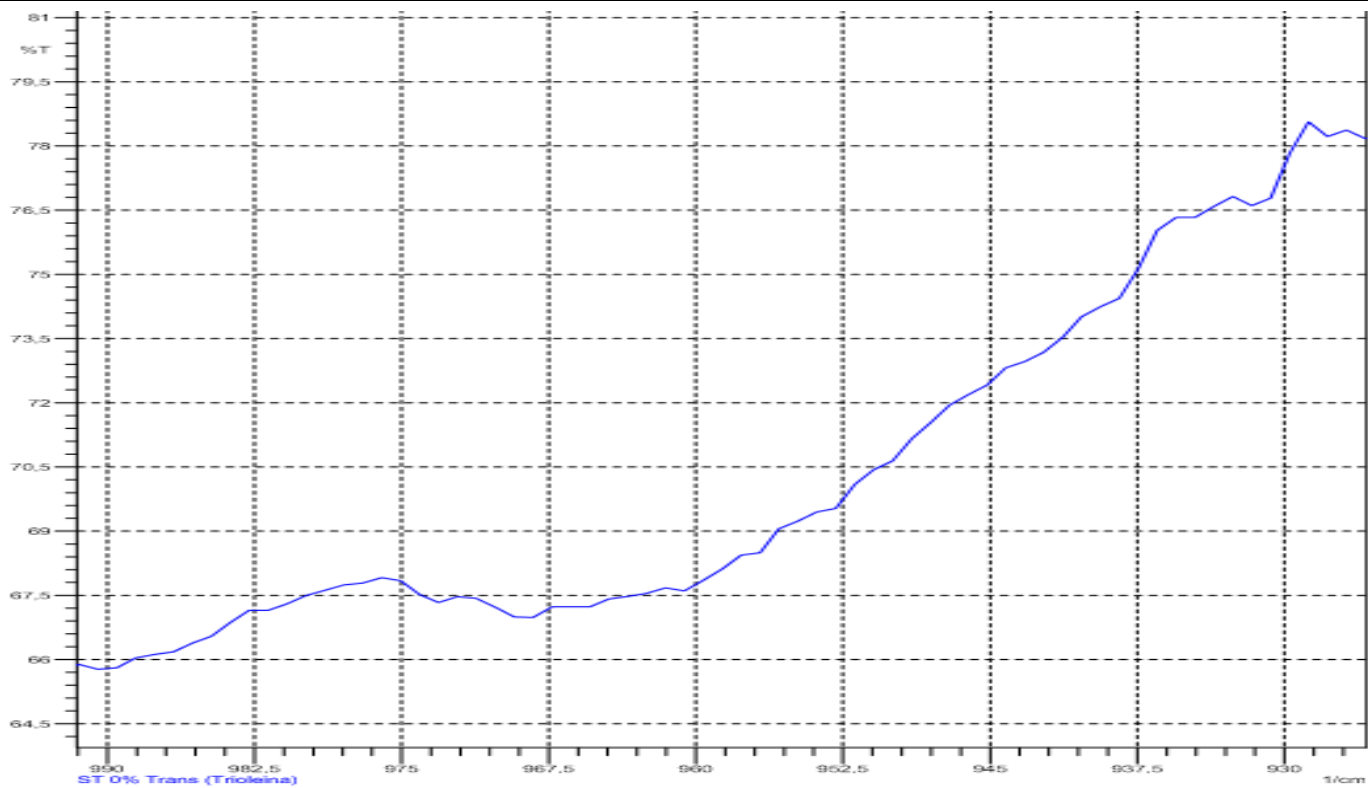
Nº 6), se calculó las absorbancias, calculando el porcentaje de grasas trans con la curva de calibración de estándares. (Ver figuras Nº 3 – Nº 7)



1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} del estándar negativo trioleína al 0% de ácidos grasos trans.

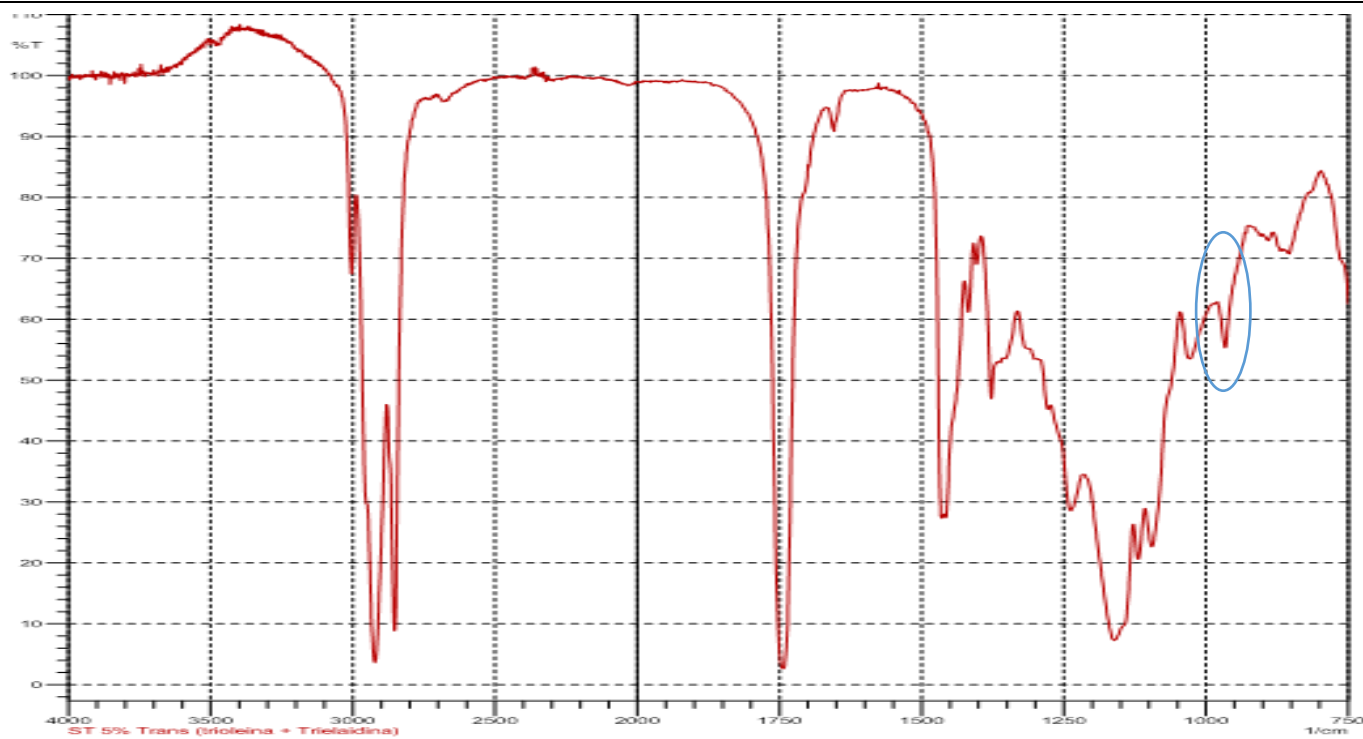
Figura N° 3 Espectro infrarrojo del estándar negativo trioleína al 0% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



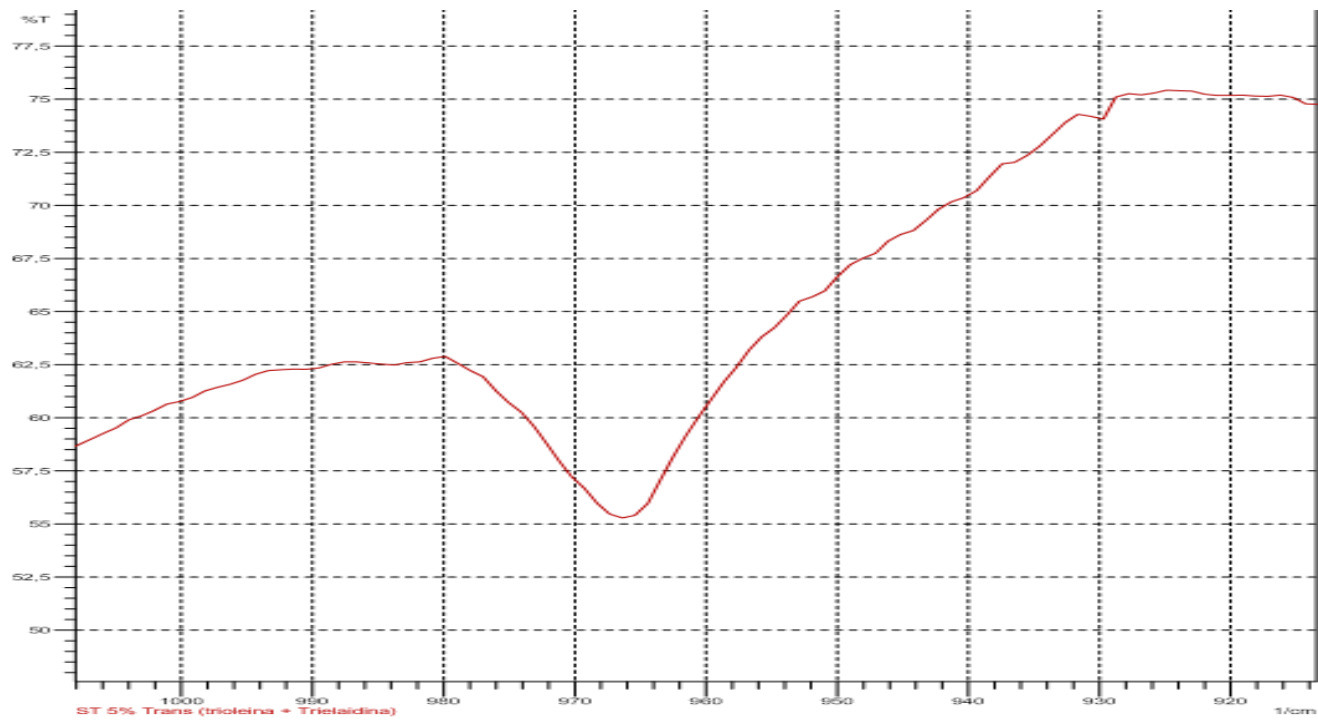
2. Espectro infrarrojo del estándar negativo trioleína al 0% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 3 Continuación.



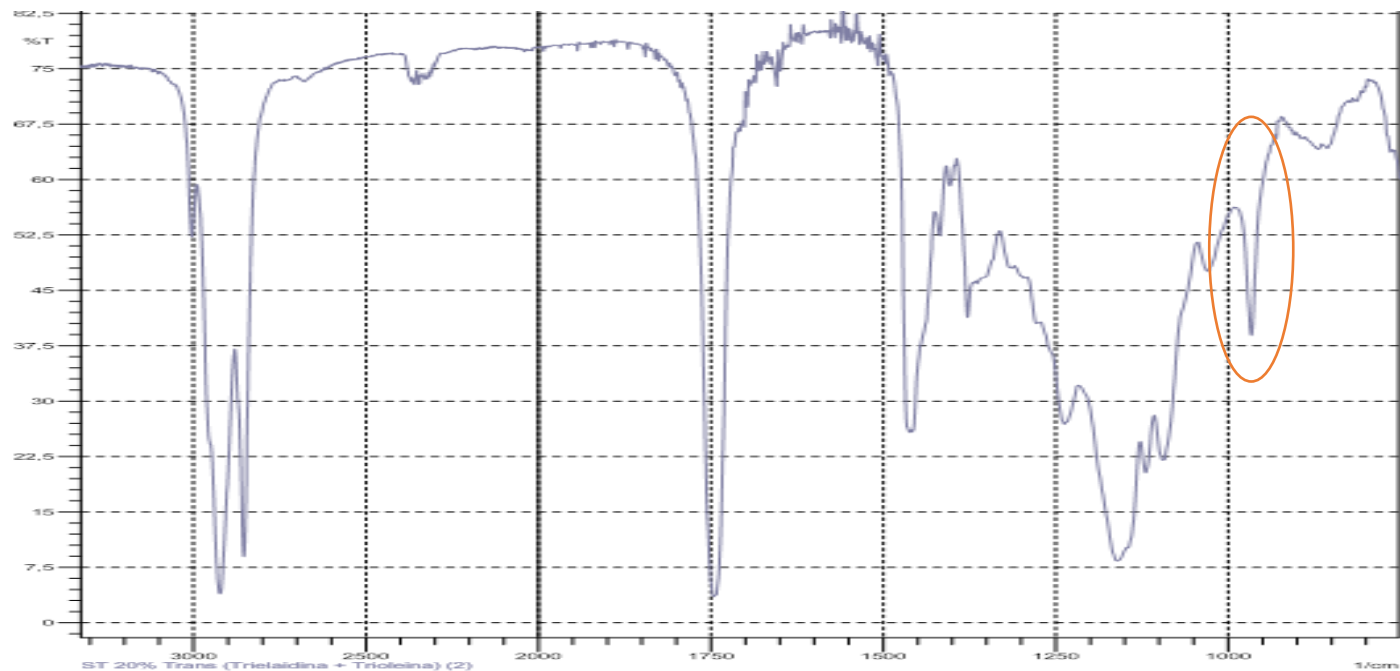
1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 5% de ácidos grasos trans.

Figura N° 4 Espectro infrarrojo del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 5% de ácidos grasos trans. Señalización en la región del pico característico de grasas trans \bigcirc a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 5% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 4 Continuación.



1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 20% de ácidos grasos trans.

Figura N° 5 Espectro infrarrojo del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 20% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .

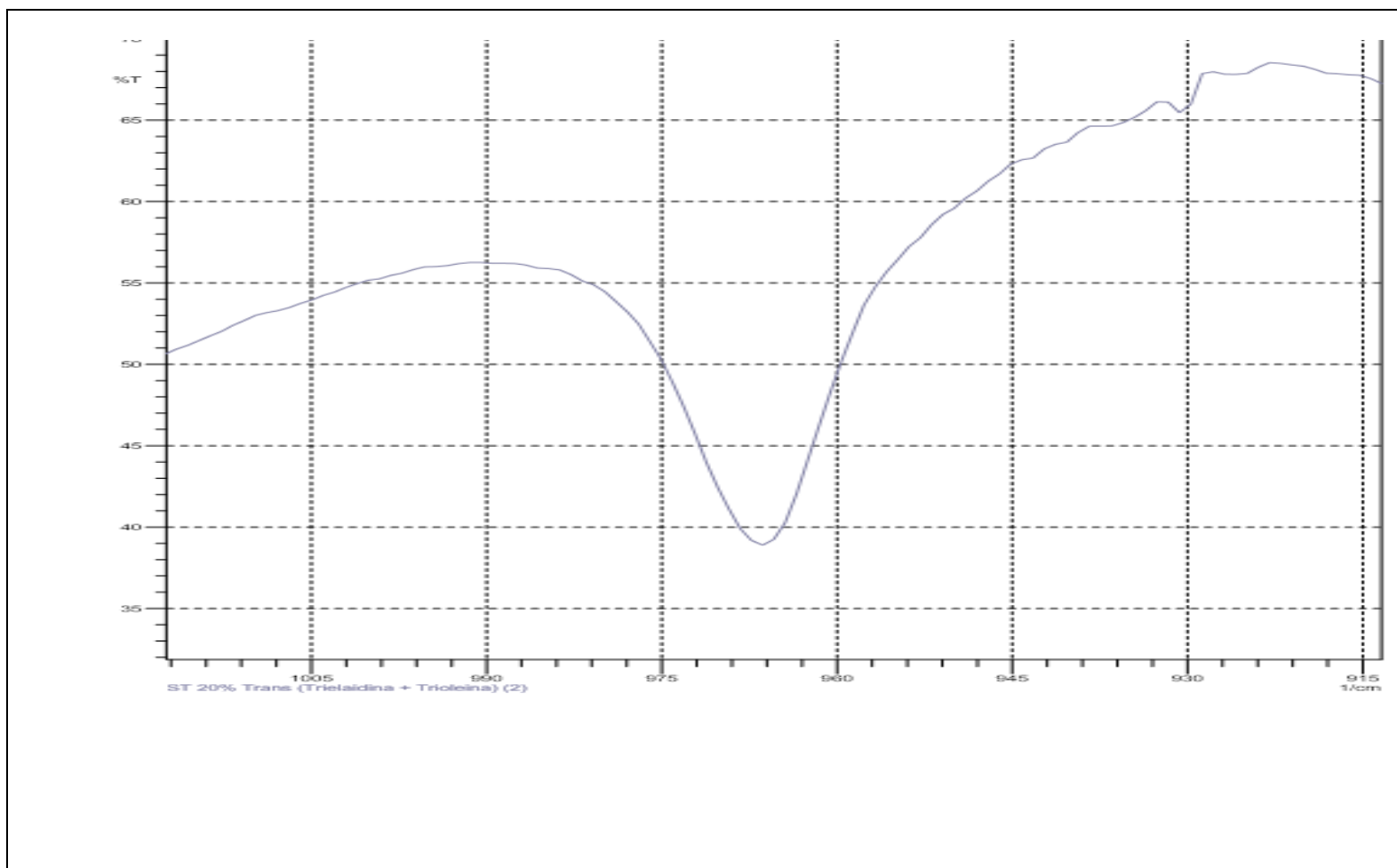
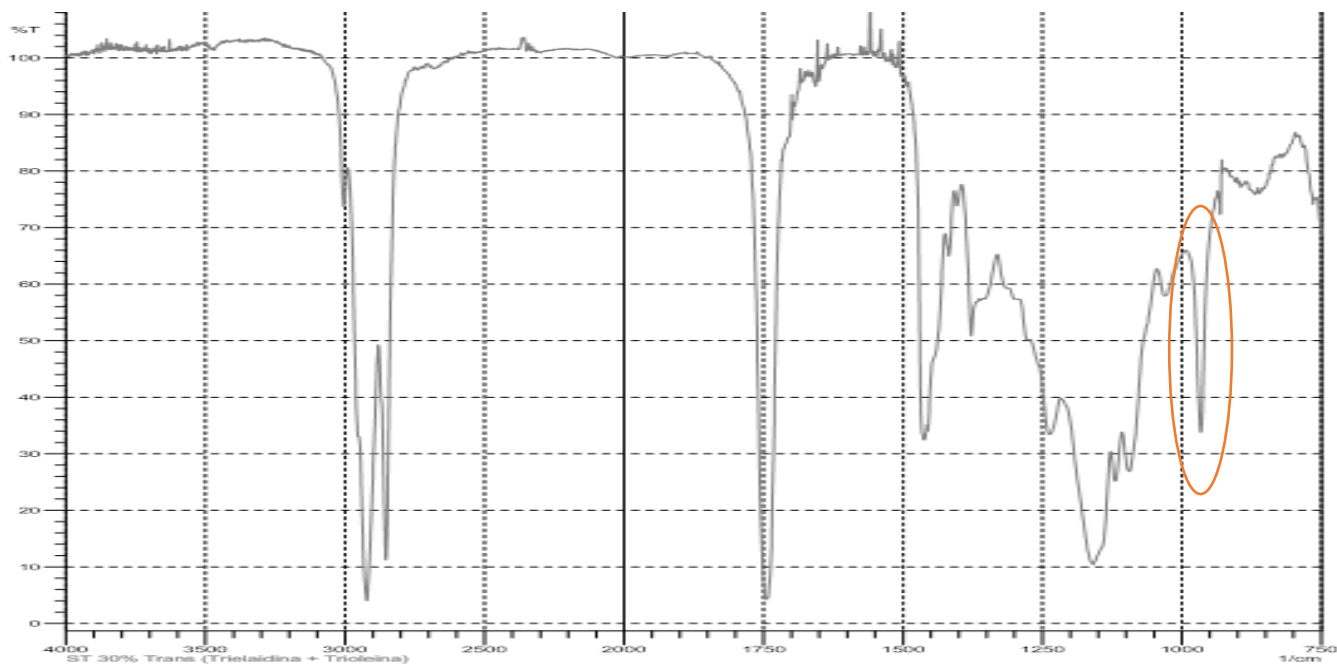


Figura N° 5 Continuación.



1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 30% de ácidos grasos trans.

Figura N° 6 Espectro infrarrojo del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 30% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .

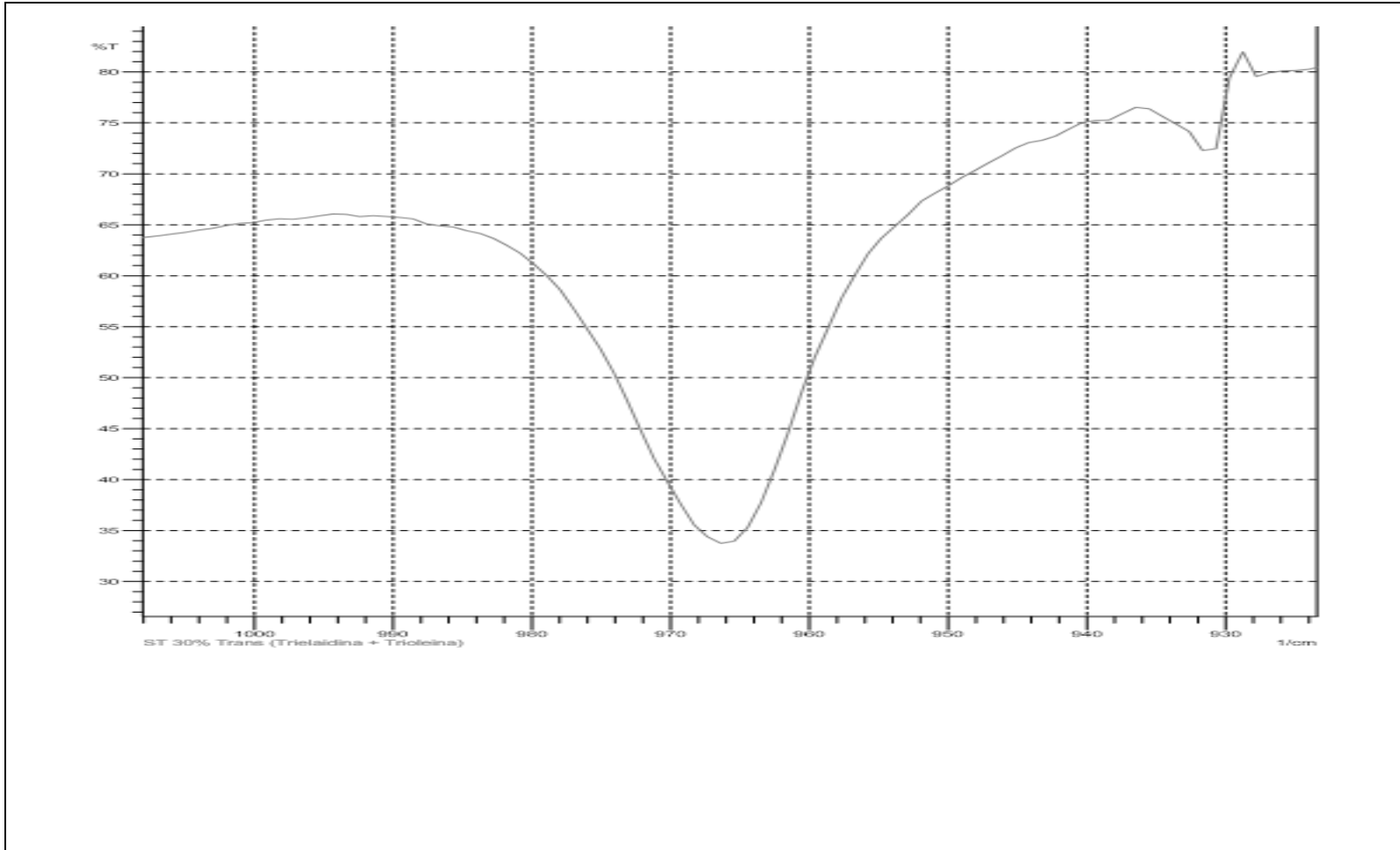


Figura N° 6 Continuación.

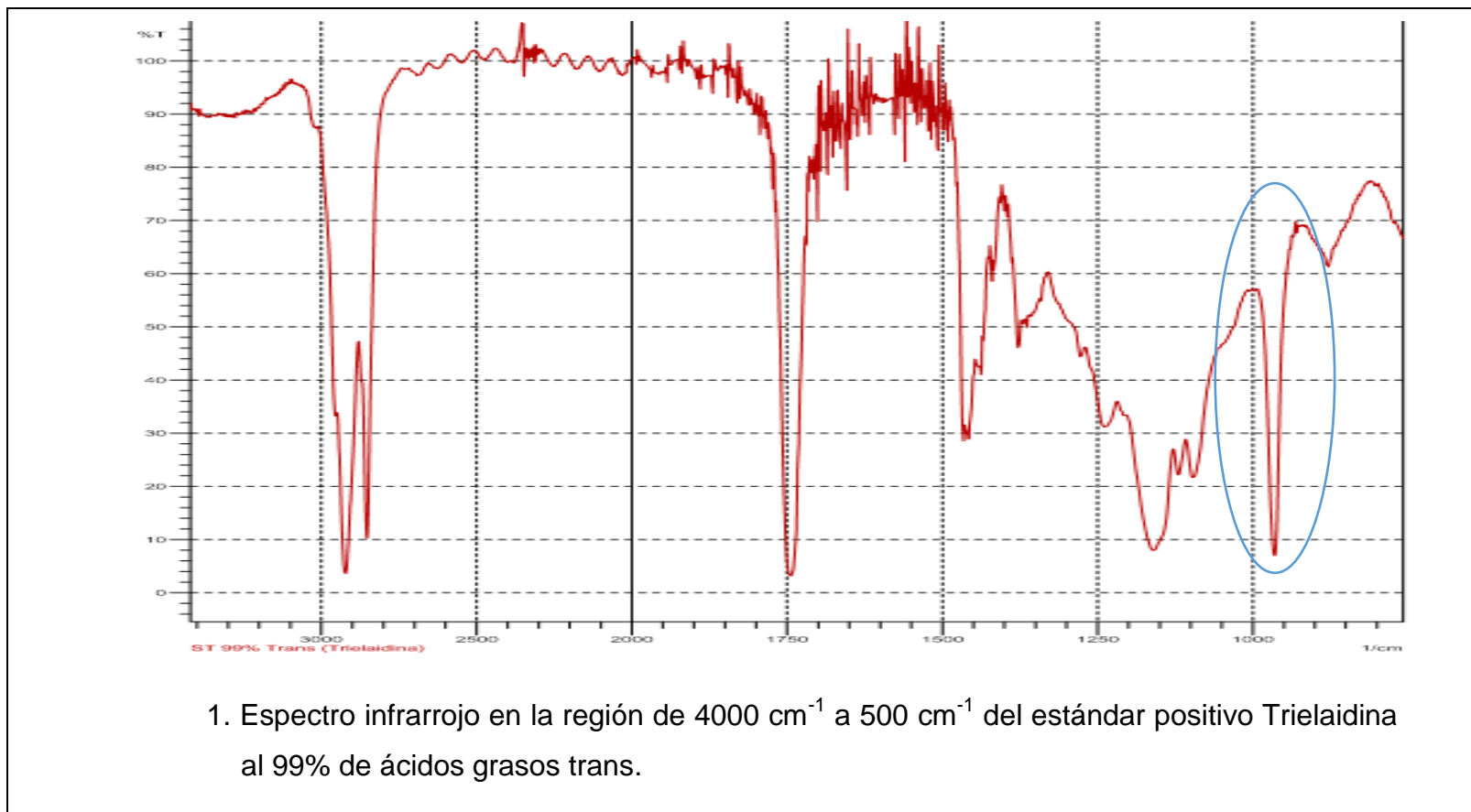


Figura N° 7 Espectro infrarrojo del estándar positivo Trielaidina al 99% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .

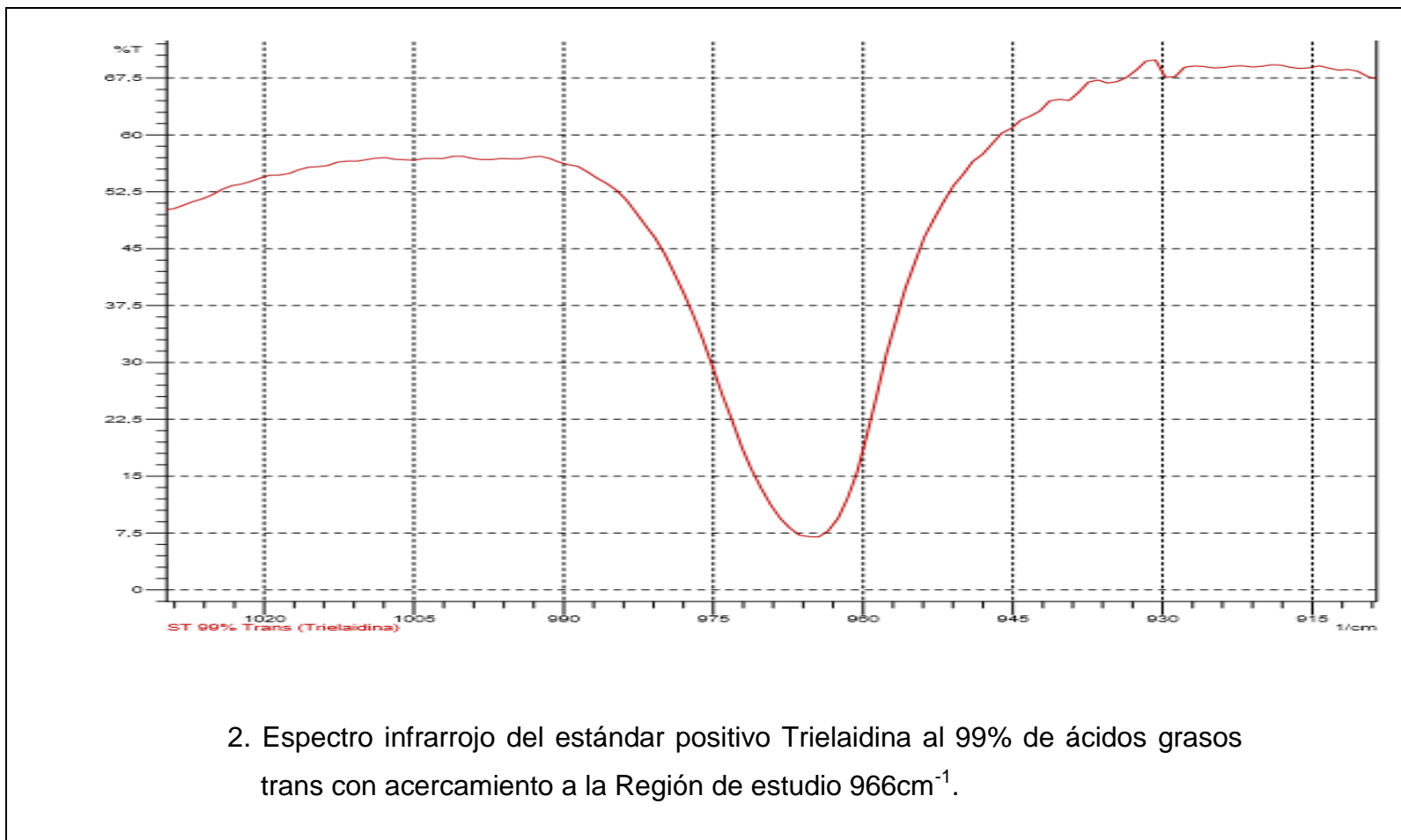


Figura N° 7 Continuación.

Tabla N° 5 Resultados de absorbancias de estándares de Trioleína y Trielaidina

Concentración de estándares	Absorbancia
0%	0.0
5%	0.062
20%	0.191
30%	0.322
99%	0.924

Los Resultados de absorbancias de los estándares, se calculó por el método de Línea Base. (Ver Anexo N° 6)

Usaremos la técnica de mínimos cuadrados ya que se usa comúnmente en el ajuste de curvas, utilizando las siguientes funciones: ⁽⁸⁾

$$S_{xx} = \sum (x_i - \tilde{x}_i)^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}$$

$$S_{yy} = \sum (y_i - \tilde{y}_i)^2 = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{N}$$

$$S_{xy} = \sum (x_i - \tilde{x}_i)(y_i - \tilde{y}_i) = \sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{N}$$

- Pendiente de la recta $m = S_{xy}/S_{xx}$
- Ordenada en el origen $b = \tilde{y} - m\tilde{x}$
- Ecuación lineal $y = mx + b$
- Coeficiente de determinación

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

Tabla N° 6 Resultados de mínimos cuadrados para estándares.

St	%	A	$(x_i - \tilde{x})$	$(x_i - \tilde{x})^2$	$(y_i - \tilde{y})$	$(y_i - \tilde{y})^2$	$(x_i - \tilde{x})(y_i - \tilde{y})$
1	0	0.0000	-30.8000	948.6400	-0.2998	0.8988	9.2338
2	5	0.0620	-25.8000	665.6400	-0.2378	0.5655	6.1352
3	20	0.1910	-10.8000	116.6400	-0.1088	0.1184	1.1750
4	30	0.3220	-0.8000	0.6400	0.0222	0.0005	-0.0178
5	99	0.9240	68.2000	4651.2400	0.6242	0.3896	42.5704
Promedio	30.8	0.2998	$S_{xx} =$	6382.8000	$S_{yy} =$	0.5484	$S_{xy} = 59.0966$

$$m = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = 0.0093$$

$$b = \tilde{y} - m\tilde{x} = 0.0146$$

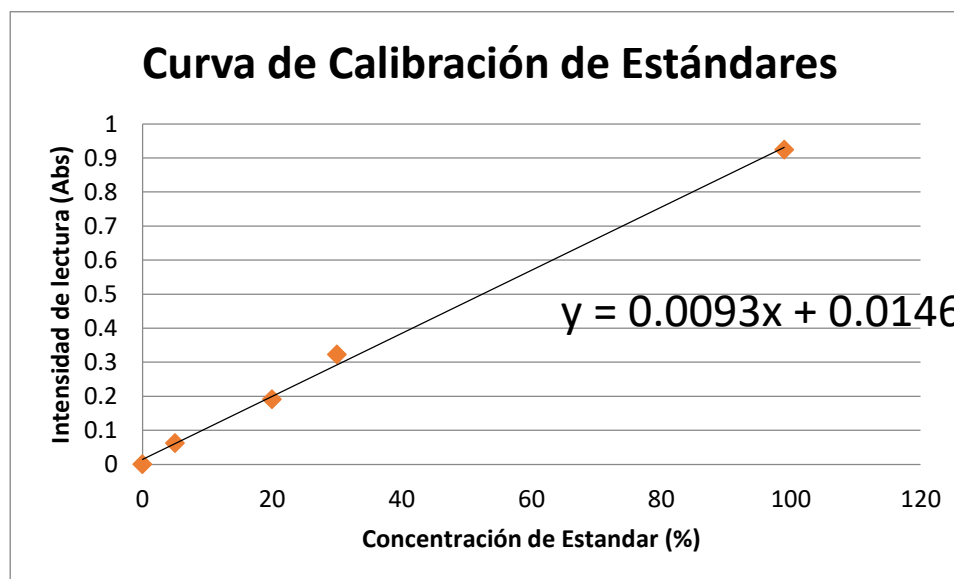


Figura N° 8 Curva de Calibración de estándares.

El Coeficiente de determinación es un término asociado a la tendencia de la línea recta obtenida, su aceptación se determina en base a criterios establecidos por las exigencias analíticas del método utilizado por lo que se asume de forma general que valores de r^2 arriba de 0.98 representan resultados de linealidad adecuada, es decir resultados más cercanos a la unidad son los deseados en la elaboración de cada curva de calibración en la práctica analítica, para el caso sugerido, si:

$$r^2 = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))^2}{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}$$

$$r^2 = \frac{(5(105.2660) - (154)(1.4990))^2}{(5(11126) - 154^2)(5(0.9978) - (1.499)^2)} = \mathbf{0.9978}$$

En la figura N° 7 podemos observar la curva de calibración de estándares, la cual tienen un R^2 de 0.9978, por lo cual se considera que la tendencia lineal de la curva de calibración es adecuada para el propósito del método es decir, la cuantificación de ácidos grasos trans siendo aceptable este valor ya que es cercano a 1. Esto significa que los puntos caen exactamente en línea recta dando como resultado $Y=0.0093X+0.0146$ ($Y=mx+b$), de esta manera se calcularon los porcentajes de grasas trans de las matrices seleccionadas como se explica detalladamente en el procedimiento analítico.

Los espectros obtenidos por cada matriz y marca se detallan en las figuras N° 9 – N° 15 incluyendo el espectro Infrarrojo representativo así como el acercamiento al rango de estudio cercano a 966 cm^{-1} . (Ver ejemplo de Cálculo para obtener la concentración de la muestra en la página 61 de este trabajo de graduación). (Ver Anexo N° 8 para todas las concentraciones encontradas).

Ejemplo del cálculo para obtener la concentración de la muestra. (2)

- Hotdog código H022 con una absorbancia de 0.046
- Ecuación lineal:

$$Y = mx + b$$

- Curva de calibración de estándares:

$$Y = 0.0093x + 0.0146$$

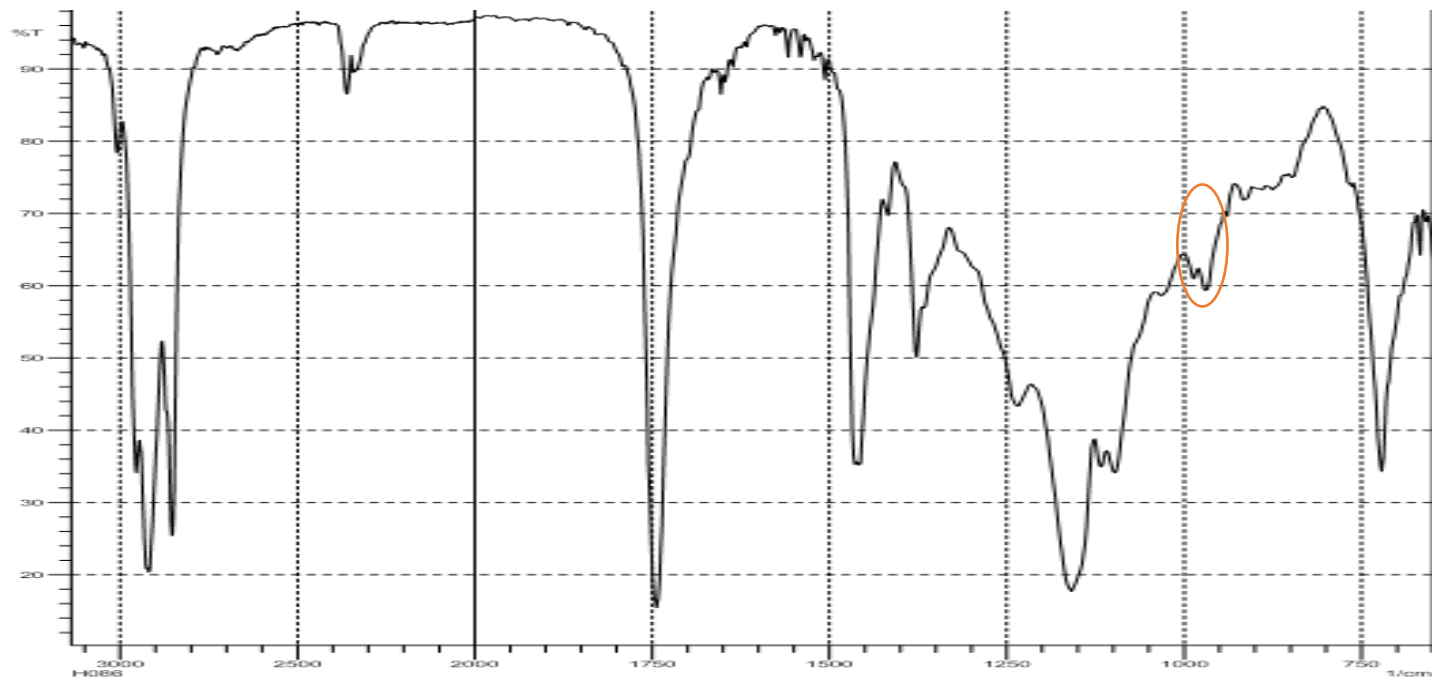
- Despejamos x

$$x = \frac{Y - 0.0146}{0.0093}$$

- Sustituimos la absorbancia obtenida por "Y"

$$x = \frac{0.046 - 0.0146}{0.0093}$$

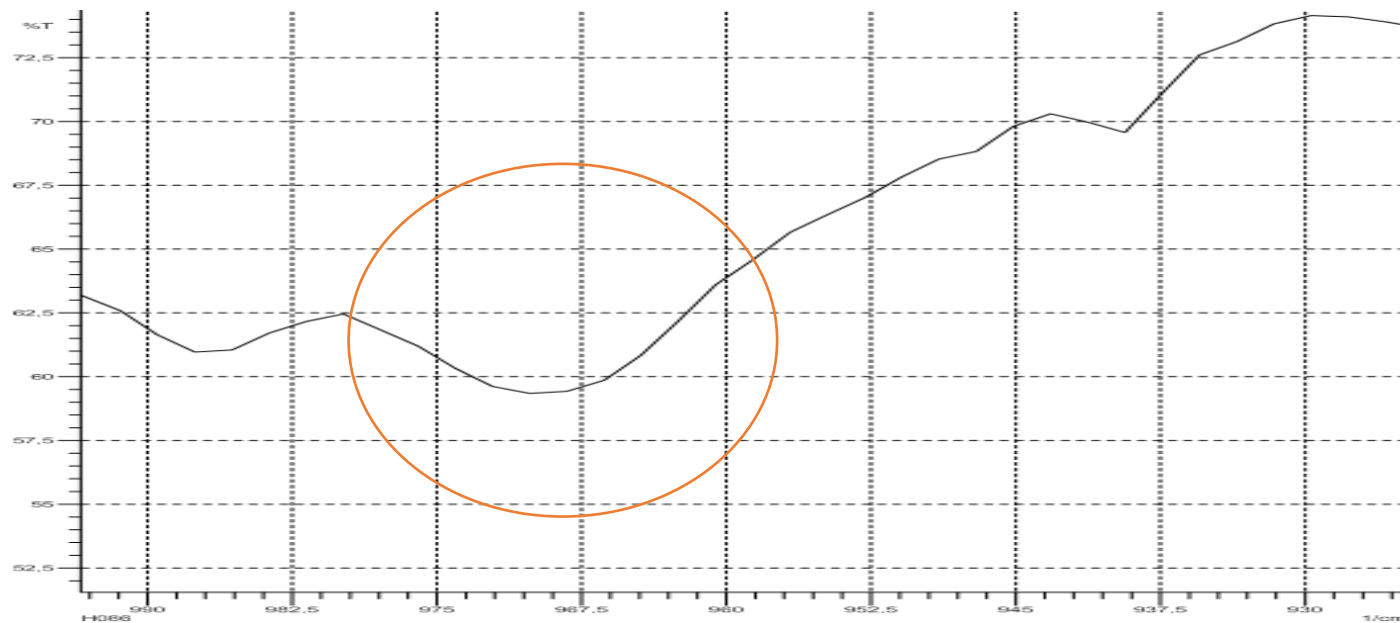
X = 3.38% de Grasas Trans en dicha muestra



1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} representativo de hotdog marca “Los Chorys” al 3.05% de ácidos grasos trans.

Figura N° 9 Espectro infrarrojo representativo de hotdog marca “Los Chorys” al 3.05% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de hotdog marca “Los Chorys” al 3.05% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 9 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1}

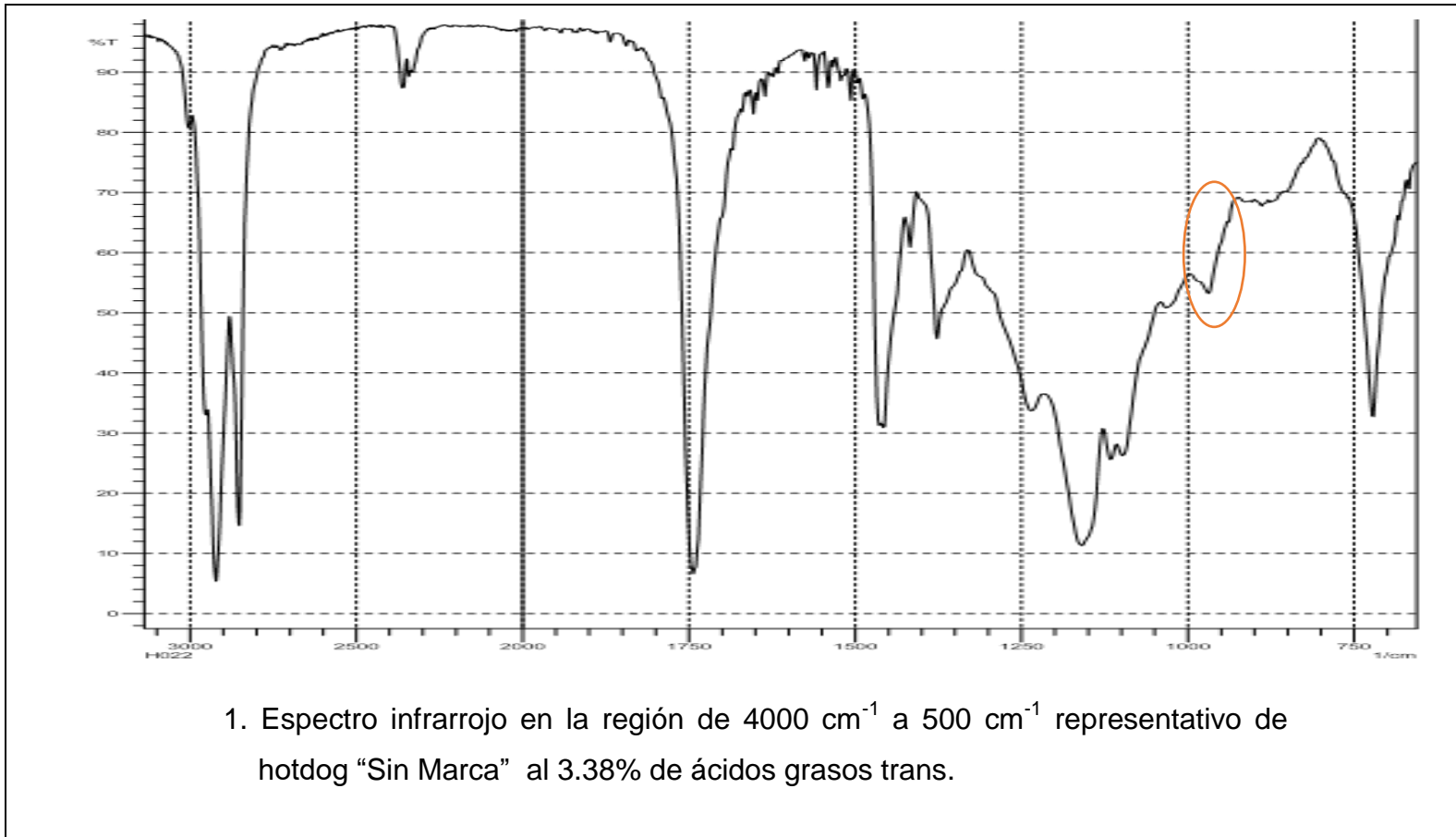
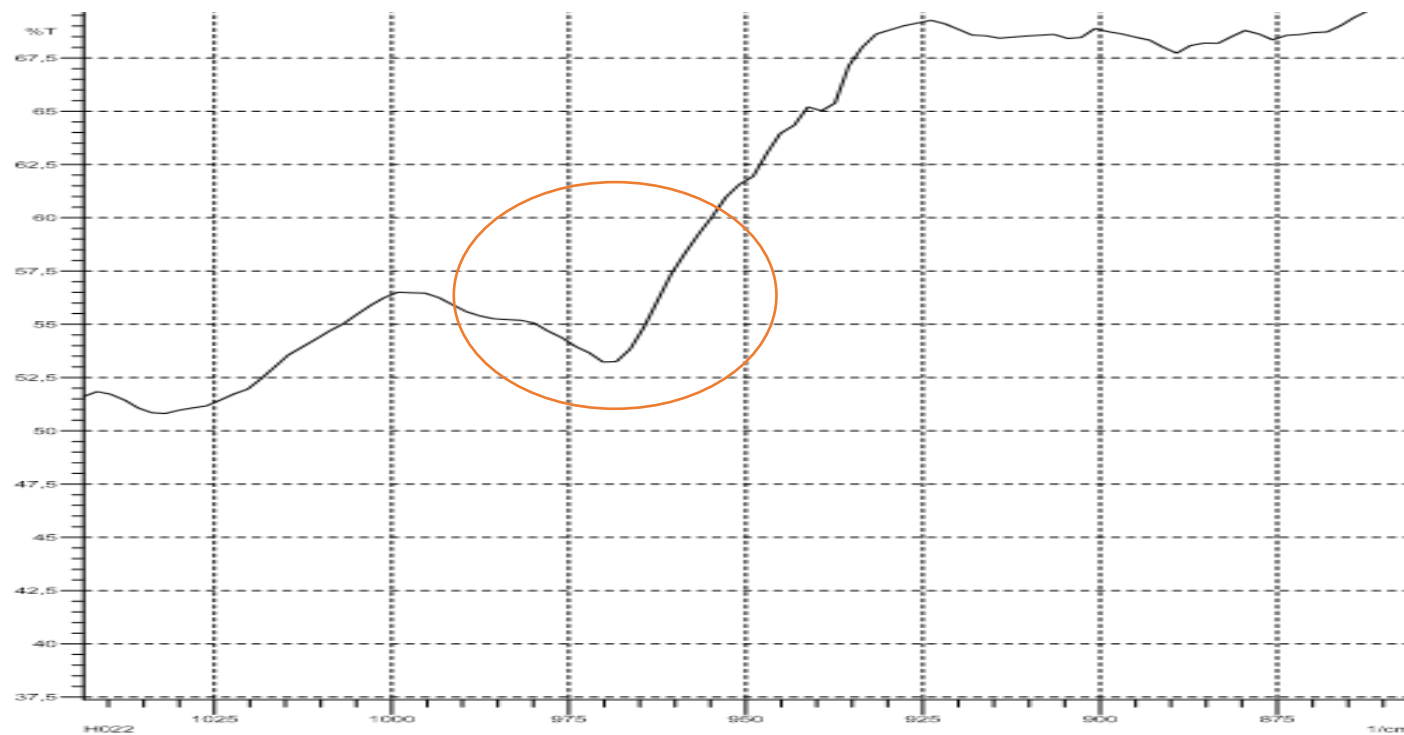


Figura N° 10 Espectro infrarrojo representativo de hotdog "Sin Marca" al 3.38% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de hotdog “Sin Marca” al 3.38% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 10 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1} .

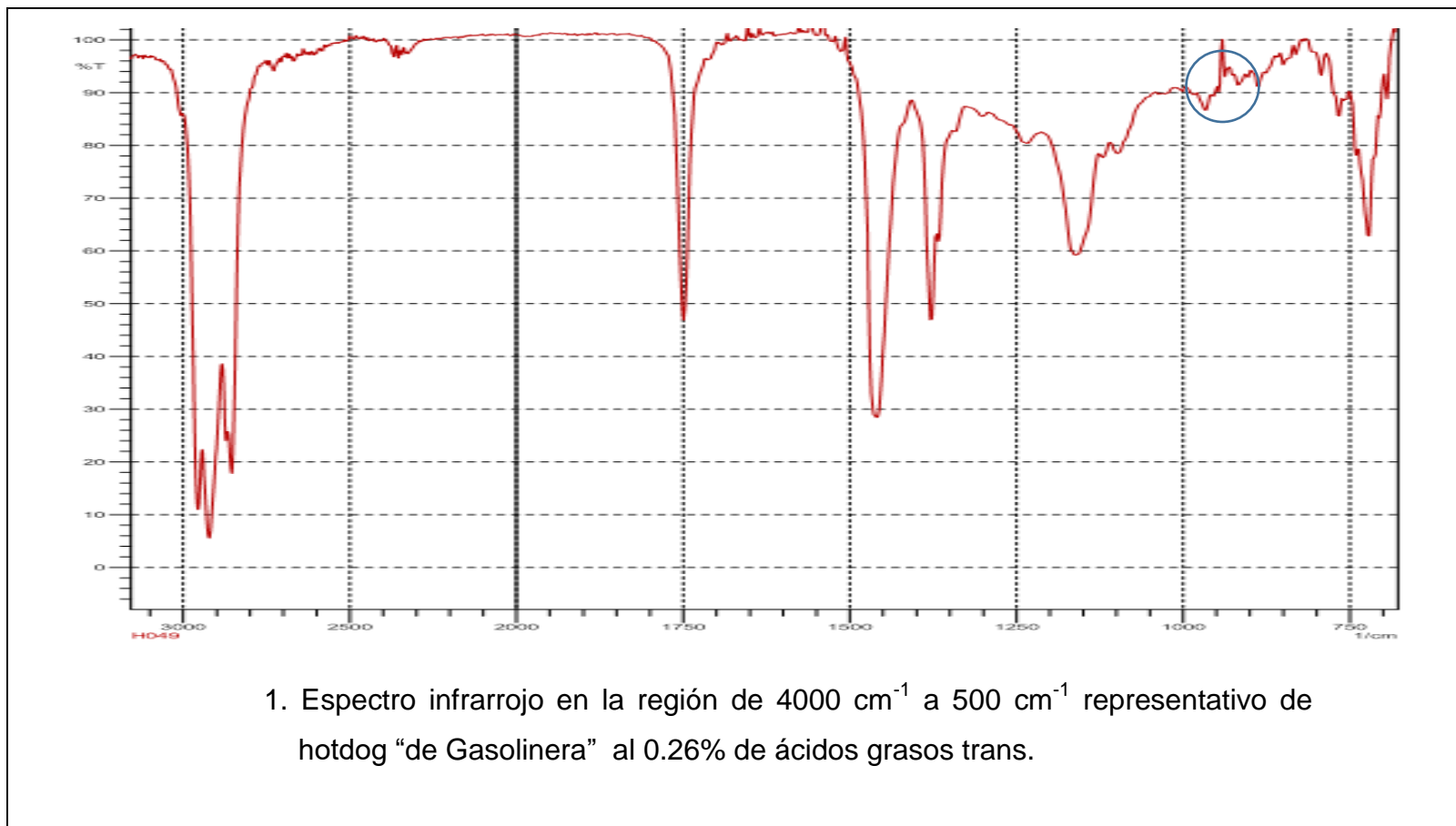
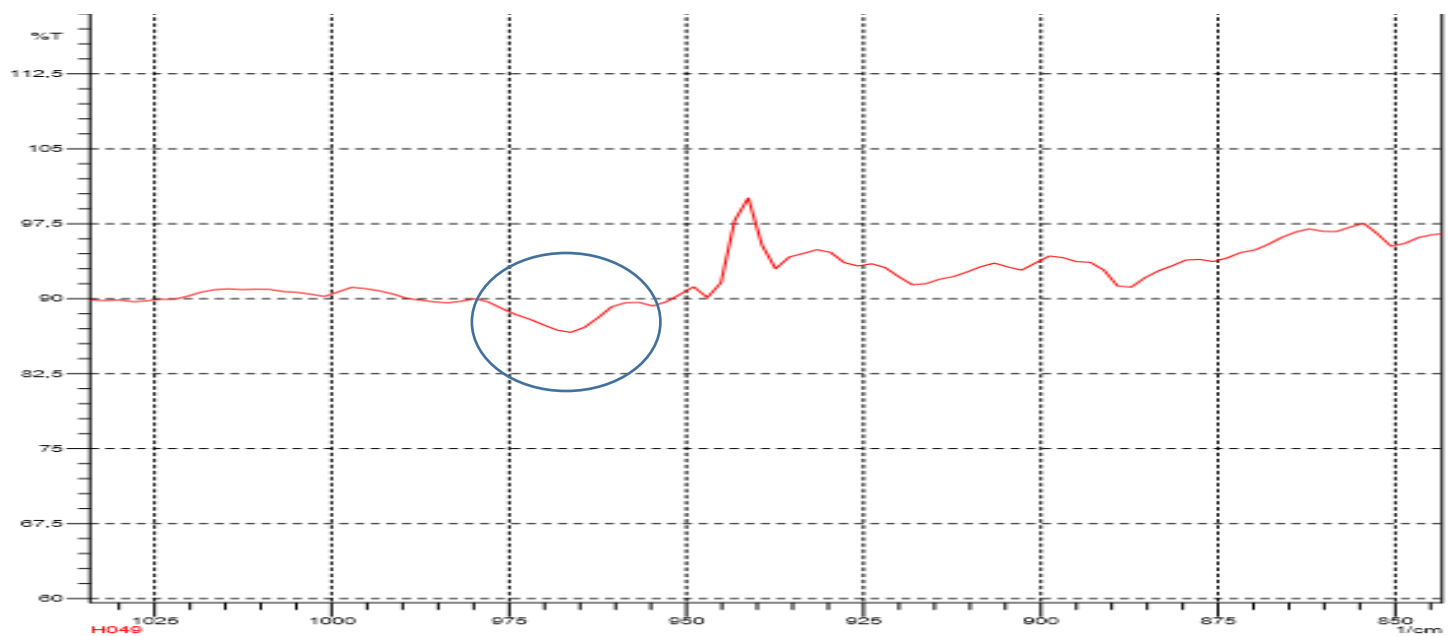



Figura N° 11 Espectro infrarrojo representativo de hotdog “de Gasolinera” al 0.26% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de hotdog “de Gasolinera” al 0.26% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 11 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1} .

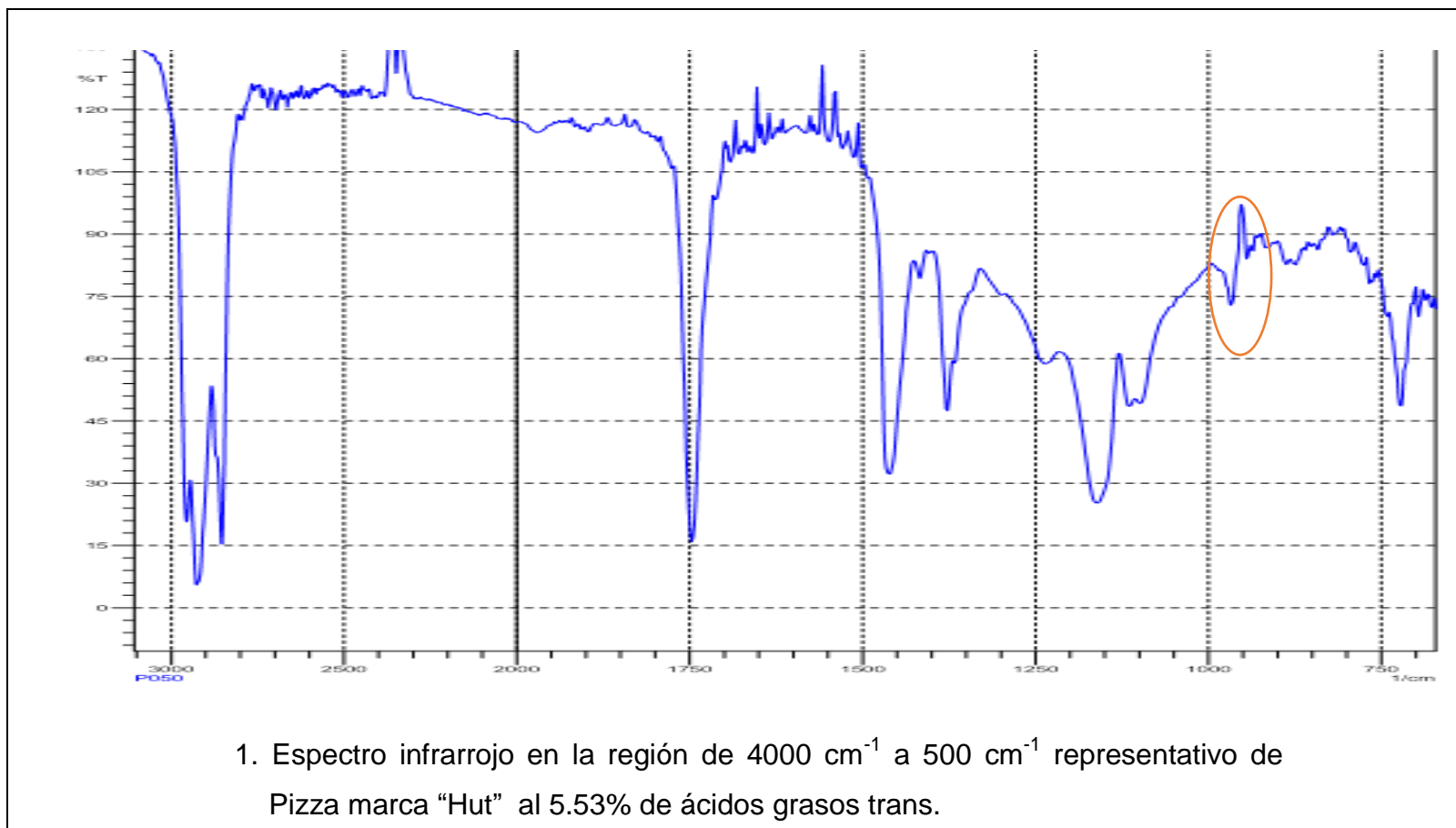
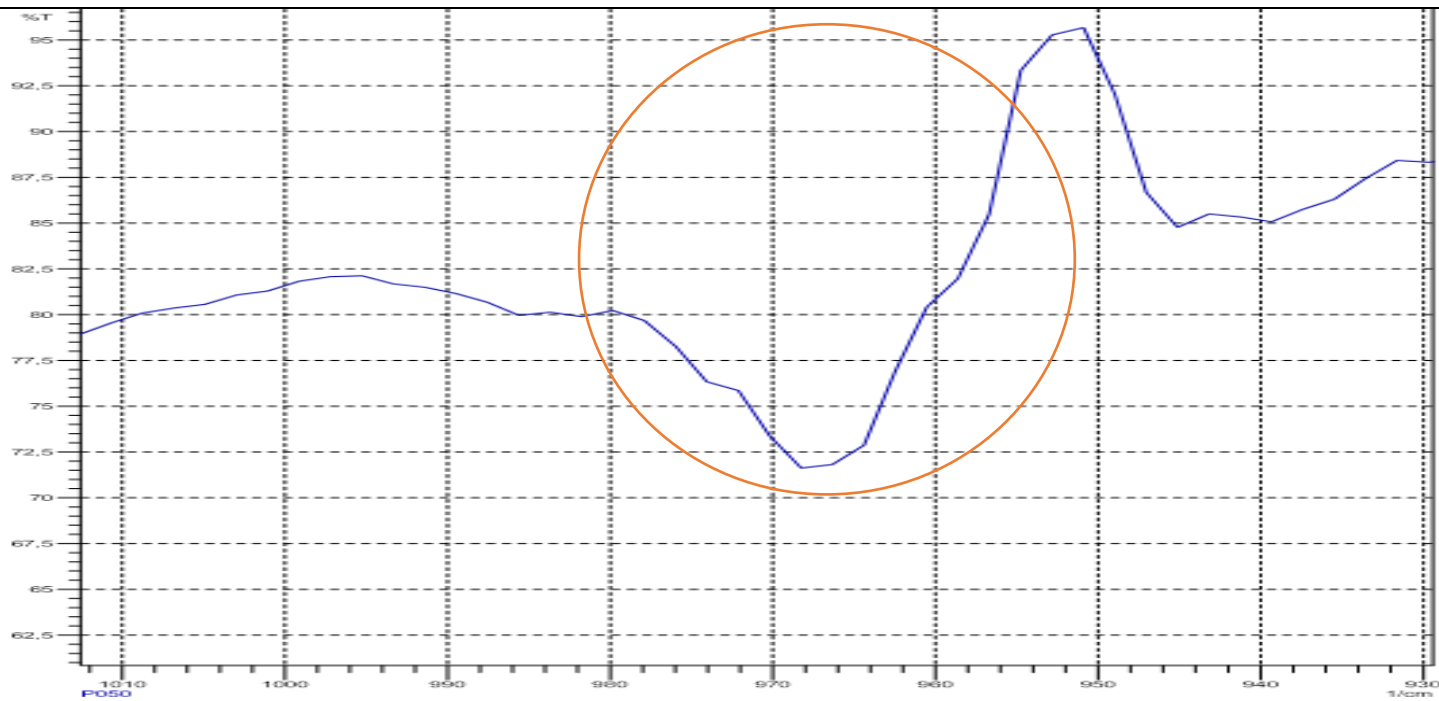


Figura N° 12 Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Hut" al 5.53% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans ○ a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca “Hut” al 5.53% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 12 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1} .

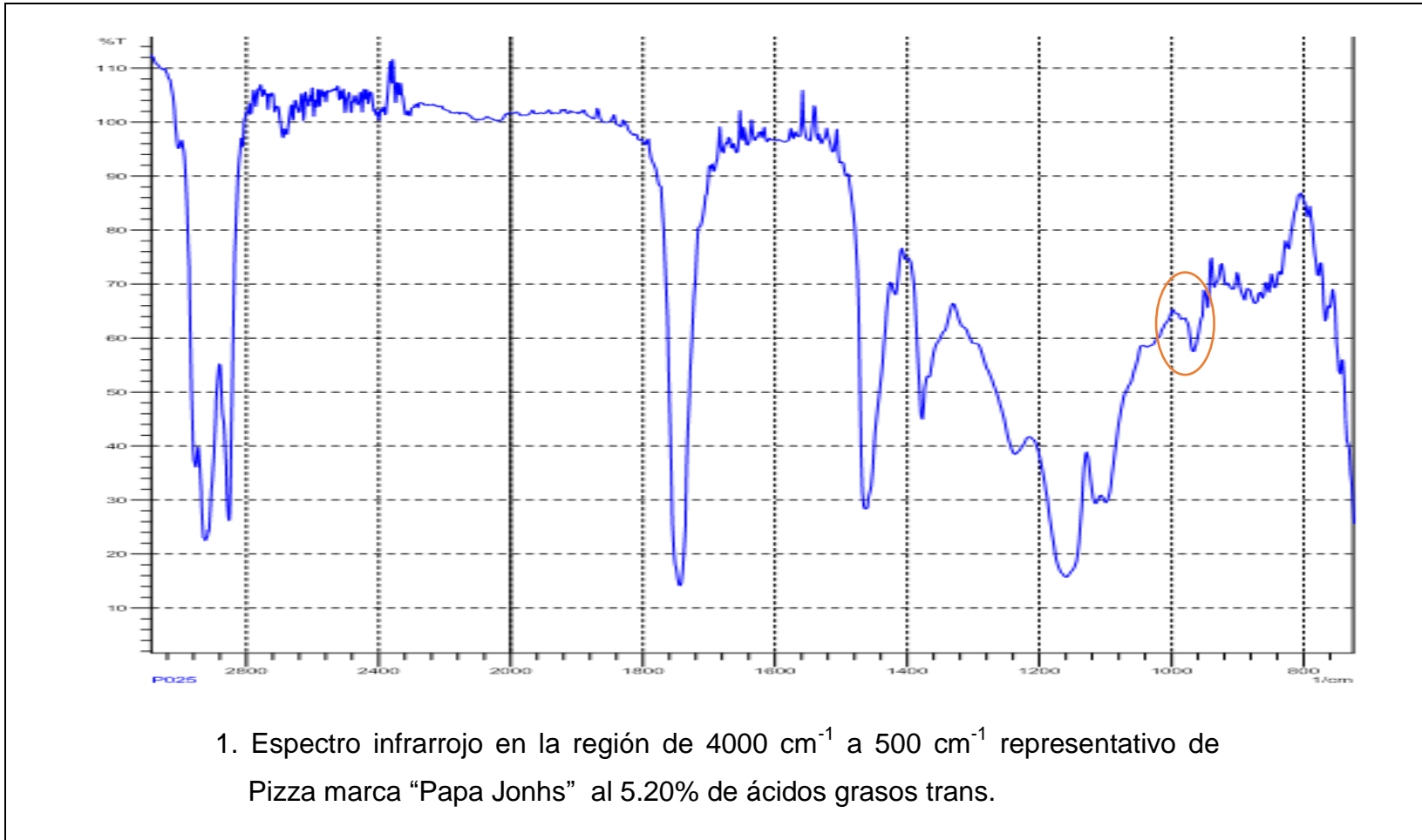
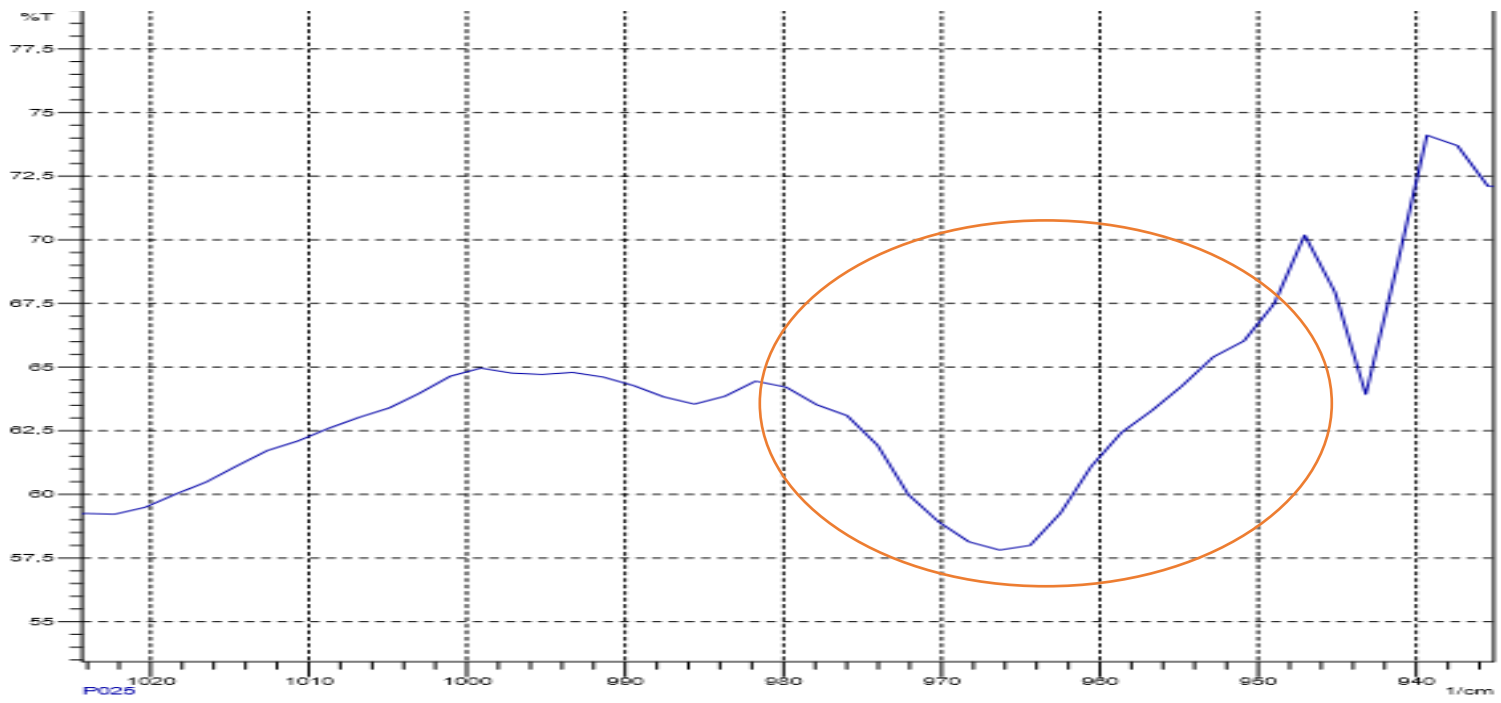


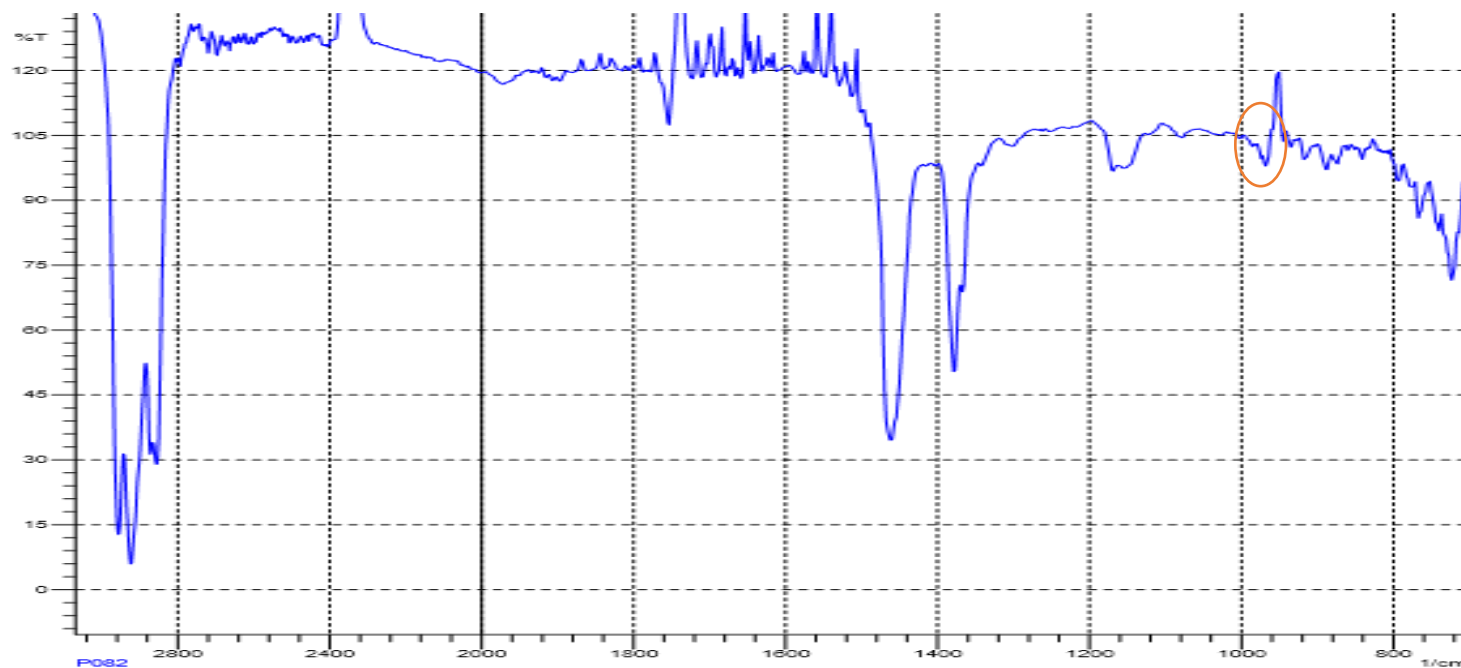
Figura N° 13 Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Papa Jonhs" al 5.20% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca “Papa Jonhs” al 5.20% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm⁻¹.

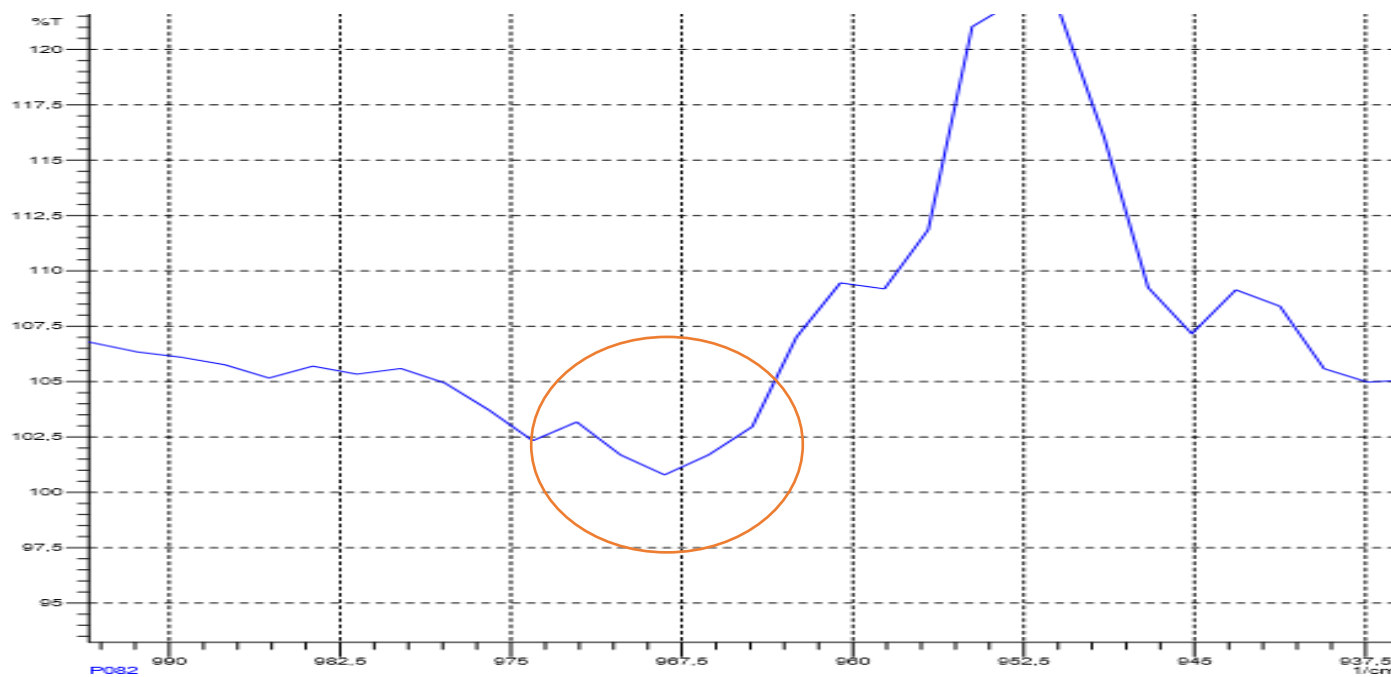
Figura N° 13 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm⁻¹.



1. Espectro infrarrojo en la región de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} representativo de Pizza marca "Little Caesars" al 0.69% de ácidos grasos trans.

Figura N° 14 Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca "Little Caesars" al 0.69% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de Pizza marca “Little Caesars” al 0.69% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 14 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1} .

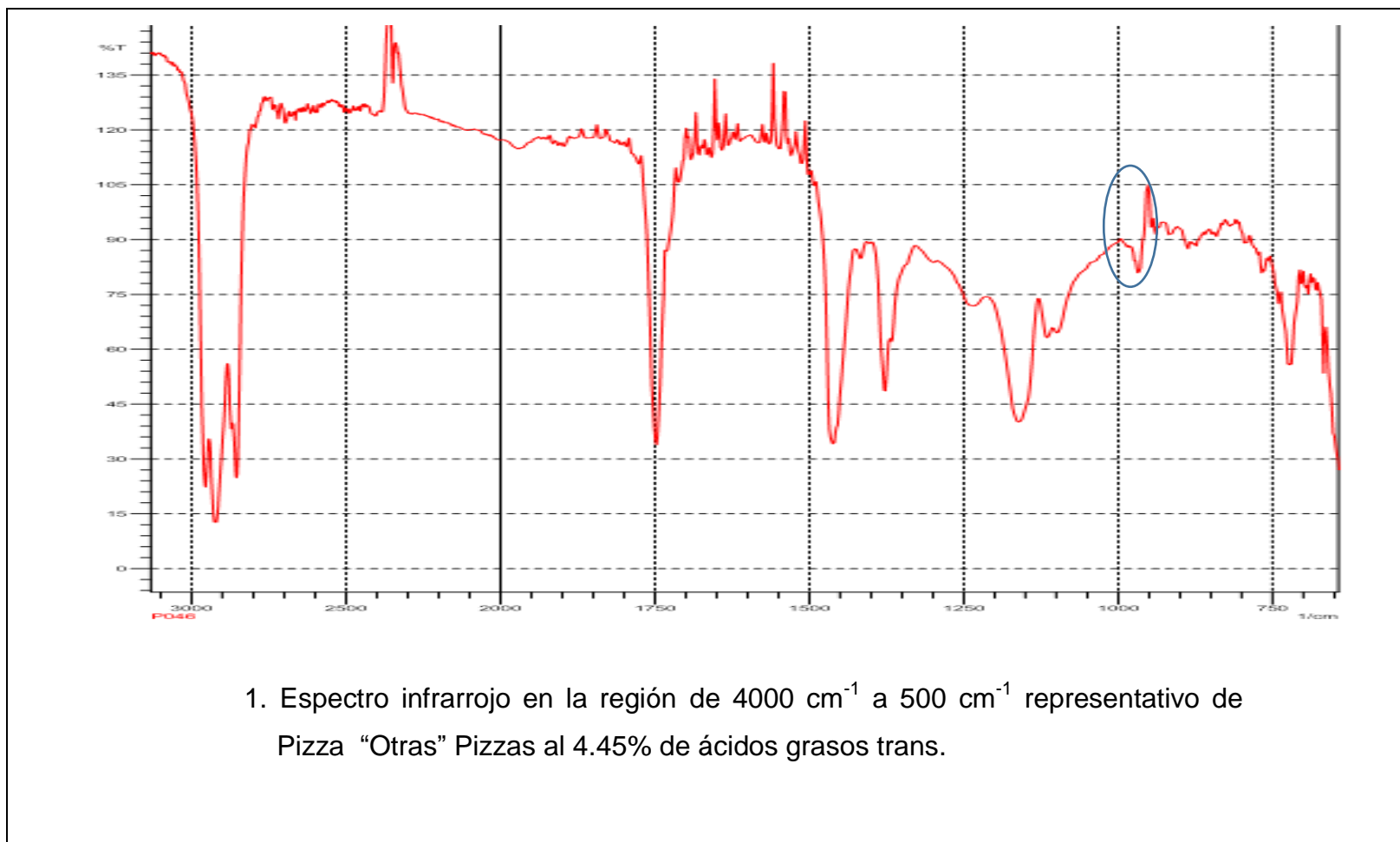
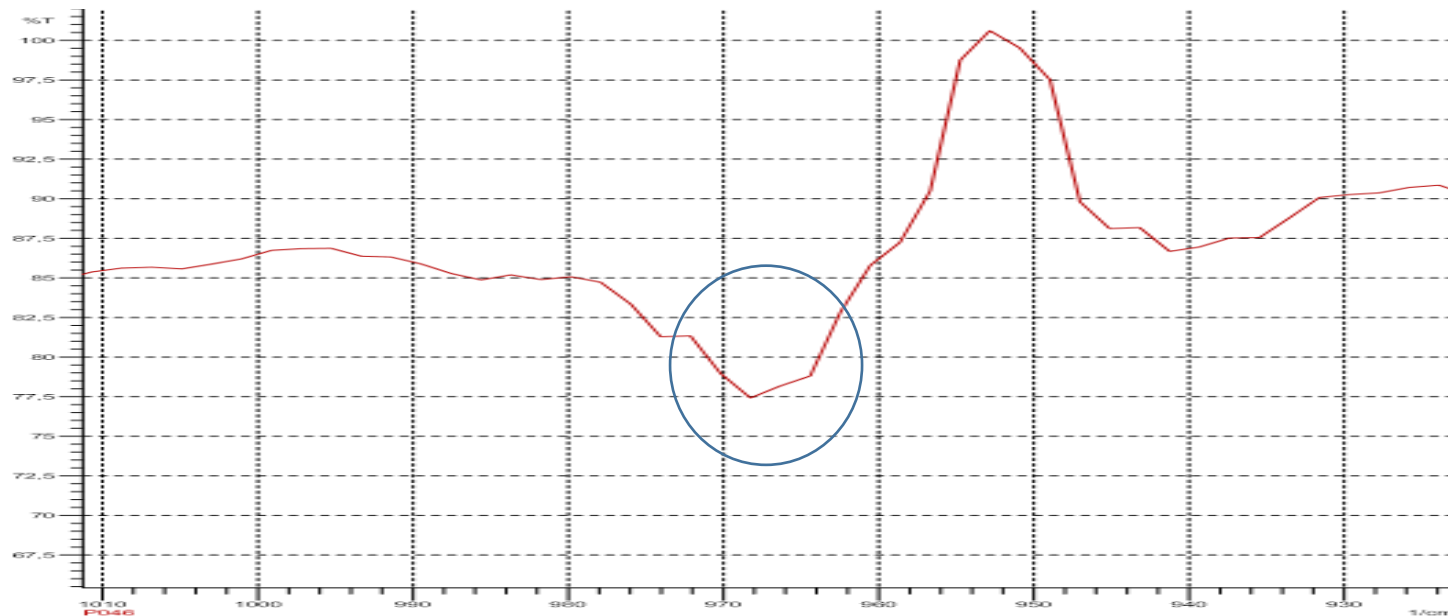


Figura N° 15 Espectro infrarrojo representativo de "Otras" Pizza al 4.45% de ácidos grasos trans.

Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966 cm^{-1} .



2. Espectro infrarrojo representativo de “Otras” Pizza al 4.45% de ácidos grasos trans con acercamiento a la Región de estudio 966cm^{-1} .

Figura N° 15 Continuación. Señalización en la región del pico característico de grasas trans  a los 966cm^{-1} .

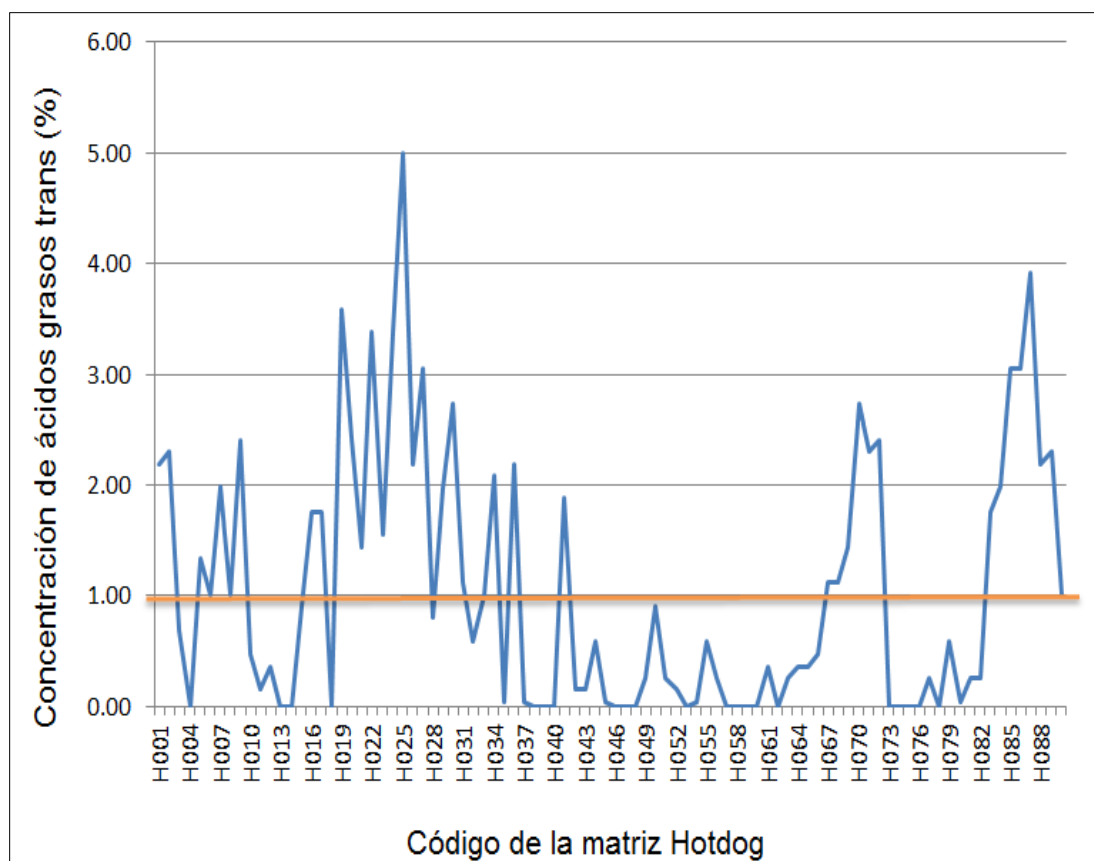


Figura N° 16 Gráfico de porcentajes de grasas trans en Hotdog.

En la figura N° 16 podemos observar el gráfico de manera general de los porcentajes de ácidos grasos trans de la matriz Hotdog, valor más alto fue el 4.99% de grasas trans y el menor fue el 0% de grasas trans, esta diferencia puede ser debido a que se prepara de manera diferente en cada comercio o incluso por cada persona que prepara el alimento, al buscar en el etiqueto de alimentos de las materias primas para preparar hotdogs observamos que no expresa que concentración de grasas trans tienen.

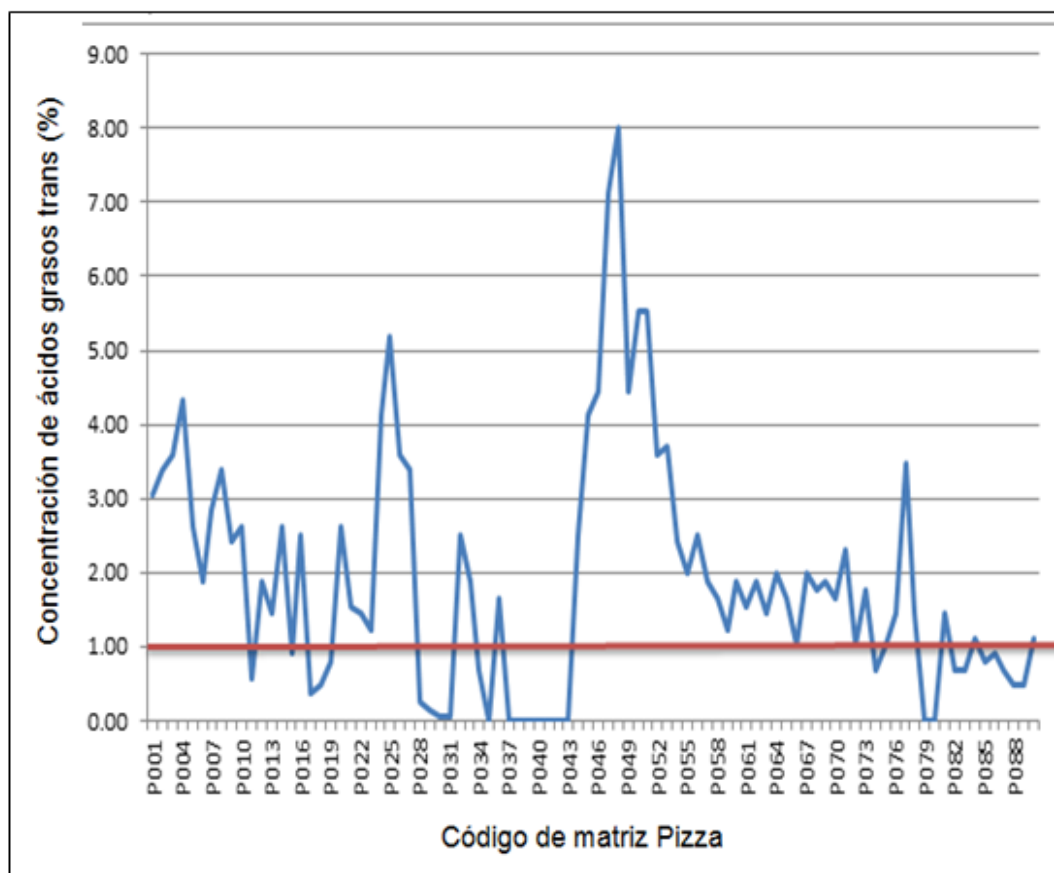


Figura N° 17 Gráfico general de porcentajes de grasas trans en Pizzas

En la figura N° 17 podemos observar el gráfico de manera general de los porcentajes de ácidos grasos trans de la matriz Pizza, teniendo como valor más alto el 8.0% de grasas trans y menor el 0% de grasas trans, dicha diferencia puede ser debido a que la preparación es de manera diferente en cada comercio e incluso por cada persona que prepara el alimento, al buscar en el etiqueto de alimentos de las materias primas para preparar pizzas observamos que no expresa que concentración de grasas trans tienen

Análisis de Varianza de un factor ANOVA. ⁽²³⁾

El tratamiento estadístico con el cual hemos evaluado las muestras es por **Análisis de Varianza de un factor ANOVA**, el cual sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa, permite obtener información sobre los resultados de esta comparación. Es decir, permite concluir si las concentraciones de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados.

La hipótesis que se pone a prueba en el ANOVA de un factor es que las medidas poblacionales (las medidas de la variable dependiente y en cada nivel de la variable independiente) son iguales.

La estrategia para poner a prueba la hipótesis de igualdad de medidas consiste en obtener un estadístico, llamado F, que refleja el grado parecido existente entre las medidas que se están comparando. El numerador del estadístico F es una estimación de la varianza poblacional basada en la variabilidad existente entre las medidas de cada grupo. Cuanto más diferentes son las medidas mayores será el valor de F

La herramienta utilizada para calcular el Análisis de Varianza de un factor ANOVA es Microsoft Excel 2016.

Las muestras fueron evaluadas con ANOVA para conocer si existe variación de la concertación encontrada en las muestras entre las diferentes marcas y las mismas marcas.

Tabla N° 7. Resumen de análisis de Varianza de un factor para la matriz Hotdog.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Hotdog "Los Chorys"	33	42.34	1.2830	1.3299
%Grasa Trans Hotdog sin marca	33	48.03	1.4554	1.5538
%Grasa Trans Hotdog de Gasolinera	24	5.3	0.2208	0.1808

NOTA: En estas tablas cuenta se refiere a la cantidad de muestras utilizadas para hacer el cálculo estadístico.

Tabla N° 8. Análisis de Varianza para la matriz Hotdog.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	10.6909	3.1014

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de los hotdog, ya que podemos observar en la tabla N° 8 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de hotdog.

Tabla N° 9 Resumen de análisis de Varianza de un factor para Hotdog “Los Chorys”.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Hotdog “Los Chorys”	11	13.53	1.2300	0.7653
%Grasa Trans Hotdog “Los Chorys”	11	10.11	0.9191	1.1306
%Grasa Trans Hotdog “Los Chorys”	11	18.71	1.7009	2.0205

Tabla N° 10 Análisis de Varianza para Hotdog “Los Chorys”.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	1.3056	3.3158

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Hotdog “Los Chorys”?

No existe variación entre los porcentajes de grasas trans de los hotdog “Los Chorys”, ya que podemos observar en la tabla N° 10 que el valor crítico para F es mayor al valor F, se rechaza la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans no difieren entre los diversos comercios seleccionados de Hotdog “Los Chorys”.

Tabla N° 11 Resumen de análisis de Varianza de un factor para Hotdog “sin marca”.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Hotdog sin marca	11	26.45	2.4045	1.8312
%Grasa Trans Hotdog sin marca	11	12.39	1.1263	0.8858
%Grasa Trans Hotdog sin marca	11	9.19	0.8354	0.7224

Tabla N° 12 Análisis de Varianza para Hotdog “sin marca”.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	6.6848	3.3158

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Hotdog sin marca?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de los hotdog sin marca, ya que podemos observar en la tabla N° 12 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de Hotdog “sin marcas”.

Tabla N° 13. Resumen de análisis de Varianza de un factor para Hotdog “de Gasolinera”.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Hotdog de Gasolinera	8	2.81	0.3512	0.4240
%Grasa Trans Hotdog de Gasolinera	8	1.61	0.2012	0.0922
%Grasa Trans Hotdog de Gasolinera	8	0.88	0.1100	0.4411

Tabla N° 14. Análisis de Varianza para Hotdog de Gasolinera.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	0.6356	3.4668

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Hotdog de Gasolinera?

No existe variación entre los porcentajes de grasas trans de los hotdog de Gasolinera, ya que podemos observar en la tabla N° 14 que el valor crítico para F es mayor al valor F, se rechaza la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans no difieren entre los diversos comercios seleccionados de Hotdog en las diferentes gasolineras muestreadas.

Tabla N° 15 Resumen de análisis de Varianza de un factor para la matriz Pizza.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Pizza "Hut"	42	94.27	2.2445	3.2204
%Grasa Trans "Papa Jonhs"	16	31.97	1.9981	2.3952
%Grasa Trans Pizza "Little Caesars"	16	8.86	0.5537	0.7115
%Grasa Trans "Otras Pizzas"	16	37.78	2.3612	1.2725

Tabla N° 16 Análisis de Varianza para la matriz Pizza

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	5.4372	2.7106

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de las Pizzas, ya que podemos observar en la tabla N° 16 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de Pizzas.

Tabla N° 17 Resumen de análisis de Varianza de un factor para Pizza “Hut”.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Pizza “Hut”	14	27.9	1.9928	1.1738
%Grasa Trans Pizza “Hut”	14	50.29	3.5921	5.0703
%Grasa Trans Pizza “Hut”	14	16.08	1.1486	0.5950

Tabla N° 18 Análisis de Varianza para la Pizza “Hut”

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	9.4589	3.2381

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Pizza Hut?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de las Pizzas Hut, ya que podemos observar en la Tabla N° 18 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de Pizza Hut.

Tabla N° 19 Resumen de análisis de Varianza de un factor para Pizza “Papa Jonhs”.

Grupos	Cuenta	Suma	Varianza	
%Grasa Trans Pizza “Papa Jonhs”	8	22.81	2.8512	2.5144
%Grasa Trans Pizza “Papa Jonhs”	8	9.16	1.1450	0.9545

Tabla N° 20 Análisis de Varianza para la Pizza “Papa Jonhs”.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	6.7140	4.6001

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Pizza Papa Jonhs?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de las Pizzas Papa Jonhs, ya que podemos observar en la tabla N° 20 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de la Pizza “Papa Jonhs”.

Tabla N° 21. Resumen de análisis de Varianza de un factor para Pizza “Little Caesars”.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans Pizza “Little Caesars”	8	4.22	0.5275	0.6432
%Grasa Trans Pizza “Little Caesars”	8	4.64	0.5800	0.8798

Tabla N° 22 Análisis de Varianza para la Pizza “Little Caesars”.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0145	4.6001

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Pizza Little Caesars?

No existe variación entre los porcentajes de grasas trans de las Pizzas Little Caesars, ya que podemos observar en la tabla N° 22 que el valor crítico para F es mayor al valor F, se rechaza la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans no difieren entre los diversos comercios seleccionados de Pizza “Little Caesars”, significa que esta marca de pizza la preparan de la misma manera en los diferentes establecimientos seleccionados de esta misma marca y por tal razón no difiere la concentración de grasas trans encontradas.

Tabla N° 23 Resumen de análisis de Varianza de un factor para otras Pizzas.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
%Grasa Trans otras Pizza	8	24.1	3.0125	1.605421
%Grasa Trans otras Pizza	8	13.68	1.71	0.151885

Tabla N° 24 Análisis de Varianza para la Pizza “Otras”.

Origen de las variaciones	F	Valor crítico para F
Entre grupos	7.7232	4.6001

La hipótesis planteada es: ¿Existe variación entre los porcentajes de grasas trans entre los grupos de Otras Pizzas?

Si existe variación entre los porcentajes de grasas trans de Otras Pizzas, ya que podemos observar en la tabla N° 24 que el valor crítico para F es menor al valor F, se acepta la hipótesis planteada, esto significa que las concentraciones encontradas de grasas trans difieren entre los diversos comercios seleccionados de la Pizza Boom, Pizza Nova y Búhos Pizza. Ya que la pizza Boom y Buho's pizza tienen más concentración de grasas trans que las antes mencionadas.

5.5 Determinar si los porcentajes de grasas trans obtenidos tienen significativa peligrosidad, sobre el consumo de los alimentos muestreados, comparado con el porcentaje recomendado por la OMS el cual es de menos del 1% de la ingesta calórica diaria. Se determinó que la mayoría de los porcentajes de grasa trans encontrados en las muestras (Ver anexo N° 8), no cumple con lo por la OMS, por lo que es un riesgo de salud a la largo plazo al consumir dichos alimentos (Hotdog y Pizza).

CAPITULO VI

6.0 CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. Del total de muestras analizadas de Hotdog el 43.33% no cumplen con lo que especifica la Organización Mundial para la Salud que establece un consumo de ingesta calórica diaria menor al 1% de ácidos grasos trans.
2. El 80% de las muestras analizadas de pizza no cumple con la especificación de la Organización Mundial para la Salud recomienda para el consumo de ingesta calórica diaria la cual debe ser menor al 1% de ácidos grasos trans.
3. El consumo frecuente de Hotdog y Pizza que presentan un alto porcentaje de ácidos grasos trans es dañino para la salud de la población ya que producen obesidad y a largo plazo esto conlleva a la aparición de enfermedades cardiovasculares, diabetes, entre otras.
4. Al aplicar la guía de observación los lugares donde más se comercializan la matriz Hotdog son: Hotdog “Los Chorys”, Hotdog de gasolinera y Hotdog sin marca, para la matriz Pizza son: Pizza Hut, Papa Johns, Búhos Pizza, Little Caesars, Pizza Nova y Pizza Boom.
5. Hay una diferencia significativa entre los porcentajes de grasas trans encontrados en las pizzas analizadas esto es predecible ya que ninguno de las diferentes “marcas” utilizan la misma masa, marca de queso, tipo de salsa y más, agregando a lo anterior el hecho de la cantidad de grasa que utiliza el que la prepara en el molde.
6. Entre los hotdog analizados hay una diferencia significativa de los porcentajes de grasas tras encontrados, ya que estos al igual que las pizzas entre las diferentes “marcas” hay distinta forma de preparación.

7. No hay una diferencia significativa entre los porcentajes de grasas trans encontrados en los diferentes Chorys, que a pesar de tener el factor que las personas que los preparan lo hagan distinto, hay una no variante ya que todos fríen la salchicha de la misma manera.
8. A pesar de que la pizza “Hut” es una franquicia y por ende todos los ingredientes utilizados para su preparación son los mismos en todas las sucursales, hay una variante significativa la cual puede hacer variar el contenido de grasas trans en cada pizza y este es la especialidad de la misma (tocino, jamón, pepperoni, hongos, suprema, carne, etc.)
9. La obesidad es una de la principales consecuencias del consumo prolongado y excesivo de alimentos con altos porcentajes de grasas y aunque está por sí sola no es un enfermedad si conlleva a padecer más pronto enfermedades cardiovasculares y diabetes a las personas que no cuidan su alimentación
10. El consumo diario de estos alimentos es perjudicial para el cuerpo humano ya que las grasas que estos contienen, la mayoría se queda alojada en las arterias y venas provocando muchas enfermedades.

CAPITULO VII

7.0 RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Dar a conocer a las autoridades competentes como el MINSAL el resultado de esta investigación e investigaciones similares, así puedan tomar conciencia sobre lo que consume la población Salvadoreña al ingerir estos alimentos.
2. Las instituciones correspondientes hagan campañas de concientización para la población sobre los riesgos y/o enfermedades que causa el excesivo consumo de alimentos que contienen alto porcentaje de ácidos grasos trans como es el caso del Hotdog y la Pizza.
3. La creación de leyes y normas que sancionen a los establecimientos de comida rápida que contengan en sus productos más del 1% de Ácidos grasos Trans.
4. Que se establezcan porcentajes de grasas trans en productos que no contengan etiquetado como los alimentos de comida rápida.
5. Realizar investigaciones del contenido de grasas trans en las diferentes especialidades de pizza.
6. Realizar investigaciones en futuros trabajos de graduación en Hamburguesas, Pollo frito y papas fritas para detectar los porcentajes de grasas trans.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC (Association of Analytical Communities) (2000). Official Method 2000.10 Determination of Total Isolated Trans Unsaturated Fatty Acids in Fats and Oils by ATR-FTIR. EE.UU: Autor
2. Blanco, I., & Caballero, C. (2015). Propuesta de Validación del Método de Espectroscopia Infrarroja para La Cuantificación de Grasas Trans en Margarina. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, San Salvador.
3. Botanical. (2011). Tipos de grasas y beneficios. [On line]. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/medicinalesgrasastipos.htm>
4. Bruno, E., & López, C. (2012). Adecuación del Método de Espectroscopia Infrarroja en la Identificación de Grasas Trans en Margarina. [Trabajo de graduación]. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, San Salvador
5. Elías C. & Perez, P. (2014). Identificación de Grasas Trans en Muestras de Chocolate Blanco Mediante El Método de Espectroscopia Infrarroja. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, San Salvador
6. FDA (Administración de Drogas y Alimentos). (2006) Los ácidos grasos trans ahora serán listados junto con las grasas saturadas y el colesterol en la etiqueta de información nutricional. Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU; recuperado el 20 de abril de 2016. <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/NFLPM/ucm274591.htm>

7. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2003). Greenfield H.; Southgate D.A.T. Datos de composición de Alimentos. Obtención, gestión y utilización. [On line]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/y4705s/y4705s.pdf>
8. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico N° 02, Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. [On line]. Disponible en: http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/Gen02/seminario_de_tesis/Unidad_3_anterior/Lect_Muestra_Invest.pdf
9. Fernández-Michel, S. G.; García-Díaz C. L.; Alanís-Guzmán, M. G.; Ramos-Clamont, M. G. (2008). *Ácidos Grasos Trans: Consumo e Implicaciones en la Salud en niños*. Recuperado el 28 de mayo de 2016. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72460110>
10. Florencia Coutto. (2006, Mayo 1). Grasa acorta la vida de los salvadoreños. El Diario de Hoy. [On line]. Disponible en: <http://archivo.elsalvador.com/noticias/2006/05/01/nacional/nac1.asp>
11. Instituto Flora. (2012). Funcion de las grasas en nuestro organismo alimentacion - cardiosaludable. [On line]. Disponible en: <https://www.alimentacion-cardiosaludable.com/2012/12/funcion-de-la-grasa-en-nuestro-organismo/>.
12. Instituto María Casares (IES María Casares), España, Curso de Biología, [On line]. Disponible: <http://www.bionova.org.es/biocast/documentos/tema06.pdf>
13. Leal Orozco A. (2005). Nutrición Infantil. Ácidos grasos trans, cops y lops: evidencia actual de su influencia sobre la salud infantil. [On line].

Disponible en: <https://www.gastroinf.es/sites/default/files/files/SecciNutri/ACIDOS.pdf>

14. MSSSI (Ministerio de Sanidad Servicios sociales e Igualdad) Gobierno de España. (2016). Conoce la grasa. [On line]. Disponible en: <http://www.plancuidatemas.aesan.msssi.gob.es/conocelagrasa/tipos-de-grasas.htm>
15. Organización Mundial de la Salud (2013). Boletín. [On line]: Disponible en: <http://www.who.int/bulletin/releases/NFM0413/es/>
16. Organización Mundial de la Salud (2003). Centro de Prensa. [On line]: Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr20/es/>
17. Organización Mundial de la Salud (2015). Centro de Prensa. Alimentación Sana. [On line]: Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>
18. Ruiz B. et al. (2013), Composición en grasa total y especialmente en ácidos grasos trans en productos de alimentación infantil y juvenil, (Trabajo de Graduación), Facultad de Farmacia departamento de Nutrición y Bromatología I, Universidad Complutense de Madrid.
19. Sanz Tejedor, Ascensión. (2010). Tecnología de grasas aceites y ceras, Escuela de Ingenierías Industriales – Uva Valladolid, España. [On line]. Disponible <http://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-02.php>.
20. Serrano, L., (2007). Espectroscopia Infrarroja fundamentos. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia. [On Line]. Disponible en: http://www.upct.es/~minaeees/espectroscopia_infrarroja.pdf

21. Skoog D. A; West D.; Holler F.; Crouch S. R. (2000) Química Analítica, Séptima edición. Editorial Mc Graw Hill Mexico
22. Trujillo, A. (2009) Estudio de las Grasas y Aceites Utilizados en la Industria Alimenticia en El Salvador y sus Isómeros de Ácidos Grasos Cis y Trans. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Centro Americana “José Simeón Cañas”, Antigua Cuscatlán.
23. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia, Departamento de Química, Física y Matemática, sección de Matemática. Distribuciones continuas de probabilidad y estimación de parámetro. (2016). [Guía de estadística].
24. Universidad compútense Madrid (2012). Manual de nutrición y dietética. [On line]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>
25. Vandana Dhaka, Neelam Gulia, Kulver Singh Ahlawat and Bhupender Singh Khatkar. (2011). Trans fats-sources, health risks and alternative approach – A review. Recuperado el 28 de mayo de 2016. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3551118/>
26. Whirlpool Documents (2004). Libro de recetas. [On line]. Disponible en: http://docs.whirlpool.eu/_doc/501912000264.pdf

ANEXOS

ANEXO N° 1
GUIA DE OBSERVACION



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



GUIA DE OBSERVACIÓN

Ubicación: _____

Fecha: _____

Tipo de comida rápida: _____

Objetivo: Conocer cuáles son los lugares de comida rápida (hotdog y pizza) más frecuentados por la población Salvadoreña en Distrito 2 y 3.

¿Es frecuentado este lugar?

SI NO

¿A qué horas es más frecuentado este lugar?

Observaciones:

ANEXO N° 2

MAPA DE UBICACION DE LA MATRIZ HOTDOG EN LOS DISTRITOS 2 Y 3 DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

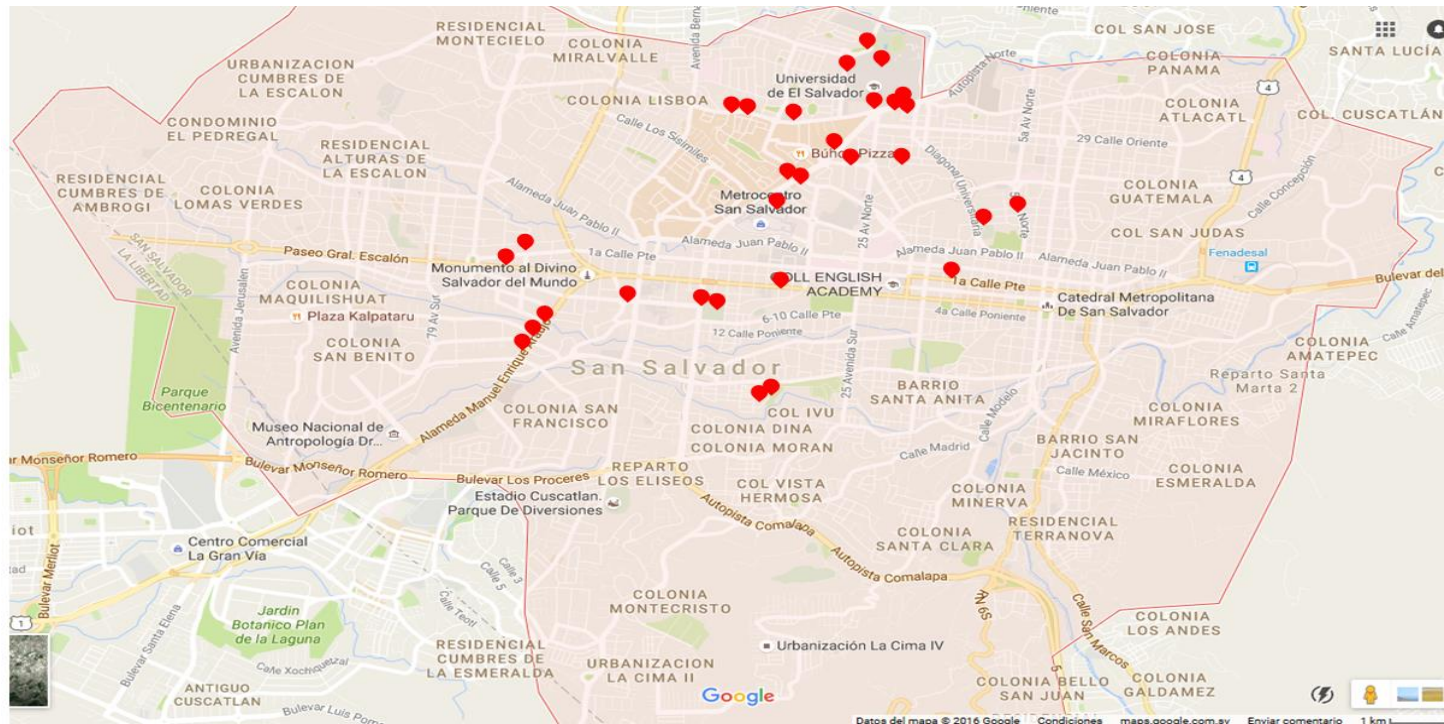


Figura N°18. Mapa de ubicación de la matriz Hotdog en los Distritos 2 y 3 del área Metropolitana de San Salvador

● Ubicación de los sitios de venta de hotdog.

Ubicación de los sitios de venta de hotdog

1. Hotdog “Los Chorys” Dollar City UES
2. Hotdog “Los Chorys” paseo general Escalón
3. Hotdog “Los Chorys” polideportivo UES
4. Hotdog “Los Chorys” Economía UES
5. Hotdog “Los Chorys” Colegio Cristóbal Colón
6. “Hotdog” Plaza Minerva UES
7. “Hotdog” entrada Facultad de Odontología UES
8. “Hotdog” Comedor Universitario UES
9. Family Oven UES
10. Hotdog “Los Chorys” frente al Ministerio de Hacienda
11. “Hotdog” Colonia Medica S.S.
12. C.C. Metrocentro 12ª Etapa Kiosko, San Salvador
13. “Flash Mart” gasolinera UNO Prol alam JP II 51 AV Norte, San Salvador
14. “Pronto” Los Heroes, Calle los sisimiles, San Salvador
15. “Flash Mart” gasolinera UNO 1ª calle poniente y 49 AV Norte
16. “Food Mart” gasolinera Texaco Caribe Alameda Manuel Enrique Araujo
17. “Texaco Buenos Aires” Blvd Los Héroes y calle Gabriela Mistral
18. “Puma Los Héroes” Col. Centroamérica, San Salvador
19. “Puma Roosevelt” , 49 AV Norte y alameda Roosevelt
20. “Puma Deportivo” Col. Escalón Dr. Manuel Enrique Araujo
21. Hotdog “Los Chorys” zona UTEC
22. Hotdog “parque infantil” 5ª avenida Norte
23. “Hotdog” despensa de don juan 75 Avenida norte Escalón
24. Hotdog “Los chorys” Plaza Republica de Perú 63 avenida sur
25. Hotdog “Los chorys” Avenida Francisco Gavidia
26. Hotdog “Universidad Francisco Gavidia”
27. “Hotdog” 15 Calle Poniente Centro de Gobierno
28. Hotdog “Los Chorys” 23 calle poniente S.S.

29. Hotdog "Los Chorys" terminal de occidente

30. "Hotdog" Comedor de la terminal de occidente

ANEXO N° 3

MAPA DE UBICACION DE LA MATRIZ PIZZA EN LOS DISTRITOS 2 Y 3 DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

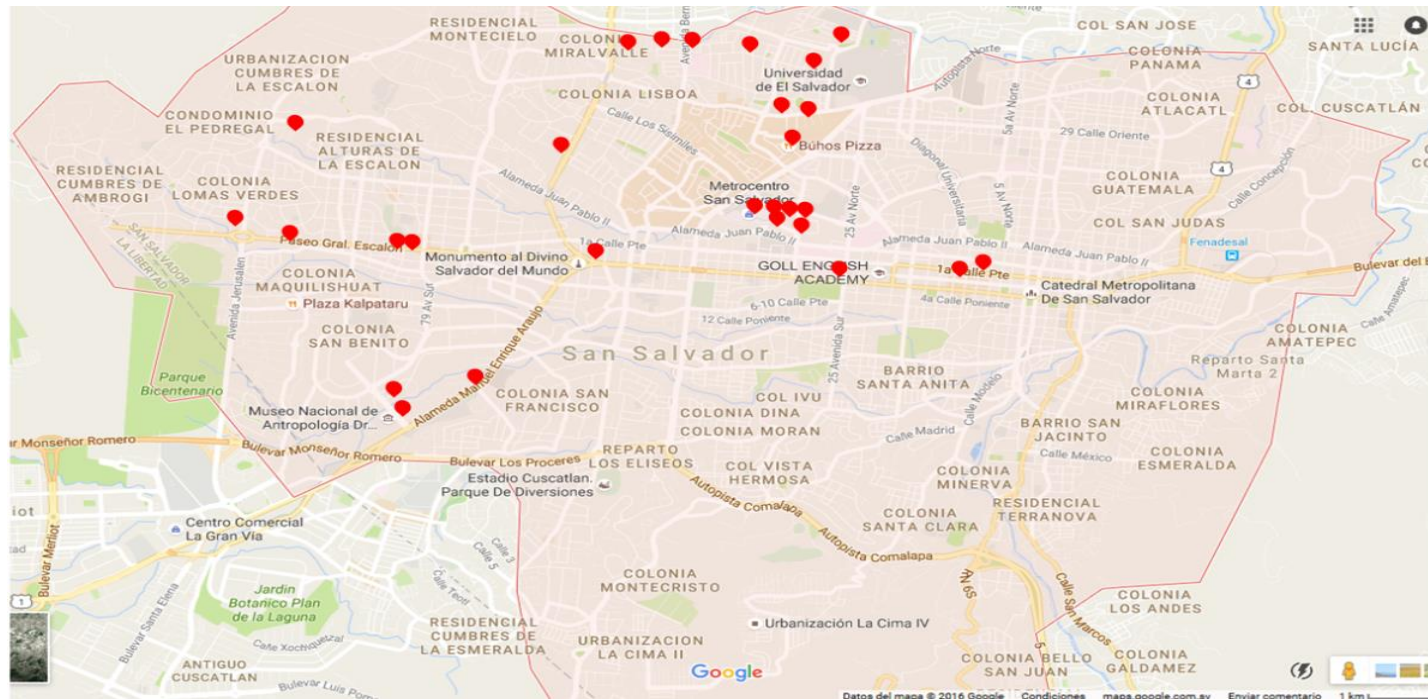


Figura N°19. Mapa de ubicación de la matriz Pizza en los Distritos 2 Y 3 del área Metropolitana de San Salvador

● Ubicación de los sitios de venta de Pizza.

Ubicación de los sitios de venta de Pizza

1. "Pizza Hut" Salvador del mundo
2. "Buhós pizza" Urb. Buenos aires Los Héroes
3. "Pizza Hut" Residencial Universitaria UES
4. "Pizza Hut" C.C. Galerías
5. "Papa Jonhs" Boulevard Constitución
6. "Pizza Hut" Residencial Universitaria UES
7. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 10ª etapa Boulevard los Heroes
8. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 10ª Loc FC1 y FC2, San Salvador
9. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 8ª etapa S.S.
10. "Pizza Hut" Avenida Masferrer Norte, Colonia Escalón
11. "Pizza Hut" Colonia Escalón, final prolongación Juan Pablo II
12. "Papa Jonhs" C.C. Metrocentro 8va Etapa, San Salvador
13. "Papa Jonhs" San Luis Col. Centroamérica # 63
14. "Papa Jonhs" Avenida la Revolución # 513
15. "papa Jonhs" Boulevard Constitución
16. "Little Caesars" C.C San Luis
17. "Little Caesars" C.C. Galerías
18. "Little Caesars" C.C. Metrocentro, 8ª etapa
19. "Little Caesars" C.C San Luis
20. "Little Caesars" C.C. Galerías
21. "Little Caesars" C.C. Metrocentro, 8ª etapa
22. "Pizza Boom" Alameda Manuel Enrique Araujo #36735
23. "Pizza Hut" C.C. Metropolis, Calle Zacamil
24. "Pizza Hut" Avenida de la Revolución
25. "Pizza Hut" Avenida Roosevelt C.C. Granada
26. "Pizza Hut" 1ª Calle Poniente N° 27
27. "Pizza Nova" Boulevard Universitario UES
28. "Pizza Hut" Avenida Bernal

29. "Super Pizza" Escalón
30. "Super Pizza" Miralvalle
31. "La esquinita Buho`s pizza" calle Atenas Miralvalle
32. "Papa Jonhs" Food Court teatro poma C.C. Metrocentro
33. "Papa Jonhs" Avenida la Revolución # 513
34. "Buhós pizza" Urb. Buenos aires Los Héroes
35. "Pizza Boom" Alameda Manuel Enrique Araujo #36735
36. "Pizza Hut" Salvador del mundo
37. "Pizza Hut" C.C. Galerías
38. "Pizza Hut" Residencial Universitaria UES
39. "Little Caesars" C.C San Luis
40. "Little Caesars" C.C. Galerías
41. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 10ª etapa Boulevard los Heroes
42. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 11ª etapa S.S.
43. "Pizza Hut" C.C. Metrocentro, 8ª etapa S.S.
44. "Pizza Hut" C.C. Metropolis, Calle Zacamil
45. "Little Caesars" C.C San Luis.

ANEXO N° 4

ETIQUETA PARA IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

ANALISIS DE GRASAS TRANS EN MUESTRAS

N° de Muestra: _____ Tipo de muestra: Pizza: Hotdog:

Lugar de procedencia: _____

Fecha de toma de Muestra: _____

Hora de toma de muestra: _____

Figura N° 20 Formato de etiqueta para identificación de muestras.

ANEXO N° 5

AOAC Official Method 2000.10

Determination of Total Isolated *Trans* Unsaturated Fatty Acids in Fats and Oils by ATR-FTIR.

(This method is applicable to natural or processed oils and fats consisting of long-chain fatty acids, esters and triglycerides with *trans* levels ± 5.0 %.)

Table 2000.10 Inter laboratory Study results for Total Isolated *trans* Content by ATR-FTIR

ID	True Value	\bar{x} , %	# Labs ^{a(b)}	S _r	% RSD _r	S _R	% RSD _R	% Rec
		0.8	11(1)	0.1	7.5	0.2	21.1	103
		1.0	12(0)	0.1	10.5	0.3	29.3	97
		5.1	12(0)	0.1	2.3	0.2	3.1	102
		10.3	12(0)	0.4	3.6	0.5	5.1	103
		15.6	12(0)	0.3	2.2	0.5	3.3	103
		20.6	11(1)	0.9	4.5	1.0	5.0	103
		40.1	12(0)	1.4	3.5	1.4	3.5	100

a (b) a= number of labs retained after eliminating outliers, (b) = number of labs removed as outliers

A. Principle

In most naturally occurring vegetable fats and oils, unsaturated constituents contain only isolated double bonds in the *cis* configuration. These *cis* double bonds may be isomerized to the *trans* configuration during extraction and processing procedures, due to oxidation, conversion during heating, and/or partial hydrogenation. Animal and marine fats may contain measurable amounts of naturally occurring *trans* fatty acid geometric isomers. Isolated *trans* double bonds in long-chain fatty acids, fatty acid methyl esters (FAME), soaps and triacylglycerols may be measured by infrared (IR) spectroscopy. A unique absorption band with a maximum at ca 966 cm⁻¹ (10.3 μm), arising from a C-H deformation vibration about a *trans* double bond, is exhibited in the spectra of all compounds containing an isolated *trans* group; this band is not observed in the spectra of the corresponding saturated and *cis* unsaturated fatty acids. Measurement of the intensity of this absorption band under analytically controlled conditions is the basis for a quantitative method for the determination of total isolated *trans* fatty acids. Fat and oil test samples are not required to be converted to FAME prior to analysis.

This method is not applicable to fats and oils containing ca > 1% of conjugated unsaturation (e.g., tung oil), materials containing functional groups which modify the intensity of the C-H deformation vibration about the *trans* double bond (e.g., castor oil which contains hydroxy fatty acids), or, in general, to any materials containing constituents which have functional groups that give rise to specific absorption bands at, or sufficiently close to interfere with, the 966 cm⁻¹ (10.3 μm) band of the C-H deformation vibration of the isolated *trans* double bond.

B. Apparatus

(a) Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer.--Capable of making measurements at 4 cm⁻¹ resolution in the spectral range covering 1050-900 cm⁻¹. The instrument data handling system to allow conversion of the spectra to absorbance, scale expansion of the x and y axes, readout of wavenumbers to the nearest 1 cm⁻¹ and absorbance to the nearest 0.0001 amu, and integration of the area under the absorption band at 966 cm⁻¹. FTIR spectrometer equipped with a deuterated triglycine sulfate (DTGS) detector for greatest linearity. In the absence of test samples, a 1-min data collection at 4 cm⁻¹ resolution must yield, between 1050 - 900 cm⁻¹, a peak-to-peak noise level of # 0.0005 amu. The 966 cm⁻¹ band for a

1% trielaidin standard, must yield a signal-to-noise ratio > 10:1.

(b) Attenuated total reflection (ATR) infrared cell.--Equipped with a zinc selenide (or equivalent) crystal. The capacity of the horizontal ATR cell is ca 50 μL and is capable of maintaining a constant temperature of 65 ± 2 °C.

(c) Analytical balance.--With 60 g capacity; capable of weighing 0.3 g ± 0.0001 g.

(d) Disposable plastic pipets.--Capable of transferring 50 μL test samples to ATR cell.

(e) Steam water bath.-- For melting fats.

C. Reagents

(a) Primary standards.--Trielaidin (TE) and triolein (TO) with purity >99% (available from Nu Check Prep, Inc., P.O. Box 295, Elysian, MN 56028 USA).

D. Preparation of Standards

Trans Calibration Standard. Weigh, to the nearest 0.0001 g, (0.3-x) g of TO, and x g of TE, into a 10 mL beaker, where x equals 0.0015, 0.0030, 0.0150, 0.0300,

0.0600, 0.0900, 0.1200 and 0.1500 g, in order to prepare 0.5, 1, 5, 10, 20, 30, 40, and 50% *trans* calibration standards, respectively.

E. Calibration

For each *trans* standard, calculate the exact % *trans* expressed as the amount of TE as percent of total fat. Analyze each standard and determine the integrated area under the absorption band at 966 cm⁻¹ as described in **G** and **H**. Using a first-order regression analysis, determine the slope and intercept of the line which best fits the plot of the area of the *trans* band for all the *trans* standards (y axis) as a function of % *trans* (x axis).

Once a calibration curve has been established, it must be checked periodically to insure that it has not shifted.

F. Preparation of Test Samples

Solid fats must be gently melted and mixed. Test samples that appear cloudy due to the presence of water should be treated with anhydrous sodium sulfate until clear and filtered before removing the test portion for analysis.

G. Infrared Determination

Set up the FTIR operating parameters according to the manufacturer's recommendations for using an ATR cell with the following parameters: 1050-900 cm⁻¹ range, 64-scan (or appropriate number of scans needed to meet peak-to-peak noise level and SNR requirements given in **B**), 4 cm⁻¹ resolution, and triangular apodization functions (the most common weighting functions in FTIRs that suppress the magnitude of side lobes of interferograms). Conditions employed must be identical for test samples and calibration standards. The performance of FTIRs must be evaluated for wave number accuracy and noise level to insure that they are operating within the manufacturer's established specifications. For solid fats maintain ATR cell at 65 ± 2 °C.

Materials for measuring the reference background single beam spectrum are (a) TO for calibration standards, (b) the unfortified material for *trans*-fortified test samples, and (c) an appropriate *trans*-free material such as the refined bleached source oil for test samples.

Using a disposable pipet, transfer (without weighing) ca 50 µL of the neat (undiluted in any solvent) reference background material. Place the reference background material on the horizontal (faceup) ZnSe sampling surface of the ATR cell. The test portion must *completely* cover the horizontal surface of the crystal. Collect and save the single-beam spectrum to be used as background. Clean the crystal by wiping off the test portion with a disposable soft lint-free or

low-lint tissue paper. In general, to minimize contamination, apply part of the next test portion then wipe it off the crystal before re-applying the ca 50 μ L test portion for analysis.

Place ca 50 μ L (without weighing) of the neat test portion on the horizontal ZnSe crystal. It must *completely* cover the surface of the crystal. Collect and save the single-beam spectrum of the test portion.

Ratio the test sample single-beam spectrum against that of the reference background, and convert to absorbance. Save the absorption spectrum. Repeat for other test samples.

H. Calculations

With the absorbance spectrum wavenumber scale expanded in the region from 1050 - 900 cm^{-1} , integrate (electronically) the area under the 966 cm^{-1} band between the limits 990 - 945 cm^{-1} . Calculate the linear regression equation for Area vs. % *trans* plot of the *trans* calibration standards.

Using the slope and intercept generated for *trans* standards, calculate the % *trans* for test samples, by substituting the value of the integrated area of the *trans* band in the following equation:

$$\text{Trans fat as TE, \%} = \frac{[\text{Area} - \text{Intercept}]}{\text{Slope}}$$

Report results to the nearest 0.1%.

AOAC METODO OFICIAL 2000.10 (TRADUCCION AL ESPAÑOL)

Determinación del total de ácidos grasos insaturados aislados en grasas y aceites por medio de ATR-FTIR.

(Este método es aplicable a aceites y grasas naturales o procesadas que consisten de una cadena larga de ácidos grasos, ésteres y triglicéridos con \pm 5.0% niveles trans)

PRINCIPIO

En la mayoría de grasas y aceites vegetales de origen natural, los componentes insaturados contienen solamente aislados dobles enlaces de configuración cis. Estos enlaces dobles cis se pueden isomerizar a configuración trans durante su procesamiento y extracción, por oxidación, conversiones mientras su calentamiento y proceso de hidrogenación parcial. Las grasas animales y marinas pueden contener cantidades medibles de isómeros geométricos de ácidos grasos trans de origen natural. Los enlaces dobles trans aislados en los ácidos grasos de cadena larga, los ésteres metílicos de ácidos grasos. Los jabones y triacilglicerolos se pueden medir por espectroscopia infrarroja (IR). Una banda de absorción única con un máximo en la región de 966 cm^{-1} (μm 10.3), que se presenta por una vibración de la deformación de un enlace doble C-H trans, se exhibe en los espectros de todos los compuestos que contienen un grupo aislado trans. Esta banda no se observa en los espectros de los correspondientes a los ácidos grasos saturados e insaturado cis. La medida de la intensidad de esta banda de absorción bajo condiciones analíticamente controladas es la base para un método cuantitativo para la determinación de ácidos grasos trans totales. No se requiere que las muestras de ensayo, grasas y aceites se conviertan a Ésteres metílicos de ácidos grasos antes del análisis. Este método es aplicable para grasas y aceites que contengan $> 1\%$ de la insaturación conjugada, materiales que contenga grupos funcionales que modifiquen la intensidad de la vibración de la deformación C-H de la doble banda trans, o en general a cualquier material que contenga constituyentes cuyos grupos funcionales que generan una banda de absorción específica, o que este suficientemente cerca de interferir con la banda de vibración de absorción C-H de la doble banda trans aislada 966 cm^{-1} .

APARATO

- a. Espectrómetro infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR): Capaz de hacer mediciones a una resolución de 4 cm^{-1} en la región del espectro

cubriendo $1050-900\text{ cm}^{-1}$. El sistema de manipulación de datos tiene un instrumento que permite la conversión del espectro a absorbancia, la expansión de escala del eje de las x, y, la lectura de los número de onda cerca de 1 cm^{-1} y absorbancia cerca de 0.0001 amu e integración del área bajo la banda de absorción a 966 cm^{-1} . El espectrómetro FTIR equipado con un detector de sulfato de triglicina deuterado (DTGS) de una excelente linealidad. En la ausencia de muestras de ensayo, una recolección de datos de 1 min a una resolución de 4 cm^{-1} debe ceder, entre $1050-900\text{ cm}^{-1}$, un nivel de ruido pico a pico de número 0.0005 amu . La banda de 966 cm^{-1} para el estándar de Trielaidina 1%, debe ceder una señal de ruido $> 10:1$.

- b. Celda infrarroja de Reflectancia total atenuada (ATR): Equipada con un cristal de Selenio de Zinc. La capacidad de la celda ATR horizontal es $50\mu\text{L}$ y es capaz de mantener una temperatura constante de $62 \pm 2^\circ\text{C}$.
- c. Balanza Analítica: Con capacidad de 60 g, capaz de medir $0.3\text{ g} \pm 0.0001\text{g}$.
- d. Pipetas de plástico descartables: Capaces de transferir $50\mu\text{l}$ de la muestra del ensayo a la celda ATR.
- e. Baño de vapor: Para derretir las grasas.

REACTIVOS

Estándares primarios: Trielaidina (TE) y Trioleina (TO) de pureza $> 99.0\%$

PREPARACION DE ESTANDARES

Pesar cerca del 0.0001 g ($0.3-x$)g de Tioleina, y $x\text{ g}$ de Trieladina, en un beaker de 10 mL , en donde x es igual a 0.0015 , 0.0030 , 0.0150 , 0.0300 , 0.600 , 0.0900 , 0.1200 y 0.1500g , para preparar 0.5 , 1 , 5 , 10 , 20 , 30 , 40 y 50% estándares de calibración trans respectivamente.

CALIBRACION

Para cada estándar trans, calcular el porcentaje exacto trans expresado como la cantidad de TE como porcentaje de grasas totales. Analizar cada estándar y determinar el área integrada bajo la banda de absorción a 966 cm^{-1} .

Usando un análisis de regresión de primer orden, determinar la pendiente y el intercepto de la línea que mejor encaje en el área de las bandas trans de todos los estándares trans (eje de las y) en función de porcentaje trans (eje de las x). Una vez se haya establecido la curva de calibración debe ser revisada periódicamente para asegurar que no haya sido desplazada.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Las grasas solidas deben derretirse y mezclarse correctamente. Si existe alguna muestra que aparezca nublada debido a la presencia de agua se deben tratar con sulfato de sodio anhidro, hasta que las veamos claras, filtrar el contenido antes de remover la porción que se ocupara para el análisis.

DETERMINACION INFRARROJA

Establecer los parámetros de operaciones de FTIR, de acuerdo a lo que recomienda el fabricante, para hacer uso de una celda ATR, con los siguientes parámetros: rango de $1050\text{-}900\text{ cm}^{-1}$, 64 determinaciones (a un número apropiado de determinaciones que sean necesarias para satisfacer los niveles de ruido pico a pico), resolución de 4 cm^{-1} y funciones de anodización triangulares (las funciones de ponderación más comunes en FTIR que inhiben la magnitud de los lóbulos laterales de interferogramas). Deben utilizarse las mismas condiciones para las muestras del ensayo y para la calibración de los estándares. El rendimiento de FTIR debe ser evaluado para una longitud de onda exacta y nivel de ruido para asegurar que están operando dentro de las especificaciones que establece el fabricante. Para grasas solidas debe mantenerse la celda ATR a temperatura de $62 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los materiales para medir el fondo del espectro del haz de referencia son:

a. Troleina Para calibración, b. Material sin fortificar para muestras de ensayo trans-fortificadas, c. Un material apropiado libre de grasas trans, tales como el aceite refinado que es una fuente blanqueada.

Usando una pipeta desechable, transferir $50\mu\text{L}$ de material base de referencia ordenada. Poner el material de base de referencia en la celda ATR de Zn Se horizontal. La porción del ensayo debe cubrir completamente la superficie horizontal del cristal.

Recolectar y guardar todos los espectros de un solo haz para ser usados como base. Limpiar el cristal sacando la porción del ensayo con un papel suave de seda desechable. En general para minimizar la contaminación, aplicar parte de la próxima muestra y volver a limpiar el cristal antes de volver a agregar 50µL de la porción de la muestra para el análisis.

Colocar alrededor de 50µL de la porción de ensayo ordenada en el cristal horizontal de Zn Se. Debe cubrir completamente la superficie del cristal. Recolectar y guardar todos los espectros de un solo haz. Relacionar el espectro de un solo haz de la muestra de ensayo contra el espectro base de referencia y convertir a absorbancia. Guardar el espectro de absorción. Repetir con las otras muestras.

CALCULOS

Con la escala de longitud de onda del espectro de absorbancia, que se expande desde 1050-900 cm^{-1} , integrar el área bajo la banda 966 cm^{-1} entre los límites de 900-945 cm^{-1} . Calcular la ecuación de la regresión lineal para área vs % de área de la calibración de los estándares trans. Usando la pendiente y el intercepto generado por los estándares trans, calcular el porcentaje de % trans de las muestras de ensayo, sustituyendo el valor del área integrada de las bandas trans en la siguiente ecuación:

$$\text{Trans fat as TE, \%} = \frac{[\text{Area} - \text{Intercept}]}{\text{Slope}}$$

Report results to the nearest 0.1%.

ANEXO N° 6

EJEMPLO DE METODO LINEA-BASE

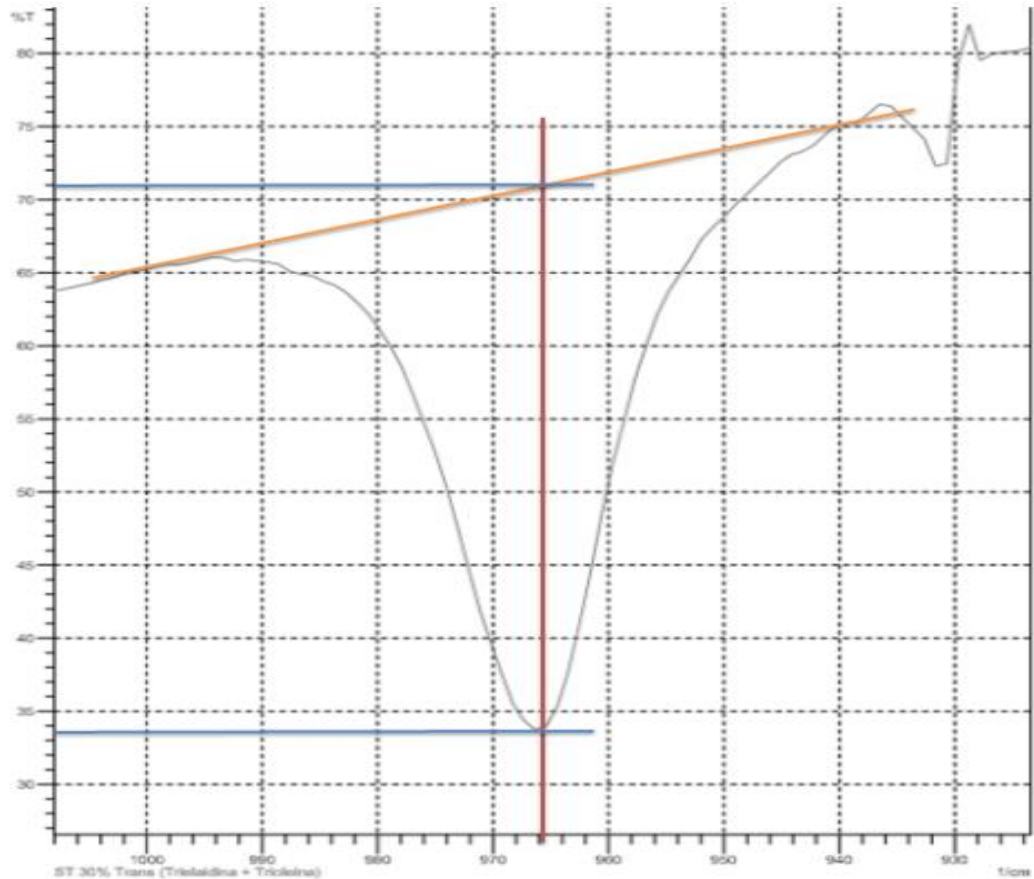


Figura N° 21 Acercamiento a 966 cm^{-1} del espectro infrarrojo del estándar positivo Trioleína + Trielaidina al 5% de ácidos grasos trans

Pasos para el cálculo de la absorbancia por el método Línea-Base

1. Trazar una línea de valle a valle (Línea naranja)
2. Trazar una línea recta en la frecuencia específica que en nuestro caso es 966 cm^{-1} donde aparece el pico característico de los ácidos grasos trans (línea roja).
3. Trazar una línea en el punto donde se cruza las líneas es el rayo incidente que en este caso da una Transmittancia de 71% (Línea color azul superior)

4. Trazar una línea donde termina el pico, este es el rayo transmitido que en este caso da una Transmitancia de 33.8% (línea color azul inferior)
5. Se calcula la absorbancia con la siguiente fórmula: $A = \log I_0/I$.
Dónde:
 I_0 es el rayo incidente,
 I es el rayo transmitido.

$$A = \log 71/33.8$$

$$A = 0.322$$

ANEXO N° 7

TABLA N°25 RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA PILOTO DE HOTDOG

CODIGO	ABSORBANCIA	% GRASAS TRANS (HOTDOG)
1H	0.035	2.19
2 H	0.033	1.98
3 H	0.040	2.73
4 H	0.028	1.44
5 H	0.035	2.19
6 H	0.031	1.76
7 H	0.036	2.30
8 H	0.019	1.89
9 H	0.037	2.41
10 H	0.031	1.76
	PROMEDIO	2.06

TABLA N° 26 RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA PILOTO DE PIZZA

CODIGO	ABSORBANCIA	% GRASAS TRANS (PIZZA)
1P	0.043	3.05
2 P	0.046	3.38
3 P	0.037	2.41
4 P	0.046	3.38
5 P	0.038	2.51
6 P	0.053	4.13
7 P	0.037	2.41
8 P	0.047	3.48
9 P	0.033	1.98
10 P	0.049	3.70
	PROMEDIO	3.04

ANEXO N° 8

MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Material y equipo:

- Equipo de Espectrofotometría Infrarroja Shimadzu IR-Affinity
- Unidad de Reflectancia Total Atenuada (ATR)
- Goteros
- Erlenmeyer de 250 mL
- Baño de María Precitherm PFV
- Termómetro
- Tubos de boca ancha de 20 mL
- Probetas de 10 mL
- Gradilla
- Espátulas
- Embudo
- Papel filtro

Reactivos:

- Estándar de TRIOLEINA como estándar negativo,
- Estándar de TRIELAIDINA como estándar positivo
- Etanol (para limpieza del cristal de la unidad ATR)
- Solvente utilizado para la extracción de las grasas y aceites:
Éter de Petróleo.

ANEXO N° 9

PORCENTAJES DE ACIDOS GRASOS TRANS DE LAS MATRICES HOTDOG
Y PIZZA

ANEXO N° 9

TABLA N° 27 PORCENTAJES DE ACIDOS GRASOS TRANS DE LA MATRIZ HOTDOG.

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Hotdog)
H001	0.035	2.19
H002	0.036	2.30
H003	0.021	0.69
H004	0.005	0.00
H005	0.027	1.33
H006	0.024	1.01
H007	0.033	1.98
H008	0.024	1.01
H009	0.037	2.40
H010	0.019	0.47
H011	0.016	0.15
H012	0.018	0.36
H013	0.009	0.00
H014	0.012	0.00
H015	0.023	0.90
H016	0.031	1.76
H017	0.031	1.76
H018	0.007	0.00
H019	0.048	3.59
H020	0.037	2.41
H021	0.028	1.44
H022	0.046	3.38
H023	0.029	1.55
H024	0.046	3.38

TABLA N° 27 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Hotdog)
H025	0.061	4.99
H026	0.035	2.19
H027	0.043	3.05
H028	0.022	0.80
H029	0.033	1.98
H030	0.04	2.73
H031	0.025	1.12
H032	0.02	0.58
H033	0.024	1.01
H034	0.034	2.09
H035	0.015	0.04
H036	0.035	2.19
H037	0.015	0.04
H038	0.013	0.00
H039	0.009	0.00
H040	0.013	0.00
H041	0.019	1.89
H042	0.016	0.15
H043	0.016	0.15
H044	0.02	0.58
H045	0.015	0.04
H046	0.011	0.00
H047	0.014	0.00
H048	0.012	0.00
H049	0.017	0.26
H050	0.023	0.90

TABLA N° 27 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Hotdog)
H051	0.017	0.26
H052	0.016	0.15
H053	0.006	0.00
H054	0.015	0.04
H055	0.02	0.58
H056	0.017	0.26
H057	0.013	0.00
H058	0.007	0.00
H059	0.019	0.00
H060	0.012	0.00
H061	0.018	0.36
H062	0.016	0.00
H063	0.017	0.25
H064	0.018	0.36
H065	0.018	0.36
H066	0.019	0.47
H067	0.025	1.12
H068	0.025	1.12
H069	0.028	1.44
H070	0.04	2.73
H071	0.036	2.30
H072	0.037	2.40
H073	0.011	0.00
H074	0.014	0.00
H075	0.011	0.00
H076	0.012	0.00

TABLA N° 27 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Hotdog)
H077	0.017	0.25
H078	0.013	0.00
H079	0.02	0.58
H080	0.015	0.04
H081	0.017	0.26
H082	0.017	0.26
H083	0.031	1.76
H084	0.033	1.98
H085	0.043	3.05
H086	0.043	3.05
H087	0.051	3.91
H088	0.035	2.19
H089	0.036	2.30
H090	0.024	1.01

TABLA N° 28 PORCENTAJES DE ACIDOS GRASOS TRANS DE LA MATRIZ
PIZZA.

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Pizzas)
P001	0.043	3.05
P002	0.045	3.38
P003	0.048	3.59
P004	0.055	4.34
P005	0.039	2.62
P006	0.032	1.87
P007	0.041	2.84
P008	0.046	3.38
P009	0.037	2.41
P010	0.039	2.62
P011	0.02	0.58
P012	0.032	1.87
P013	0.028	1.44
P014	0.039	2.62
P015	0.023	0.90
P016	0.038	2.52
P017	0.018	0.36
P018	0.019	0.47
P019	0.022	0.80
P020	0.039	2.62
P021	0.029	1.55
P022	0.028	1.44
P023	0.026	1.22
P024	0.053	4.13
P025	0.063	5.20

TABLA N° 28 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Pizzas)
P026	0.048	3.59
P027	0.046	3.38
P028	0.017	0.26
P029	0.016	0.15
P030	0.015	0.04
P031	0.015	0.04
P032	0.038	2.52
P033	0.032	1.87
P034	0.021	0.69
P035	0.006	0.00
P036	0.03	1.66
P037	0.01	0.00
P038	0.009	0.00
P039	0.01	0.00
P040	0.009	0.00
P041	0.008	0.00
P042	0.01	0.00
P043	0.012	0.00
P044	0.038	2.51
P045	0.053	4.13
P046	0.056	4.45
P047	0.081	7.14
P048	0.089	8.00
P049	0.056	4.45
P050	0.066	5.53
P051	0.066	5.53

TABLA N° 28 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Pizzas)
P052	0.048	3.59
P053	0.049	3.70
P054	0.037	2.41
P055	0.033	1.98
P056	0.038	2.52
P057	0.032	1.87
P058	0.03	1.66
P059	0.026	1.22
P060	0.032	1.87
P061	0.029	1.55
P062	0.032	1.87
P063	0.028	1.44
P064	0.033	1.98
P065	0.03	1.66
P066	0.024	1.01
P067	0.033	1.98
P068	0.031	1.76
P069	0.032	1.87
P070	0.03	1.66
P071	0.036	2.30
P072	0.024	1.01
P073	0.031	1.76
P074	0.021	0.69
P075	0.024	1.01
P076	0.028	1.44
P077	0.047	3.48

TABLA N° 28 CONTINUACION

Código	Absorbancia	% Grasas Trans (Pizzas)
P078	0.028	1.44
P079	0.008	0.00
P080	0.008	0.00
P081	0.028	1.44
P082	0.021	0.69
P083	0.021	0.69
P084	0.025	1.12
P085	0.022	0.80
P086	0.023	0.90
P087	0.021	0.69
P088	0.019	0.47
P089	0.019	0.47
P090	0.025	1.12