



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA,
INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO
PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

María José Alburez García

Asesorado por el Ing. Juan Carlos González Soto

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN
AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS
NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA
ALIMENTICIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA JOSÉ ALBUREZ GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ SOTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

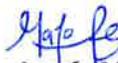
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADOR	Ing. David Samuel Fiorini Morales
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 15 de marzo del 2017.



María José Alburez García

Guatemala, 15 de noviembre del 2018

Ingeniero Químico
Carlos Salvador Wong Davi
Director de Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería USAC

Por medio de la presente, hago constar que la estudiante de ingeniería química María José Alburez García con registro estudiantil 201314245 y DPI 2631 61641 0101 ha aprobado el informe final de su proyecto de EPS, el cual lleva por nombre **“Estudio comparativo del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa, mediante dos métodos normalizados, como parámetro nutricional en la industria alimenticia.”**



Ing. Juan Carlos González Soto
ASESOR
Tel. 57152655
jcgonzalez@dsg-global.com

Juan Carlos Gonzalez Soto
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1785



Guatemala, 27 de febrero de 2019.
Ref.EPS.DOC.211.02.19.

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **María José Alburez García** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **201314246**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Sergio Alejandro Recinos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Química



c.c. Archivo
SAR/ra



Guatemala, 27 de febrero de 2019.
Ref.EPS.D.67.02.19.

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Wong Davi.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria María José Alburez García, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ingeniero Sergio Alejandro Recinos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra





Guatemala, 16 de mayo de 2019.
 Ref. EIQ.TG-IF.023.2019.

Ingeniero
 Carlos Salvador Wong Davi
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **001-2018** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Seminario de Investigación-

Solicitado por la estudiante universitaria: **María José Alburez García**.
 Identificada con número de carné: **2631616410101**.
 Identificada con registro académico: **201314245**.
 Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA, MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Juan Carlos González Soto**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Hilda Piedad Palma Ramos de Martini
 COORDINADORA DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.051.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (**EPS final**) de la **carrera de Ingeniería Química** de la estudiante **MARÍA JOSÉ ALBUREZ GARCÍA** titulado: **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA"** Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Williams G. Álvarez Mejía, M.I.Q., M.U.I.E
Director
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre de 2019

Cc: Archivo
WGAM/ale



DTG.353.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN AVENA, INCAPARINA Y QUINOA MEDIANTE DOS MÉTODOS NORMALIZADOS, COMO PARÁMETRO NUTRICIONAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por la estudiante universitaria: **María José Alburez García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurella Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el centro de mi vida, por ayudarme a superar cada obstáculo y por ser el que permitió que se hiciera realidad mi sueño.
Mis padres	Manuel Alburez y María Isabel García de Alburez, por su amor y apoyo en cada pequeño y grande paso que di durante mi carrera.
Mi hermana	Ana Isabel Alburez, por brindarme amor y alegría en todo momento.
Mis abuelos	Por guiarme y motivarme dándome palabras de sabiduría.
Mis amigos	Por acompañarme durante mi carrera y por su lealtad y confianza hacia mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.
Facultad de ingeniería	Por brindarme los conocimientos y las herramientas para desempeñarme como profesional.
Ing. Juan Carlos González Soto	Por abrirme las puertas para realizar mi EPS y brindarme guía, apoyo y enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
Hipótesis	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Fibra dietética	5
2.1.1. Beneficios de la fibra dietética	6
2.1.2. Componentes de la fibra dietética	7
2.1.2.1. Celulosa	7
2.1.2.2. Hemicelulosa	7
2.1.2.3. Lignina	8
2.1.2.4. Pectinas	8
2.1.2.5. Mucílagos	9
2.1.2.6. Gomas	9
2.1.3. Clasificación de la fibra dietética	10
2.1.3.1. Fibra dietética soluble	10
2.1.3.2. Fibra dietética insoluble	10
2.1.4. Obtención y caracterización de la fibra dietética	11

2.1.4.1.	Método gravimétrico-enzimático para la determinación de fibra soluble e insoluble	11
2.1.4.2.	Enzimas.....	12
2.1.4.2.1.	α -amilasa.....	12
2.1.4.2.2.	Proteasa	13
2.1.4.2.3.	Amiloglucosidasa.....	13
2.1.4.3.	Método de Fibra Detergente Neutro (FDN).....	13
2.1.4.4.	Método de Fibra Detergente Ácida (FDA).....	14
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
3.1.	Variables	15
3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	15
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	16
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	16
3.4.1.	Material y equipo	16
3.4.2.	Reactivos.....	17
3.5.	Técnica cuantitativa.....	18
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	19
3.6.1.	Método AOAC 985,29	19
3.6.1.1.	Preparación de la muestra y extracción	19
3.6.1.2.	Determinación	19
3.6.2.	Método AOAC 991,43	28
3.6.2.1.	Preparación de la muestra y extracción	28
3.6.2.2.	Determinación	28

3.6.3.	Método de Kjeldahl para determinación de proteína.....	39
3.6.3.1.	Digestión	39
3.6.3.2.	Destilación	39
3.6.3.3.	Titulación.....	40
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	44
3.8.	Metodología de cálculo y análisis estadístico.....	45
3.8.1.	Contenido de proteína.....	45
3.8.2.	Porcentaje de fibra dietética total	46
3.8.3.	Media	46
3.8.4.	Desviación estándar	47
3.8.5.	Coefficiente de variación.....	47
3.8.6.	Recuperación.....	48
4.	RESULTADOS.....	49
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	51
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	APÉNDICES.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Principales métodos de análisis de la fibra dietética.....	3
2.	Diagrama de flujo del método AOAC 985.29.....	22
3.	Diagrama de flujo del método AOAC 991.43.....	31
4.	Diagrama de flujo del método de Kjeldahl	41

TABLAS

I.	Contenido de fibra dietética en alimentos.....	5
II.	Lista de variables manipuladas	15
III.	Formato para determinación de fibra dietética en avena	44
IV.	Formato para determinación de fibra dietética en incaparina	44
V.	Formato para determinación de fibra dietética en quinoa	45
VI.	Contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa.....	49
VII.	Desviación estándar del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa	49
VIII.	Coeficiente de variación del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa	49
IX.	Recuperación del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa	50

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Gramos
ml	Mililitros
°C	Grados Celsius
min	Minutos
FDA	Fibra detergente ácida
FDN	Fibra detergente neutra
FDT	Fibra dietética total
AOAC	Asociación de Químicos Analíticos Oficiales
AACC	Asociación Americana de Química Clínica
GLC	Cromatografía gas-líquido
HPLC	Cromatografía líquida de alto rendimiento
HCl	Ácido clorhídrico
NaOH	Hidróxido de sodio
NH₃	Amoníaco
N	Nitrógeno
K₂SO₄	Sulfato de potasio
CuSO₄ 5H₂O	Sulfato de cobre pentahidratado
H₂SO₄	Ácido sulfúrico
H₃BO₃	Ácido bórico

GLOSARIO

AACC	Asociación Americana de Química Clínica: organización mundial científica y médica dedicada a la ciencia de laboratorio clínico y su aplicación al cuidado de la salud.
Almidón	Polisacárido, el resultado de unir moléculas de glucosa formando largas cadenas. Se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo.
AOAC	Asociación de Químicos Analíticos Oficiales: asociación que tiene por objetivo ser un proveedor activo en el ámbito mundial, responsable de la organización, desarrollo, empleo y armonización de métodos analíticos validados y programas de aseguramiento de la calidad de los servicios de laboratorio.
Aparato de Golgi	Órgano celular encargado de elaborar proteínas y moléculas de grasa para su uso en otros lugares dentro y fuera de la célula.

Composición proximal	Análisis que se aplica en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con los requerimientos establecidos durante la formulación.
FDA	Fibra detergente ácida: fibra que indica la concentración de celulosa y lignina en la planta. Es parcialmente digestible.
FDN	Fibra detergente neutra: fibra que engloba a todas las fibras encontradas en los forrajes: hemicelulosa, celulosa y lignina. Es parcialmente digestible.
FDT	Fibra dietética total: incluye la totalidad de todos los compuestos, fibrosos o no, que no son digeribles por las enzimas del intestino humano.
Fibra bruta o cruda	Residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases fuertes. Constituye el 20 %-50 % de la fibra dietética total.

Fibra insoluble	Fibra que acelera el paso de los alimentos a través del estómago y los intestinos y les agrega volumen a las heces.
Fibra soluble	Fibra que retiene el agua y se vuelve gel durante la digestión e igualmente retarda la digestión y la absorción de nutrientes desde el estómago y el intestino.
Fibra verdadera o vegetal	Está integrada por los componentes de la pared celular de las plantas, como son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.
GLC	Cromatografía gas líquido: técnica en la que los componentes de una muestra vaporizada se separan como consecuencia del reparto entre una fase móvil gaseosa y una fase estacionaria líquida que está sobre la superficie de un relleno sólido inerte o sobre las paredes de un tubo capilar.
Gomas	Largas cadenas provenientes de la transformación de polisacáridos de la pared celular.

Hidratos de carbono	Compuestos orgánicos que contienen hidrógeno, oxígeno y carbono. También son conocidos como carbohidratos o glúcidos y constituyen la base de la pirámide alimenticia.
HPLC	Cromatografía líquida de alto rendimiento: técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla, identificarlos y cuantificarlos basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.
Monosacárido	Hidrato de carbono que no puede descomponerse en otro más sencillo.
Mucílagos	Sustancias viscosas compuestas de polisacáridos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas.
Pectinas	Mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Son fuente de fibra soluble.
Polisacáridos	Grupo más abundante de carbohidratos. Son los componentes estructurales principales y las reservas de energía de las plantas.

Proteínas

Macromoléculas orgánicas de elevado peso molecular, constituidas básicamente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, aunque algunas tienen azufre y fósforo.

RESUMEN

En este proyecto de investigación se consideró como objetivo proporcionar información del contenido de fibra dietética en la avena, incaparina y quinoa, que permita a la industria alimenticia tomar mejores decisiones en sus formulaciones. Asimismo, se comparó el contenido de fibra dietética en los tres productos alimenticios mediante los métodos de tipo gravimétrico-enzimático AOAC 982,29 y el AOAC 991,43. Finalmente, se determinó cuál de ambos métodos es el más exacto, para la determinación de fibra dietética total.

Las muestras se deshidrataron, desgrasaron y gelatinizaron en duplicado con α -amilasa térmicamente estable para luego digerirlas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble se precipitó por la adición de etanol, el residuo total se filtró, se lavó, se secó y se pesó. En el residuo en duplicado se determinó la proteína, y en el otro, cenizas. Se realizaron tres repeticiones para cada producto alimenticio con cada método.

Se confirmó que la quinoa es el alimento con mayor contenido de fibra dietética de los tres estudiados y el método AOAC 991,43 es el más exacto para determinar el contenido de fibra dietética total.

OBJETIVOS

General

Proporcionar información del contenido de fibra dietética en la avena, incaparina y quinoa, que permita a la industria alimenticia tomar mejores decisiones en sus formulaciones.

Específicos

1. Verificar dos métodos normalizados para la determinación de fibra dietética en alimentos.
2. Determinar el contenido de fibra dietética total en la avena, incaparina y la quinoa.
3. Comparar el método AOAC 985,29 y el método AOAC 991,43 para la determinación de fibra dietética.
4. Comparar el contenido de fibra dietética total entre la avena, incaparina y la quinoa.

Hipótesis

Hipótesis de investigación (Hi):

H_{i1}: La quinoa tiene un mayor contenido de fibra dietética que la avena y la incaparina.

H_{i2}: El método AOAC 991,43 es más exacto que el método AOAC 985,29.

Hipótesis nulas (H_o):

H_{o1}: La quinoa no tiene un mayor contenido de fibra dietética que la avena y la incaparina.

H_{o2}: El método AOAC 991,43 no es más exacto que el método AOAC 985,29.

Hipótesis alternativas (H_a):

H_{a1}: La avena tiene un mayor contenido de fibra dietética que la incaparina y la quinoa.

H_{a2}: La incaparina tiene un mayor contenido de fibra dietética que la avena y la quinoa.

H_{a3}: El método AOAC 985,29 es más exacto que el método AOAC 991,43.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen algún ingrediente activo que ayuda a una o varias funciones del organismo humano, proporcionando bienestar y salud en la reducción del riesgo de una enfermedad, o aquel alimento que tiene un efecto fisiológico más allá de su efecto tradicional. La ciencia y el desarrollo de los alimentos funcionales es lo que va marcando la pauta en investigación dentro de la industria, que no es más que generar alimentos que cubran una necesidad o beneficio en particular. Uno de los mejores componentes alimenticios funcionales que brinda grandes beneficios para la salud humana es la fibra dietética porque reduce el colesterol, mejora la composición de la flora intestinal y evita el estreñimiento.

Por esta razón, en años recientes, se ha incrementado la demanda de productos ricos en fibra dietética con actividad metabólica para incluirlos en la alimentación humana. Por ello, para la industria alimenticia es importante conocer las principales fuentes de fibra alimenticia disponibles y las cantidades que éstas aportan.

Es importante que se incluya el contenido de fibra dietética total en las etiquetas de información nutricional en los productos alimenticios para que el usuario conozca la constitución de los alimentos que consumirá y decida si los comprará. En muchos países, las empresas están obligadas por ley, a declarar el contenido de fibra en los alimentos que venden. Por ejemplo, en Estados Unidos la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) regula la información que se debe incluir en las etiquetas de información nutricional y la fibra dietética aparece como un requerimiento.

En Guatemala, se han hecho pocos estudios que involucren la determinación de la fibra en alimentos de consumo regular en el país. La avena, la incaparina y la quinoa son alimentos conocidos por su significativo aporte nutricional, debido en gran parte por su contenido de fibra dietética.

Se han desarrollado varios métodos para la determinación de la fibra dietética total (FDT) en los alimentos. Este estudio pretende comparar el contenido de fibra dietética en tres diferentes alimentos: avena, incaparina y quinoa, utilizando dos métodos del tipo enzimático-gravimétrico con el objeto de brindar información útil a la industria sobre los alimentos que pueden incorporar en sus formulaciones.

El Laboratorio DSG (DESARROLLO DE SOLUCIONES GLOBALES), especializado en análisis microbiológico y fisicoquímico de alimentos, cuenta con los recursos y los equipos de análisis instrumentales necesarios para la determinación de fibra dietética en productos alimenticios; por lo que la realización del proyecto fue factible.

La ejecución del proyecto representa un beneficio para la industria de alimentos y población guatemalteca en general, al brindarles información para comparar la avena, la incaparina y la quinoa y también para el Laboratorio DSG y sus clientes, porque representa un nuevo servicio para ofrecer.

1. ANTECEDENTES

Paulatinamente, se han conocido los beneficios que brinda a la salud una dieta basada en el consumo de cereales, legumbres, frutos secos, frutas y verduras, los cuales han sido la fuente principal de fibra dietética. Por efecto, se han realizado diversos estudios y análisis para comprender su función. Varios métodos para su determinación han ido contribuyendo al análisis de dicho alimento funcional.

Desde 1985, el método gravimétrico-enzimático de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC 985,29) ha sido el parámetro oficial para medir la fibra total. Este método se basa en el concepto de resistencia a la digestión. Utiliza la digestión enzimática para eliminar los componentes distintos de la fibra y la cuantificación de los residuos por peso. Los métodos y las enzimas usadas tienen un estricto criterio de desempeño y pureza. Su uso ha sido defendido, en parte, por su supuesta reproducibilidad, pero esto no fue confirmado por un estudio de certificación de la Comisión Europea en 1996.

En el Reino Unido, si bien el método de la AOAC se utiliza con fines de etiquetado, la cantidad de fibra dietética para las tablas de composición de alimentos se mide como polisacáridos no amiláceos mediante el método de Englyst. Este usa una extracción enzimática y química (solvente) y la separación de los componentes de la fibra de los carbohidratos no digeribles y la posterior cuantificación mediante colorimetría, ya sea cromatografía gas-líquido (GLC) o cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC). El almidón resistente se puede cuantificar separadamente por otros métodos. El método de Englyst tiene la ventaja de identificar claramente los componentes clasificados como

polisacáridos no amiláceos y la cuantificación separada del almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles sin mayor interferencia con los diferentes métodos. Su principal desventaja es su cuestionable reproducibilidad.¹

Se han desarrollado una variedad de otros métodos aprobados por la AOAC y la Asociación Americana de Químicos de Cereales (American Association of Cereal Chemists, AACC) para medir el amplio espectro de componentes de la fibra dietética, incluidos el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y los polímeros de carbohidratos no digeribles sintéticos. Estos métodos también deben ceñirse a criterios de desempeño específicos y estrictos.

En el ámbito internacional, originalmente se aceptó el método AOAC 985,29 para medir la fibra dietética. En la actualidad, ha quedado claro que pueden ser necesarios varios métodos para diferentes fibras dietéticas. Para validar las declaraciones de las etiquetas y los mensajes saludables, puede ser necesario especificar diferentes métodos para la medición del contenido de fibra dietética en distintos alimentos.²

La definición propuesta por la Comisión del Codex Alimentarius para fibra dietética incluye una lista específica de métodos analíticos de la AOAC basados en que esta metodología se usa mundialmente para análisis de rutina. Además de los métodos AOAC 985,29 y 991,43 para fibra dietética total en la mayoría de los alimentos, se pueden usar los métodos AOAC 995,16, 2002,02, 999,03, 997,08, 2001,02, 2001,03 y 2000,11 para mediciones complementarias de otros

¹ GREY, J. *Fibra dietética: Definición, Análisis, Fisiología y Salud*. p 213.

²Anónimo. Procedimiento para determinar fibra dietética total. En línea: http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf

componentes dentro de la definición.³ En el siguiente cuadro, se observan los principales métodos de análisis de la fibra dietética aprobados por la AOAC. Para la realización de este proyecto, los métodos AOAC utilizados serán el tipo enzimático-gravimétrico AOAC 985,29 y 991,43.

Figura 1. Principales métodos de análisis de la fibra dietética

Nombre	Tipo	Componentes medidos	Comentarios
Fibra dietética total; AOAC 985.29 AOAC 991.43	Enzimático-gravimétrico	Polisacáridos solubles + insolubles (incluye RS3) + lignina	Cuantifica solo parte de la fracción RS3 del total de almidón resistente; inulina, povidexrosa, fructooligosacáridos y maltodextrinas resistentes
Método de Englyst para NSP	Enzimático-químico o GLC o HPLC	Polisacáridos no amiláceos	Consistente con los datos <i>in vivo</i> La reproducibilidad puede ser baja
Método Uppsala AOAC 994.13	Enzimático-químico	polisacáridos solubles + insolubles (incluido el RS3) + lignina	Pocos usuarios
AOAC 995.16; AACC32-33	Enzimático	Beta-glucanos	
Método de Englyst para almidón resistente	Enzimático	Almidón resistente	Consistente con los datos <i>in vivo</i> ; La reproducibilidad puede ser baja
AOAC 2002-02; AACC 37.42	Enzimático	Almidón resistente y fibra de algas	Consistente con los datos <i>in vivo</i>
AOAC 999.03	Enzimático y colorimétrico	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, fructooligosacáridos)	
AOAC 997.08	Enzimático y cromatografía de intercambio iónico	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, Fructooligosacáridos)	
	Cromatografía de intercambia de iones	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, fructooligosacáridos)	
AOAC 2000.11	HPAEC	Polidexrosa	
AOAC 2001.02	HPAEC-PAD	Trans galactooligosacáridos	
AOAC 2001.03	Enzimático-gravimétrico y cromatografía líquida	Fibra dietética total en los alimentos que contienen maltodextrinas resistentes	

Fuente: Grey, J. (2006). *Fibra dietética: Definición, Análisis, Fisiología y Salud*. Bruselas, Bélgica: ILSI Europe. p 214.

³ GREY, J. *Fibra dietética: Definición, Análisis, Fisiología y Salud*. p 214.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fibra dietética

La fibra dietética está definida como los componentes de la dieta de origen vegetal que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre. Químicamente está representada por la suma de los polisacáridos que no son almidones, y lignina. La fibra procede de la gruesa pared celular de las plantas, o puede presentarse como aditivo alimentario en forma de pectinas, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas, entre otros. Es conocida también como polisacárido sin almidón. En ella, se agrupan diversos hidratos de carbono conocidos como complejos o de absorción lenta, que están presentes en frijoles, frutas y vegetales, principalmente en la piel y en la pulpa. En la siguiente tabla se muestran en orden ascendente los porcentajes de fibra dietética que poseen ciertas frutas, vegetales y cereales.

Tabla I. **Contenido de fibra dietética en alimentos**

Alimento	Contenido de fibra dietética %
Naranja	1,55
Banana	1,60
Zanahoria	1,70
Manzana	2,20
Fresas	2,50
Arroz integral	2,92
Papa horneada	3,22
Pera	3,24
Brócoli	4,25

Continuación tabla I.

Espagueti	5,25
Ajonjolí	5,30
Repollo	6,30
Frambuesas	6,67
Frijoles enlatados	8,67
Almendras	12,50
Lentejas	13,00

Fuente: Base de Datos Nacional de Nutrientes del USDA para Referencia Estándar.

En Guatemala, existen varias fuentes de fibra dietética que se incluyen en la dieta de la población, entre ellas se encuentran la avena, la incaparina y la quinoa las cuales se adquieren con facilidad en mercados y supermercados. La avena es la más común de las tres, posee una elevada concentración de nutrientes que comprenden glúcidos en su mayor parte, proteínas y lípidos. La incaparina está compuesta por vitaminas, minerales, harina de maíz y harina de soya, de donde se obtiene principalmente la fibra que ésta aporta. La quinoa tiene una rica composición nutricional; es considerada como el único alimento de origen vegetal que aporta todos los aminoácidos esenciales, siendo su balance superior al del trigo, la cebada y la soya. Además, tiene un contenido superior en calcio, hierro, potasio, magnesio y cinc.

2.1.1. Beneficios de la fibra dietética

La fibra dietética brinda varios beneficios al cuerpo humano. Para empezar, tiene la capacidad de retrasar el vaciado gástrico y aumenta la sensación de saciedad. También actúa permitiendo la fijación de glucosa, colesterol y ácidos biliares, lo cual es beneficioso en enfermedades crónicas como diabetes, obesidad, hipercolesterolemia y la enfermedad cardiovascular. Además, tiene la capacidad de aumentar el volumen de las heces, regular el tránsito intestinal y

reducir los niveles de colesterol en la sangre. Por consiguiente, mejora la situación nutricional de varias patologías cardiovasculares y evita determinados tipos de cáncer como el de colon y recto.

2.1.2. Componentes de la fibra dietética

En la fibra dietética se encuentran seis componentes: celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, mucílagos y gomas.

2.1.2.1. Celulosa

Es un polisacárido y es el principal componente de las paredes celulares en las plantas. Desde el punto de vista bioquímico, la celulosa es un polímero natural constituido por una larga cadena de carbohidratos polisacáridos. La estructura de la celulosa se forma por la unión de moléculas de β -glucosa a través de enlaces β -1,4-glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua. Las cadenas no se presentan aisladas si no unidas entre sí mediante puentes de hidrogeno, formando una estructura supramolecular cristalina, organizada, y resistente a hidrólisis. Gran parte de la fibra en el salvado de cereal es celulosa. La celulosa forma alrededor de un cuarto de la fibra dietética en los granos y frutas y un tercio en las verduras y nueces.

2.1.2.2. Hemicelulosa

Forma parte de las paredes de las células que forman el tejido vegetal; además recubre la superficie de las fibras de celulosa. La hemicelulosa se caracteriza por ser una molécula con ramificaciones, capaz de unirse a las otras moléculas mediante enlaces que constituyen la pared rígida que protege a la

célula de la presión ejercida sobre esta por el resto de las células que la rodean. Es un grupo heterogéneo de polisacáridos (de pentosas, sobre todo D-xilano) ramificados que se unen fuertemente entre sí y las microfibrillas de celulosa. Las moléculas de hemicelulosa tienen de 200 a 500 monosacáridos por molécula y se sintetizan en el aparato de Golgi. Aproximadamente un tercio de la fibra dietética en las verduras, frutas, legumbres y nueces se compone de hemicelulosas.

2.1.2.3. Lignina

Se caracteriza por ser un material que no adsorbe agua y que posee rigidez en su estructura, formado por, la polimerización de, tres alcoholes aromáticos: cumarílico, coniferílico y sinapílico, que se une covalentemente a muchos polisacáridos generando una estructura muy fuerte y resistente a la degradación. Puede depositarse entre las microfibrillas de la celulosa. Contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a colisiones y torceduras. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos. Además, es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal y la única fibra no polisacárido que se conoce. Está presente en los alimentos como un componente “leñoso”, tal como en el apio, y en las capas externas de los granos de cereal.

2.1.2.4. Pectinas

Son una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Las pectinas suelen ir unidas a calcio como pectatos de calcio, se encuentran en la lámina media de la pared celular vegetal, formando geles rígidos e insolubles. Determinan la porosidad de la pared, y por tanto el grado de disponibilidad de los

sustratos de las enzimas implicadas en las modificaciones de esta. Los β -glucanos son un componente principal del material de la pared celular en los granos de avena y cebada, pero están presentes en pequeñas cantidades en el trigo. Se ha generado interés en ellos como fuente de fibra soluble. El salvado de avena se ha agregado a algunos productos alimentarios como una fuente de estos β -glucanos.

2.1.2.5. Mucílagos

Los mucílagos son sustancias viscosas compuestas de polisacáridos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas. Pueden confundirse con las gomas y pectinas, diferenciándose de estas sólo en las propiedades físicas. Mientras que las gomas se hinchan en el agua para dar dispersiones coloidales gruesas y las pectinas se gelifican; los mucílagos producen coloides muy poco viscosos, que presentan actividad óptica y pueden ser hidrolizados y fermentados.

2.1.2.6. Gomas

Al contrario de los mucílagos, estas están formadas por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa. Previene de la transformación de polisacáridos de la pared celular.⁴

⁴BAENA, L. y GARCÍA, N. *Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de una industria chocolatera colombiana.* p 45.

2.1.3. Clasificación de la fibra dietética

Dependiendo de su afinidad con el agua, la fibra dietética se clasifica en dos categorías: fibra dietética soluble e insoluble.

2.1.3.1. Fibra dietética soluble

La fibra dietética soluble presenta una gran afinidad con el agua; se hidrata en una proporción muy alta, pudiendo formar dispersiones que alteran fuertemente la viscosidad del medio en que se encuentra. Este tipo de fibra dietética la constituyen la celulosa, gran parte de las hemicelulosas y la lignina. La fibra soluble se encuentra en leguminosas, avena y algunas frutas como manzanas, ciruelas, fresas, melocotones, bananos y en particular en los hollejos de los cítricos.

2.1.3.2. Fibra dietética insoluble

La fibra dietética insoluble presenta una capacidad de captación de agua baja. Este tipo de fibra dietética la constituyen las pectinas, gomas, mucílagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada. La fibra insoluble se encuentra en alimentos como el salvado de trigo, granos enteros y verduras. Su acción principal en el organismo es aumentar el volumen de las heces y disminuir el tiempo de tránsito de los alimentos por el aparato digestivo. Como consecuencia, al ingerir este tipo de fibra con regularidad, se facilitan las evacuaciones y se evita el estreñimiento.⁵

⁵GROSSI, G. *Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo Pleurotus Ostreatus*. pp. 201-205.

2.1.4. Obtención y caracterización de la fibra dietética

Durante los últimos años, se han ido desarrollando varios métodos de análisis para la extracción de fibra. La primera en ser aceptada por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC) fue el método de fibra cruda en la cual se utiliza digestión en soluciones ácidas y básicas diluidas, después fue aceptado el método Fibra Detergente Ácido (FDA), que mide la celulosa y la lignina. También fue aceptado el método de la American Association for Clinical Chemistry (AACC) para la determinación Fibra Detergente Neutro (FDN), el cual dio los valores más altos para la fibra determinación de celulosa, hemicelulosa y lignina.

Era difícil eliminar completamente el almidón de algunas muestras de alimentos, por lo que el método fue modificado para incluir una digestión con α -amilasa para eliminar el almidón residual. Ya que ni la FDA, ni la FDN comprenden todos los componentes que han sido abarcados por la fibra dietética, los científicos propusieron dos métodos para la determinación de la fibra dietética total (FDT):

- Método enzimático-gravimétrico
- Método enzimático-gravimétrico complementado con la determinación de los polisacáridos y lignina utilizando los métodos FDA y FDN.

2.1.4.1. Método gravimétrico-enzimático para la determinación de fibra soluble e insoluble

Este método para la determinación de fibra soluble e insoluble se basa en la utilización de enzimas. Se fundamenta en la digestión de las muestras con α -amilasa, amiloglucosidasa y proteasa para eliminar la proteína y el almidón presentes. Puede determinarse la fibra dietética insoluble sola, o por precipitación

con alcohol, se puede incluir la fibra dietética soluble y se pueden determinar separadas o juntas.⁶

2.1.4.2. Enzimas

Una enzima es una proteína que actúa como catalizador de una reacción química acelerándola. Las enzimas unen su sustrato en el centro reactivo o catalítico, que suele estar protegido del agua para evitar interacciones no deseadas. En el centro reactivo la disposición espacial y los tipos de cadenas laterales de aminoácidos son fundamentales para orientar correctamente el sustrato y poder interactuar de la forma deseada para llevar a cabo la catálisis de la reacción. En la determinación de fibra dietética, se utilizan enzimas digestivas para la simulación del proceso digestivo del ser humano. Las enzimas digestivas son las encargadas de digerir los alimentos, descomponiéndolos en sus unidades básicas para que puedan ser absorbidas en el tracto intestinal. Aunque en la saliva se encuentran enzimas digestivas, la mayor parte de su actividad se presenta a nivel estomacal, y principalmente en el intestino delgado.

2.1.4.2.1. α -amilasa

Es una enzima extracelular que hidroliza los enlaces α 1-4 glucosídicos de polisacáridos, tales como el almidón, glicógeno o productos de degradación de los mismos liberando glucosa y maltosa. Su actividad requiere de la presencia de iones cloruro.

⁶Baena, L. y García, N. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. En línea: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3451>.

2.1.4.2.2. Proteasa

Es una enzima extracelular que degradan las proteínas mediante la hidrólisis de los enlaces peptídicos dando como resultado cadenas más cortas (péptidos) o aminoácidos libres.

2.1.4.2.3. Amiloglucosidasa

Es un tipo de enzima digestiva que parte o desprende una molécula de glucosa libre de las cadenas formadas a partir de azúcares complejos que forman el almidón o de un azúcar más simple como la maltosa. Ésta ayuda a descomponer el almidón que se encuentra de forma natural en la mayoría de los vegetales que se ingieren o se añade como aditivo a muchos productos alimenticios preparados.⁷

2.1.4.3. Método de Fibra Detergente Neutro (FDN)

La fracción de FDN incluye celulosa, hemicelulosa y lignina como los componentes principales. A este método se le han realizado modificaciones como el uso de sulfito de sodio para reducir la contaminación con nitrógeno y el uso de α -amilasa termoestable para remover el almidón. La fracción FDN de los alimentos mide la cantidad total de fibra y cuantifica diferencias entre los alimentos, de una forma más racional en comparación con otras fracciones de fibra.

⁷Aguilar, H. Determinación de fibra en los alimentos. En línea: sgpwe.izt.uam.mx/pages/cbs/lyanez/analisis/material_adicional/fibrannotas.ppt.

2.1.4.4. Método de Fibra Detergente Ácida (FDA)

Esta fracción de los alimentos incluye celulosa y lignina como componentes primarios además de cantidades variables de otros compuestos; por tal razón, es importante que el análisis de FDA se haga en el residuo del FDN, es decir de forma secuencial, ya que los valores de FDA pueden estar sobre estimados, debido a la presencia de residuos como pectinas y otros compuestos que son solubilizados en la FDN, pero no en la FDA. El método FDA puede ser usado como un paso preparatorio para la determinación de lignina y celulosa. El detergente neutro disuelve pectinas, taninos y una cantidad variable de sílice, mientras que el detergente ácido recupera sílice, complejos taninos-proteína y parcialmente pectinas. El residuo detergente ácido es generalmente más bajo en proteínas que el residuo de detergente neutro, de la diferencia de estos residuos se puede estimar la cantidad de hemicelulosa.⁸

⁸GROSSI, G. *Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo Pleurotus Ostreatus*. p 206.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

A continuación, se muestran las variables consideradas para el presente trabajo de investigación:

Tabla II. **Lista de variables manipuladas**

Variable	Parámetro que determina	Dimensional
Peso inicial de muestra	Necesario para calcular el contenido de fibra dietética porcentual.	g
Tiempo	Influye para obtener la digestión completa de la muestra, así como su secado.	min
Temperatura	Para monitorear el baño de agua utilizado en la digestión de la muestra y el secado en el horno.	°C
pH	Ajustes necesarios antes de agregar cada enzima para la digestión.	adimensional
Peso final de residuo	Necesario para calcular el contenido de fibra dietética porcentual.	g
Contenido de proteína	Necesario para restárselo al peso del residuo.	g
Contenido de cenizas	Necesario para restárselo al peso del residuo.	g

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

El campo de estudio abarca la industria alimenticia en Guatemala analizando la avena, incaparina y quinoa, como fuentes de fibra dietética. El

estudio se realizó en el Laboratorio DSG ubicado en 31 avenida 0-56 zona 7, Utatlán 1.

3.3. Recursos humanos disponibles

Se contó con el personal del Laboratorio DSG y se dispuso de los analistas del laboratorio fisicoquímico. Asimismo, con las personas que supervisaron la ejecución, elaboración y revisión del proyecto:

- Desarrollo del proyecto: María José Alburez García
- Asesor: Ing. Qco. Juan Carlos González Soto
- Revisor Escuela de Ingeniería Química: Inga. Hilda Palma
- Supervisor-asesor unidad EPS: Ing. Alejandro Recinos

3.4. Recursos materiales disponibles

Para la realización de la práctica fue necesario material y equipo de laboratorio y reactivos químicos.

3.4.1. Material y equipo

- Balanza analítica
- Baños termostáticos
- Bomba de vacío
- Crisol con placa porosa
- Desecador con silicagel
- Estufa de vacío
- Mufla

- Tamiz
- Vasos de precipitados
- pHmetro
- Homogeneizador
- Pizeta
- Cronómetro
- Pipetas
- Agitadores magnéticos
- Espátulas de hule
- Probetas
- Equipo de Kjeldahl de digestión y destilación
- Balón para Kjeldahl
- Erlenmeyer
- Vidrio de reloj
- Material usual de laboratorio

3.4.2. Reactivos

- Etanol al 95 %
- Etanol al 78 %
- Acetona
- Buffer fosfato
- Buffer MES-TRIS
- α -amilasa termoestable
- Proteasa
- Amiloglucosidasa
- Hidróxido de sodio
- Ácido clorhídrico

- Celite C-211, lavado con ácido
- Éter de petróleo
- Indicador de Tashiro (rojo de metilo-verde de bromocresol)
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido bórico
- Sulfato de potasio anhidro
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Agua desionizada

3.5. Técnica cuantitativa

La determinación de fibra dietética total consiste para los métodos AOAC 985.29 y AOAC 991.43 en deshidratar, desgrasar y luego gelatinizar las muestras en duplicado de avena, incaparina y quinoa con α -amilasa térmicamente estable para luego digerirlas enzimáticamente con proteasa y amilogucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro, cenizas. Para la determinación de proteína, se utiliza el método de Kjeldahl que se basa en la hidrólisis ácida de la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio en presencia de un catalizador sulfato de cobre. El nitrógeno se reduce en la sal sulfato de amonio, de la cual se libera con hidróxido de sodio en la forma de amoníaco y se destila. El destilado se valora con una solución patrón de ácido clorhídrico o sulfúrico.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los métodos utilizados son métodos normalizados por la AOAC. Ambos constan de dos fases que son: la preparación de la muestra y extracción y determinación de la fibra dietética.

3.6.1. Método AOAC 985,29

Este método se distingue por el uso del buffer fosfato previo a la digestión enzimática de la muestra.

3.6.1.1. Preparación de la muestra y extracción

- Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogeneizador.
- Pasar por un tamiz de malla de 0,3-0,5mm.
- Extraer con éter de petróleo si el contenido de grasa es superior al 10 %, tres veces con porciones de 25ml / g de muestra.
- Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.

3.6.1.2. Determinación

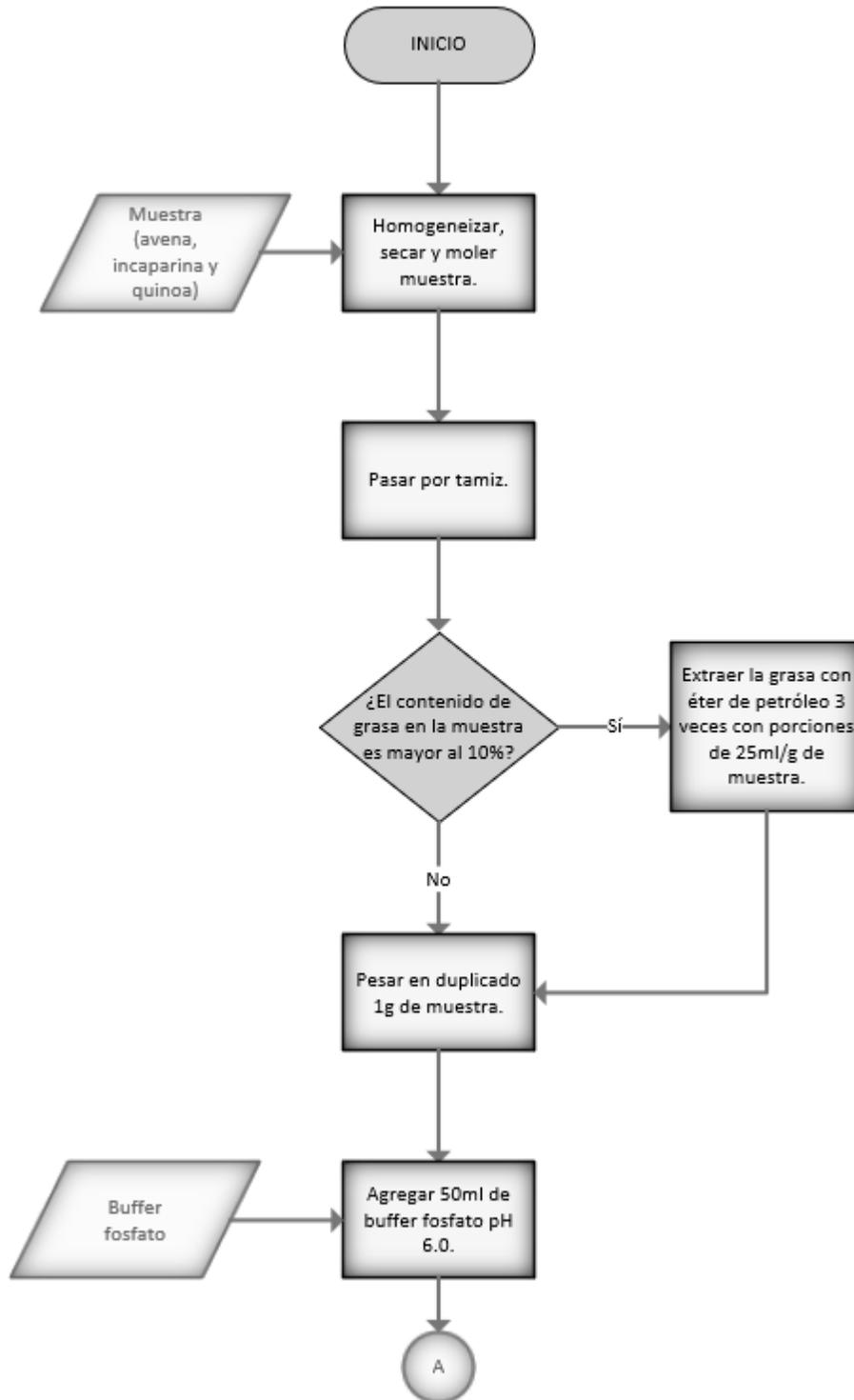
- Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 400ml. El peso de las muestras no debe diferir en más de 20mg.
- Agregar 50ml de buffer fosfato pH 6,0 a cada vaso.
- Controlar el pH y ajustar a pH $6\pm 0,2$ si fuese necesario.
- Adicionar 0,1ml de la solución de α -amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos. Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a 95-100°C.

- Enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Ajustar pH a $7,5 \pm 0,2$ con aproximadamente 10ml NaOH 0,275N.
- Adicionar 5 mg de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 °C con agitación continua.
- Enfriar y añadir 10ml de HCl 0,325N.
- Medir el pH y agregar gotas de ácido si fuese necesario. El pH final debe ser 4,0-4,6.
- Añadir 0,3ml amilogucosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60°C con agitación continua.
- Adicionar 280ml de etanol al 95 % precalentado a 60°C.
- Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
- Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 78 % y aplicar succión.
- Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.
- Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20ml de etanol al 78 %, dos porciones de 10ml de etanol al 95 % y dos porciones de 10ml de acetona. Se puede formar goma con algunas muestras, atrapando el líquido. Si así fuera, rompa la película de la superficie con espátula para mejorar el filtrado. El tiempo de filtración y lavado variará de 0,1 a 6 horas, con un promedio de 1 ½ hora por muestra. Se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa.
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de vacío a 70°C.
- Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo.
- Analizar proteínas usando $N \times 6,25$ como factor de conversión en el residuo de una de las muestras de los duplicados.
- Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a 525°C. Enfriar en desecador y pesar.

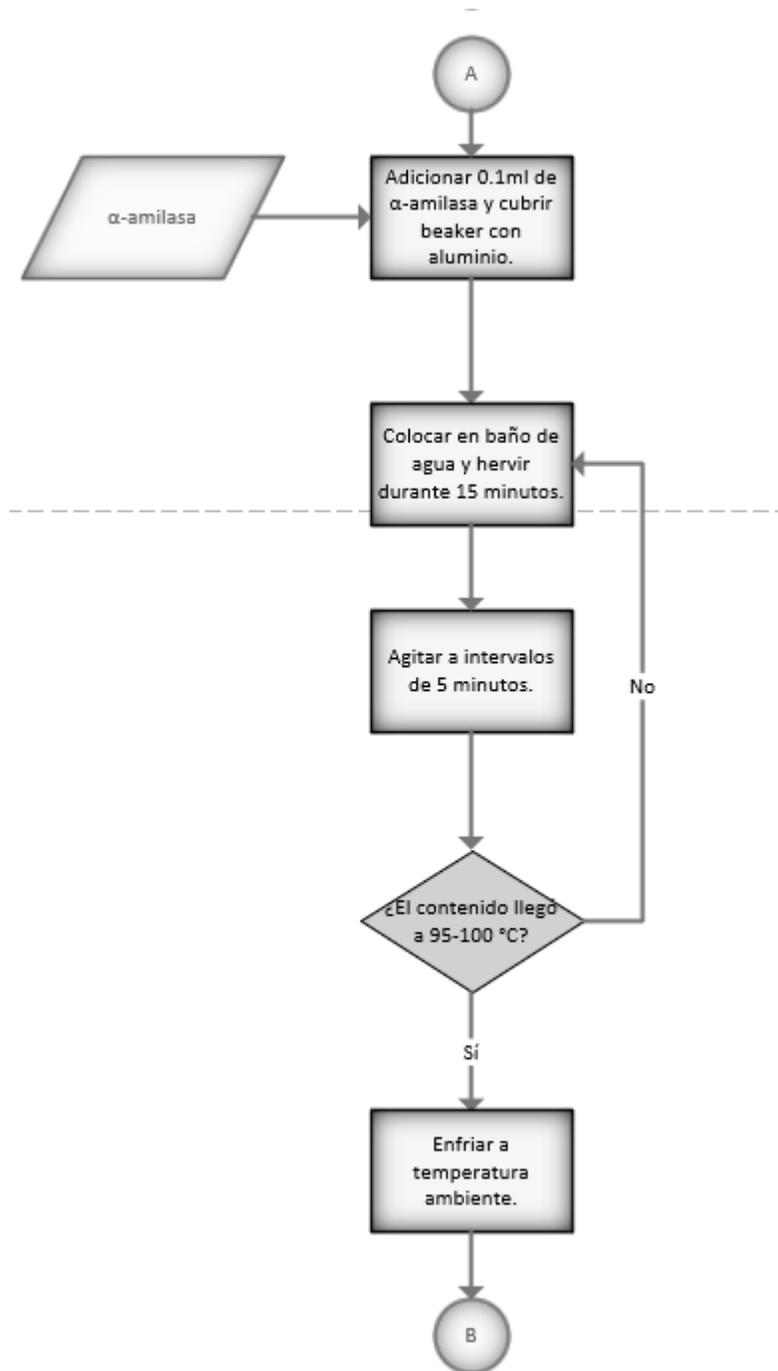
- Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas.
- Efectuar la determinación del blanco en duplicado y en las mismas condiciones descritas en el procedimiento para el análisis de muestras.⁹

⁹Anónimo. Procedimiento para determinar fibra dietética total. En línea: http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf

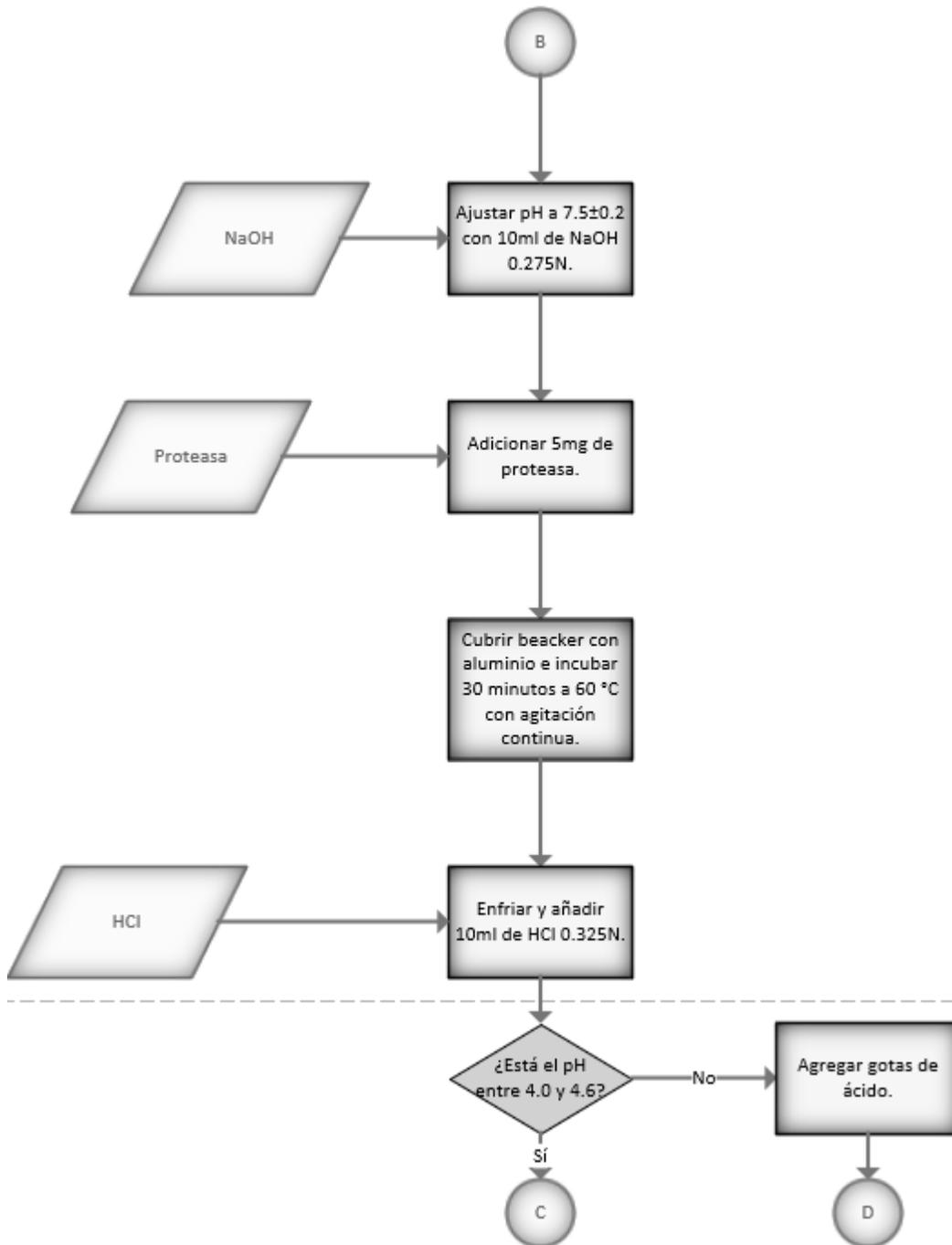
Figura 2. Diagrama de flujo del método AOAC 985,29



Continuación figura 2.



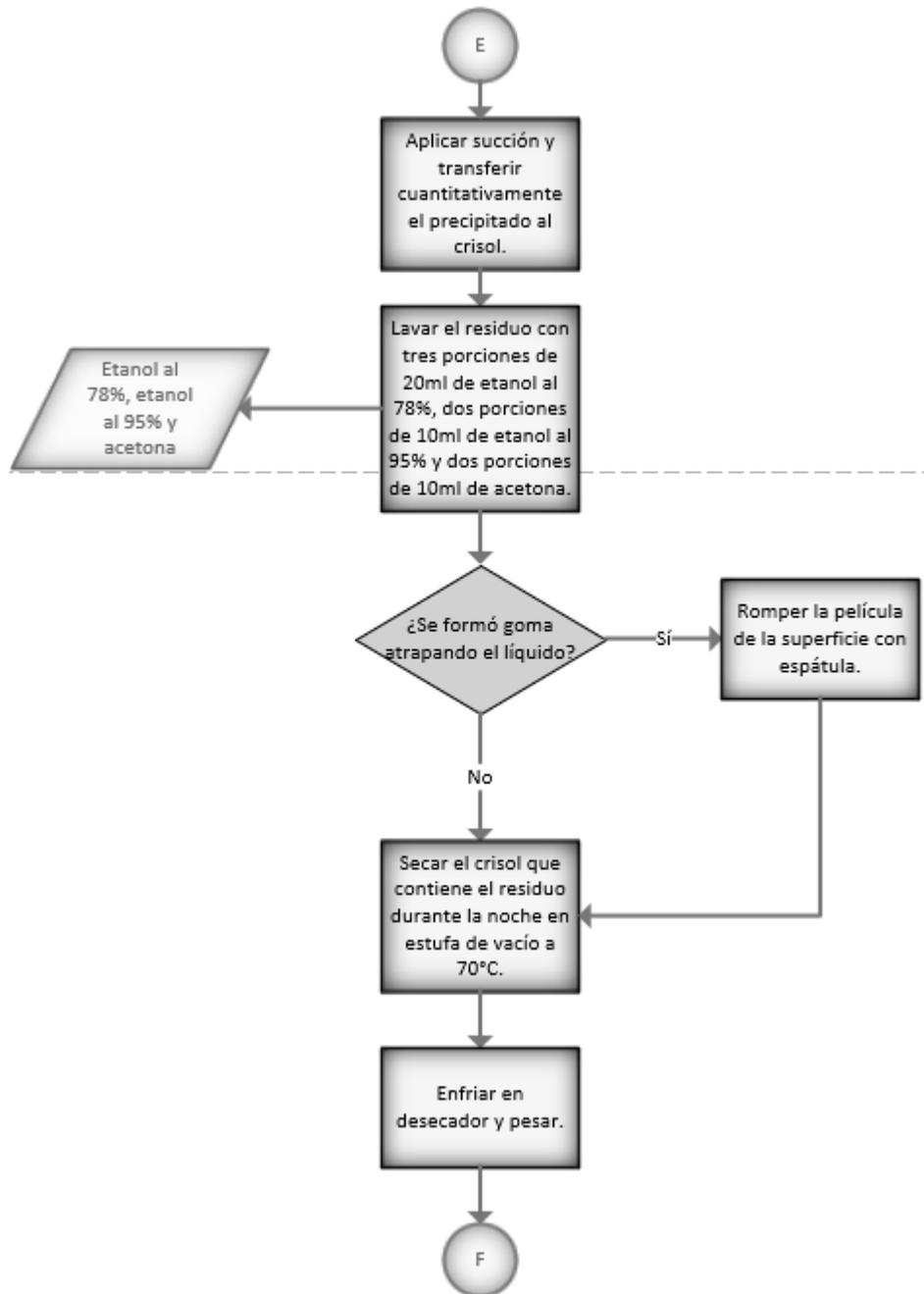
Continuación figura 2.



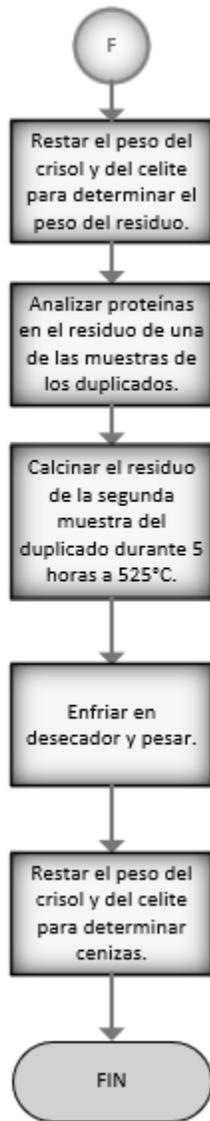
Continuación figura 2.



Continuación figura 2.



Continuación figura 2.



Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Método AOAC 991,43

Este método se distingue por el uso del buffer MES-TRIS previo a la digestión enzimática de la muestra.

3.6.2.1. Preparación de la muestra y extracción

- Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogeneizador.
- Pasar por un tamiz de malla de 0,3-0,5mm.
- Extraer con éter de petróleo si el contenido de grasa es superior al 10 %, tres veces con porciones de 25ml / g de muestra.
- Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.

3.6.2.2. Determinación

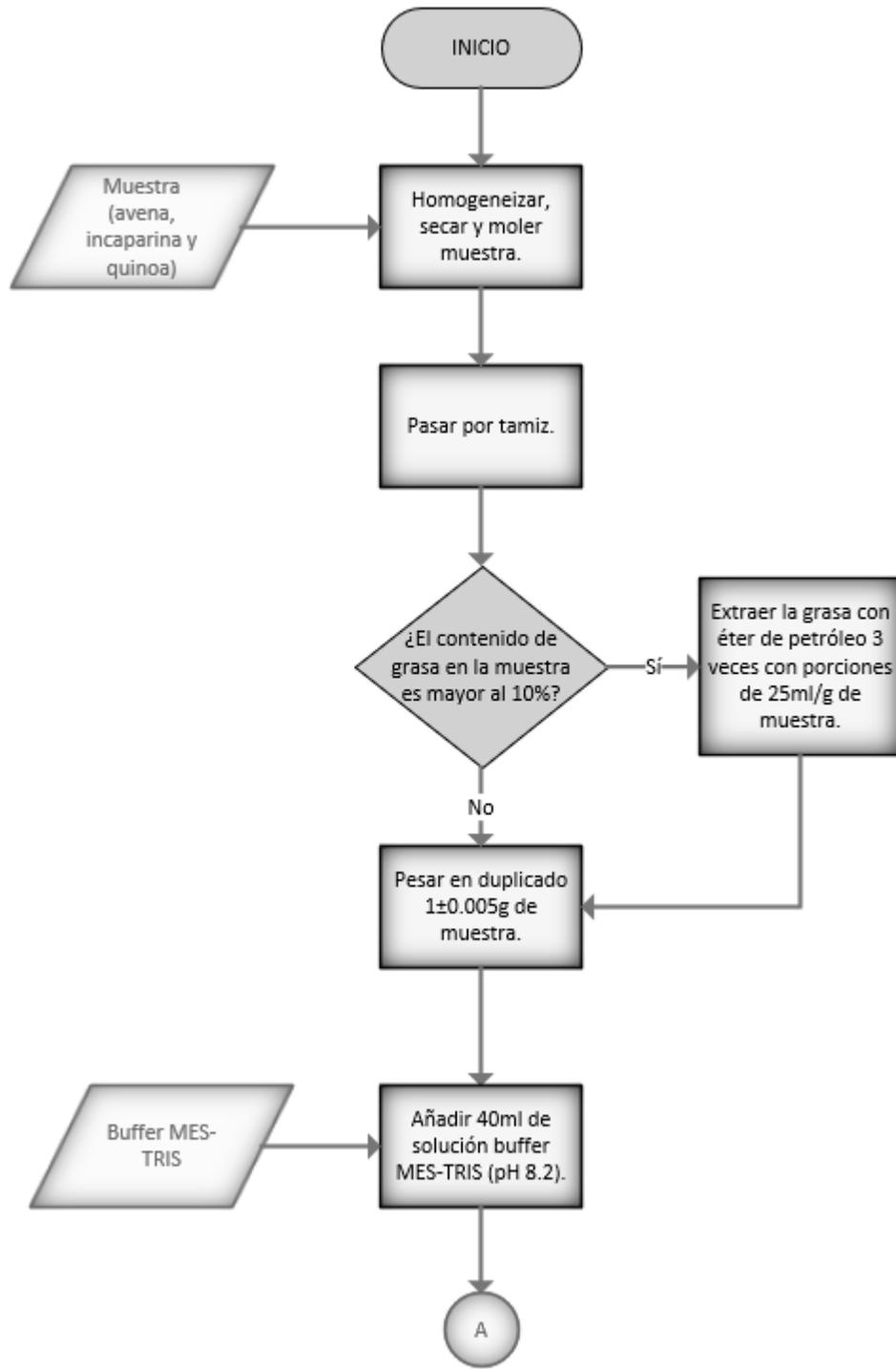
- Pesar en duplicado $1 \pm 0,005$ g de muestra con exactitud dentro de vasos de precipitados altos de 400ml.
- Añadir 40ml de solución buffer MES-TRIS (pH 8,2) a cada vaso. Añadir un agitador magnético a cada vaso. Agitar hasta que la muestra esté completamente dispersa en la solución (para evitar formación de terrones).
- Añadir 50 μ l de solución termoestable de α -amilasa, mientras se agita con velocidad lenta.
- Cubrir cada vaso con papel aluminio.
- Colocar las muestras cubiertas en el baño termorregulado a 98-100°C e incubar por 30 minutos con agitación continua. Empezar a contar el tiempo cuando ambos vasos ya estén en el baño.
- Remover los vasos del baño y dejar enfriar a 60°C.
- Quitar las cubiertas de aluminio.

- Raspar cualquier anillo alrededor de los vasos y geles en el fondo con una espátula de ser necesario.
- Enjuagar la pared lateral de los vasos y la espátula con 10ml de agua desionizada utilizando una pipeta.
- Ajustar la temperatura del baño de agua a 60°C quitando una cantidad de agua caliente y añadiendo agua fría.
- Añadir 100 µl de solución de proteasa a cada muestra.
- Volver a cubrir con aluminio los vasos.
- Incubar en el baño termorregulado a 60±1°C, con agitación continua por 30 minutos. Empezar a contar el tiempo cuando la temperatura llegue a 60°C.
- Remover los vasos del baño.
- Quitar las cubiertas de aluminio.
- Dispensar 5ml de solución de HCl 0,561N a la muestra mientras se agita.
- Revisar que el pH esté entre 4,1 y 4,8. Ajustar el pH si es necesario, añadiendo solución de NaOH al 5 % o HCl al 5 %.
- Adicionar 200µl de solución de amiloglucosidasa mientras se agita con el agitador magnético.
- Reemplazar el papel aluminio.
- Incubar en el baño termorregulado a 60°C por 30 minutos con constante agitación. Empezar a contar el tiempo cuando la temperatura del agua llegue a 60°C.
- A cada muestra, añadir 225ml de etanol al 95 % precalentado a 60°C. Medir el volumen después de calentar. La razón del volumen de etanol con el volumen de la muestra debe ser 4 a 1. Si el etanol al 95 % es accidentalmente sobrecalentado a 65°C, adicionar 228ml para el ajuste de volumen del alcohol expandido.
- Cubrir todas las muestras con hojas largas de papel aluminio.
- Permitir que se forme precipitado a una temperatura de ambiente de 60°C.
- Tarar el crisol que va a contener el celite al 0,1mg más cercano.

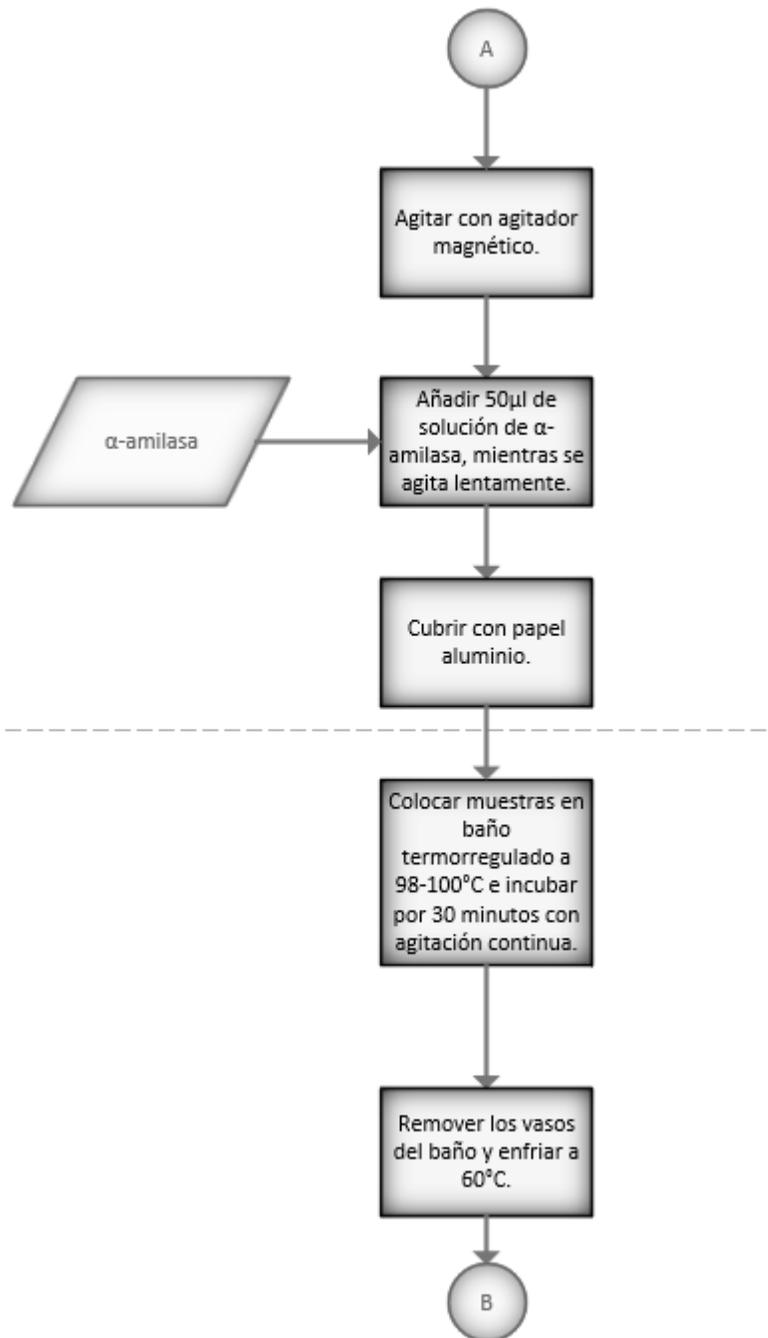
- Mojar y redistribuir la cama del celite en el crisol, utilizando una pizeta con 15ml de etanol al 78 %.
- Aplicar succión al crisol para arrastrar el celite al vidrio fritado dejando una alfombra pareja.
- Filtrar el digestato enzimático que se trató con alcohol al crisol. Usando una pizeta con etanol al 78 % y una espátula de hule, transferir cuantitativamente todas las partículas remanentes al crisol.
- Utilizando vacío, lavar el residuo dos veces cada uno con 15ml de porciones de etanol al 78 %, etanol al 95 % y acetona. Secar el crisol conteniendo el residuo durante toda la noche en la estufa a 105°C. Enfriar el crisol en el desecador por aproximadamente 1 hora. Pesar el crisol conteniendo el residuo de fibra dietética y celite, al 0,1mg más cercano y calcular el peso del residuo restando el peso del crisol seco con celite.
- Usar un duplicado de cada muestra para determinar proteínas usando Nx6,25 como factor de conversión. Para el análisis de cenizas, incinerar el segundo duplicado por 5 horas a 525°C. Enfriar en desecador y pesar al 0,1mg más cercano. Restar el peso del crisol y celite para determinar el peso de cenizas.¹⁰

¹⁰ Anónimo. Total Dietary Fiber. En línea: https://secure.megazyme.com/files/booklet/k-tdfr_data.pdf

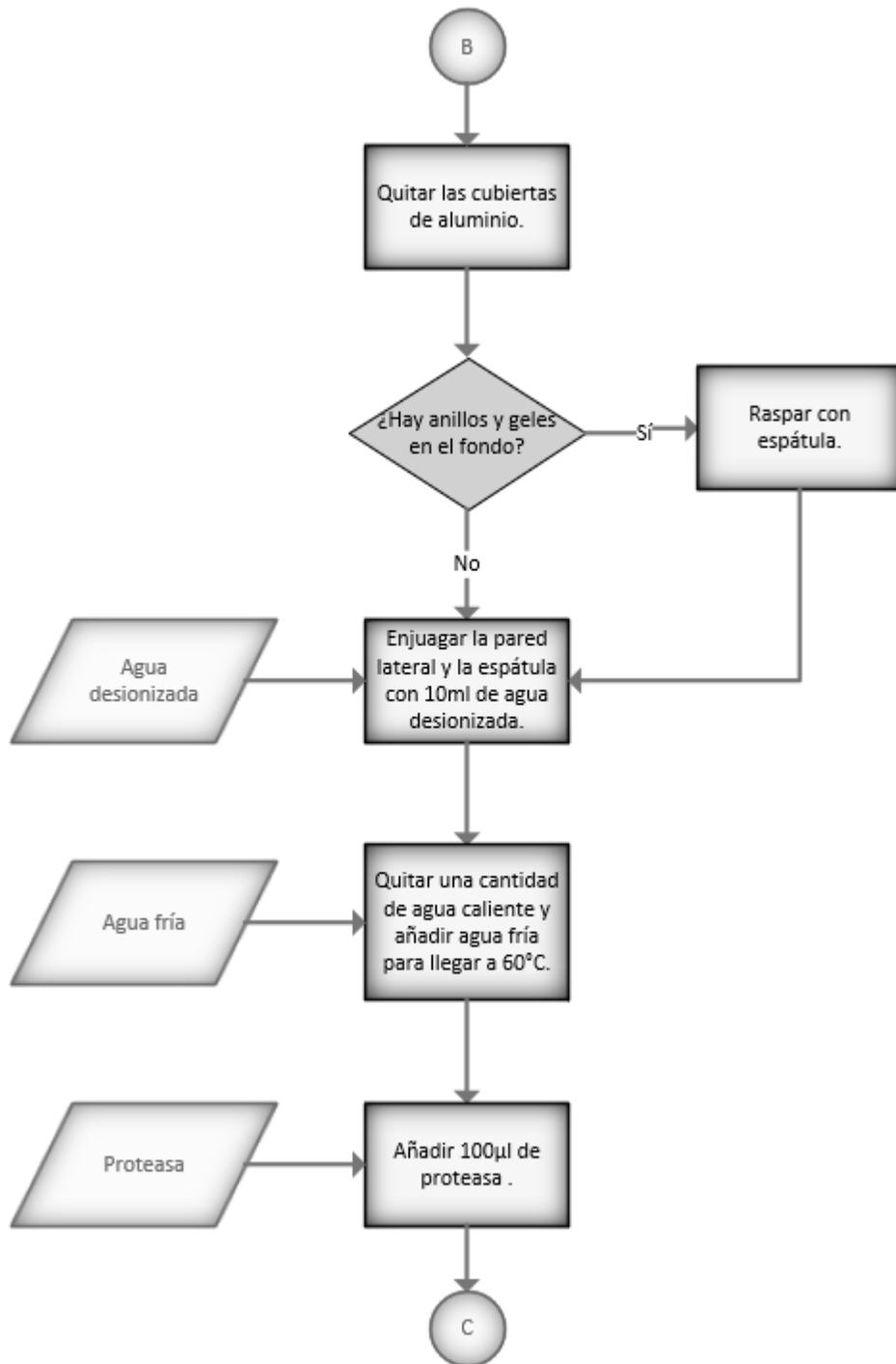
Figura 3. Diagrama de flujo del método AOAC 991,43



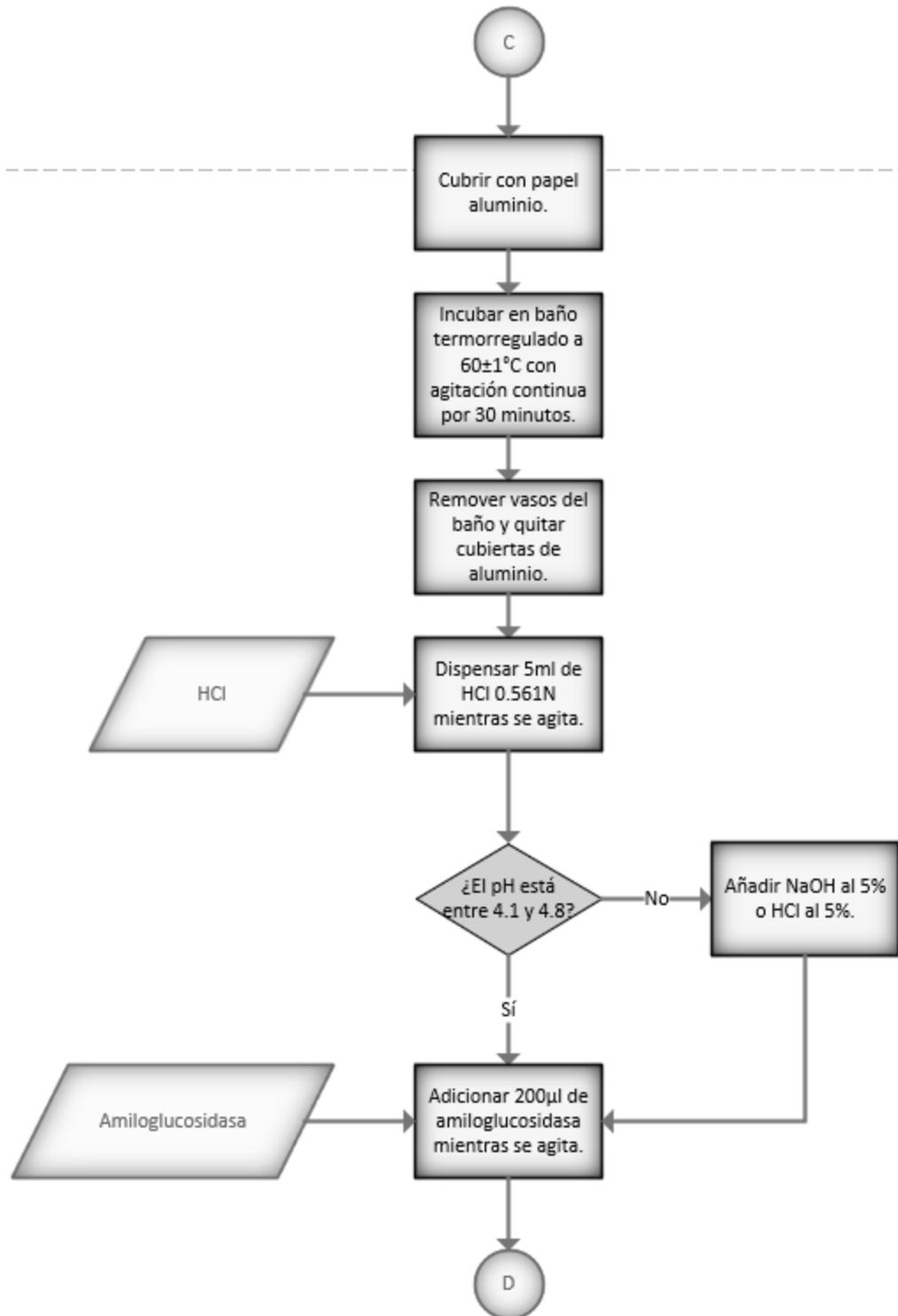
Continuación figura 3.



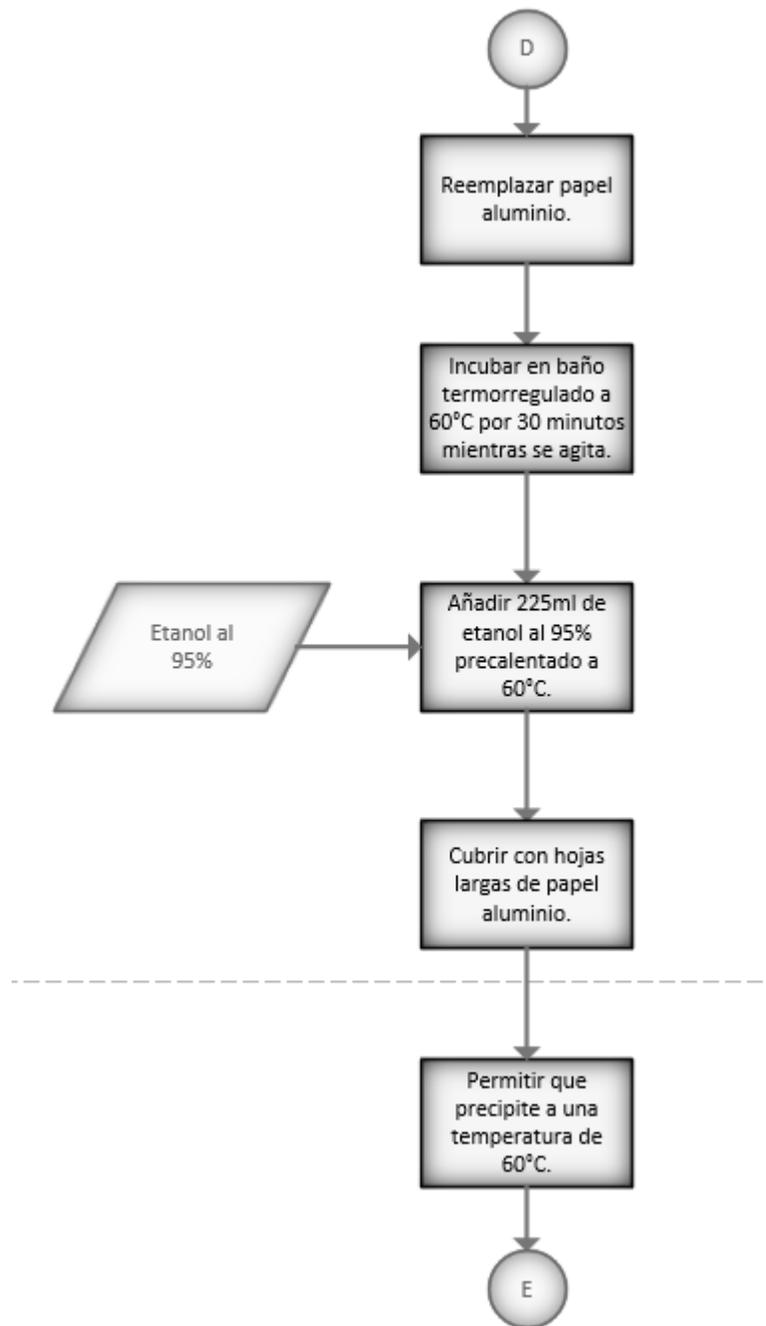
Continuación figura 3.



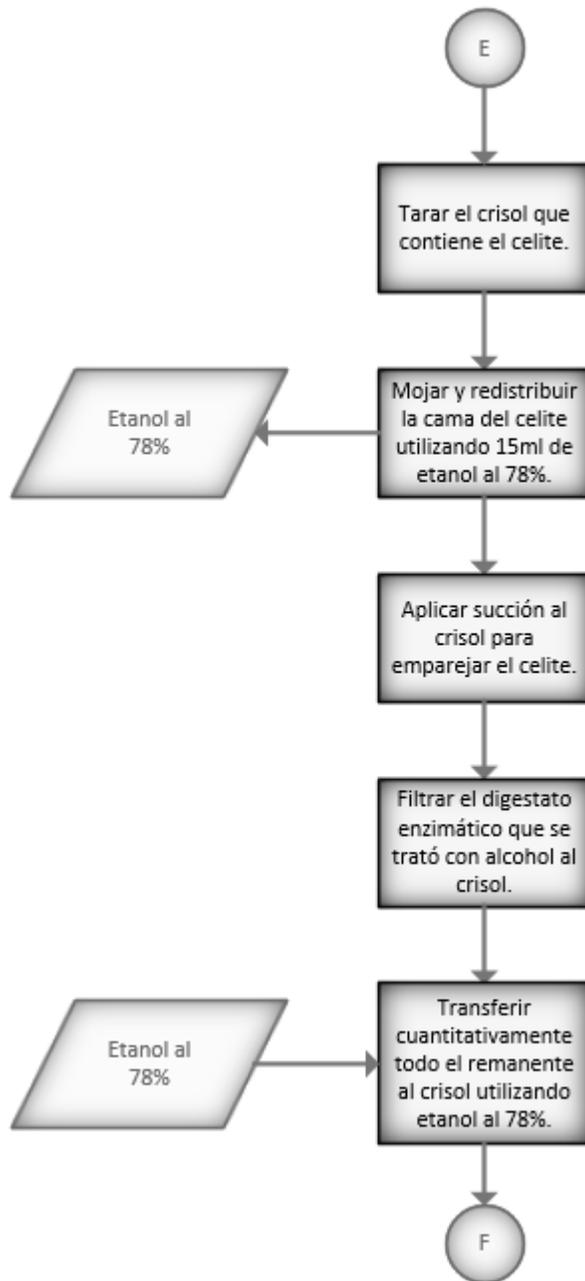
Continuación figura 3.



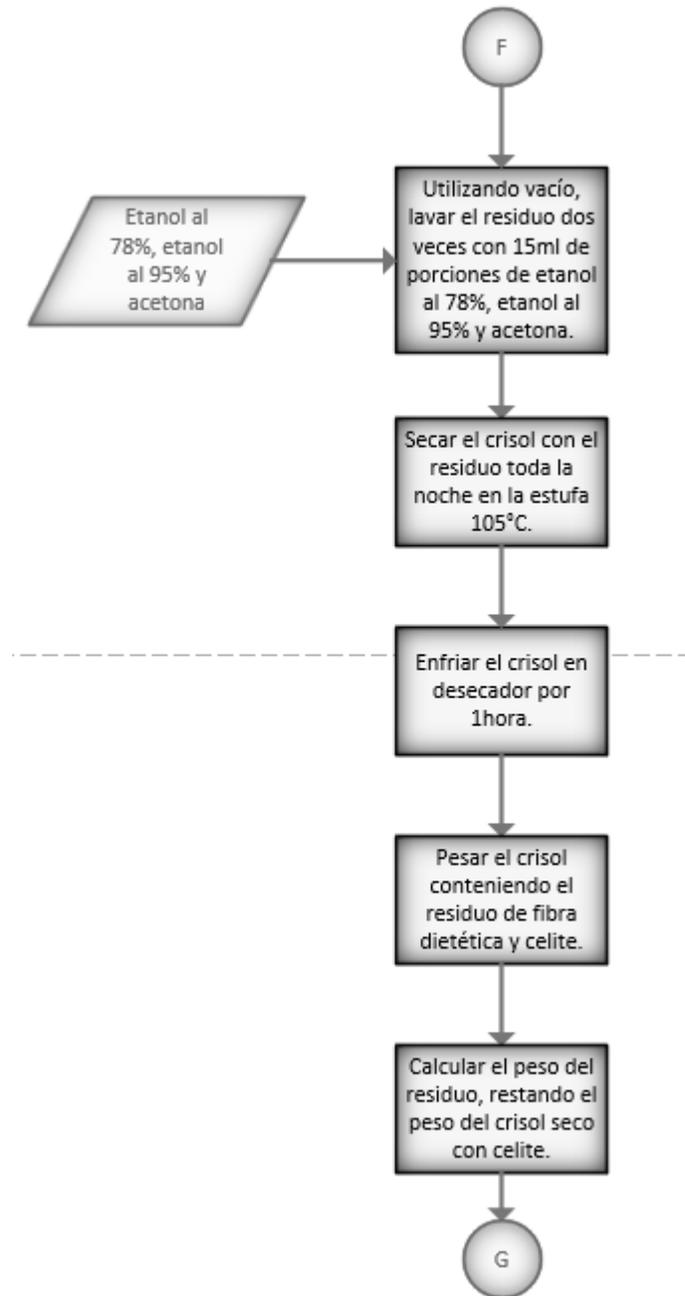
Continuación figura 3.



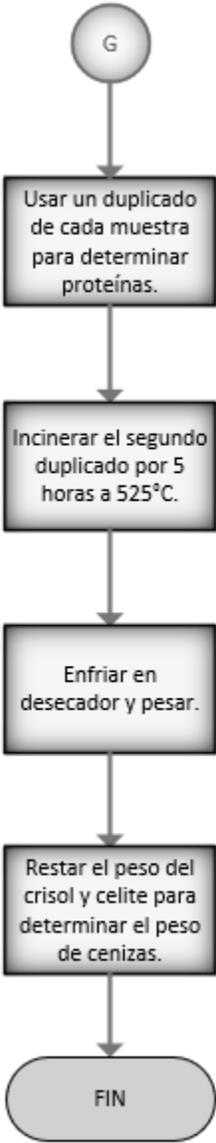
Continuación figura 3.



Continuación figura 3.



Continuación figura 3.



Fuente: elaboración propia.

3.6.3. Método de Kjeldahl para determinación de proteína

Para la determinación de proteína el proceso se divide en tres fases: digestión, destilación y titulación.

3.6.3.1. Digestión

- Pesar 1 a 2 g de muestra sobre un trozo de papel filtro sin cenizas e introducir papel y muestra en balón de digestión Kjeldahl (evitar que quede muestra adherida al cuello del balón).
- Añadir 15g de sulfato de potasio; 5g de sulfato de cobre pentahidratado y 25ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Colocar el balón en aparato de digestión, calentar la mezcla de digestión a temperatura baja hasta que cese la formación de espuma. Aumentar progresivamente la temperatura de la hornilla.
- La digestión terminará cuando el color de la muestra sea verde-turquesa transparente. Luego continuar calentando durante 1 hora y 30 minutos. La digestión demora aproximadamente 2 horas. Retirar el balón y dejar enfriar.
- Agregar al balón 50ml de agua destilada con mucho cuidado.

3.6.3.2. Destilación

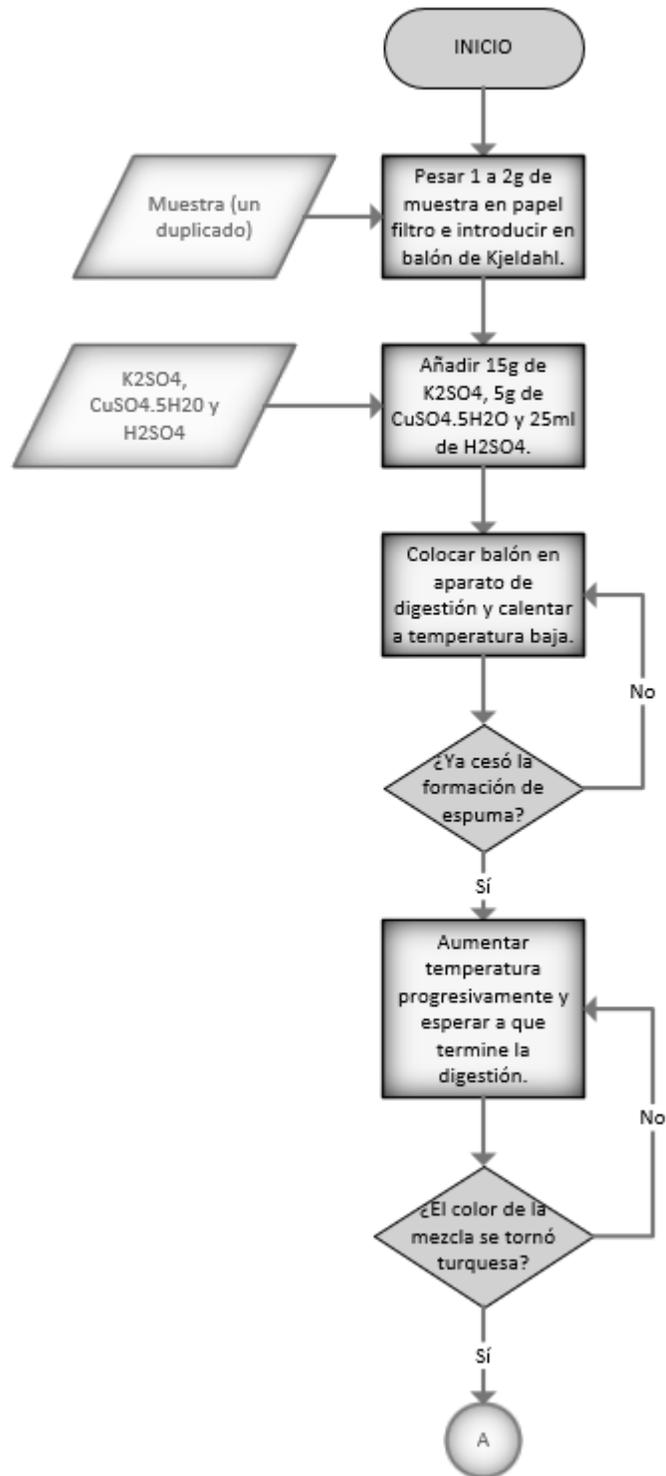
- Preparar un matraz de 500ml, que contenga 50ml de ácido bórico al 4 % (sobre el cual se va a recoger el NH_3 destilado) y 3 a 4 gotas de indicador de Tashiro y colocarlo a la salida del refrigerante cuidando que el extremo de la pipeta colectora quede sumergido en la solución. Abrir la llave de agua de refrigeración del destilador.

- Adicionar 1g aproximadamente de perlas de vidrio al balón que contiene la muestra digerida, luego agregar cuidadosamente 70 a 75ml de NaOH al 33 % por las paredes del balón de manera que las dos capas no se mezclen. En seguida, se conecta el matraz al pico del aparato de destilación. Se calienta el líquido alcalino pasando vapor, hasta que hierva durante 20 minutos, al comienzo poco a poco para reducir la espuma.
- El volumen recogido de destilado deberá ser por lo menos 150ml.

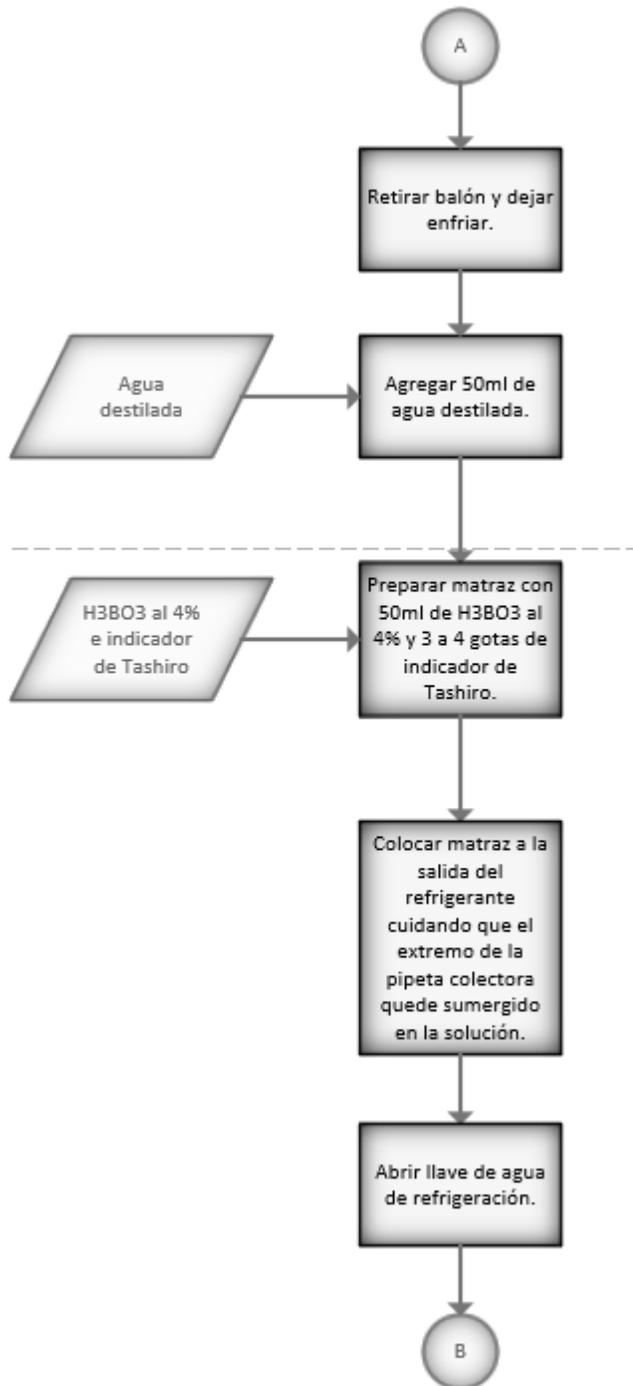
3.6.3.3. Titulación

- Titular la muestra con HCl 0,1N. Un color violeta indica el punto final de la titulación. Cada equivalente del HCl usado corresponde a un equivalente de NH_3 o a un equivalente de N en la muestra original. Para convertir el nitrógeno a proteína, se multiplica por un factor de conversión que ya se encuentra tabulado considerando el porcentaje de nitrógeno que contiene la proteína en los alimentos según su naturaleza.

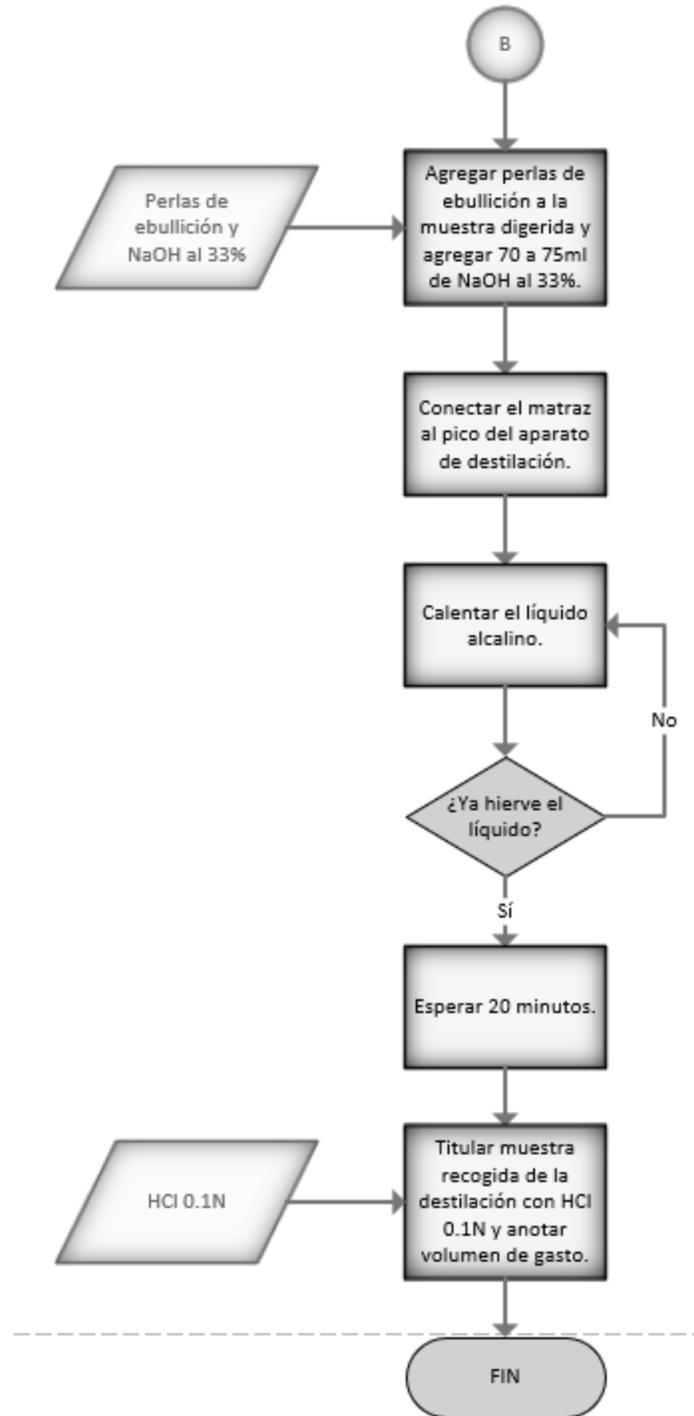
Figura 4. Diagrama de flujo del método de Kjeldahl



Continuación figura 4.



Continuación figura 4.



Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Para el registro de datos, se utilizó una tabla para cada producto alimenticio y se separó para cada método y las tres repeticiones.

Tabla III. **Formato para determinación de fibra dietética en avena**

AVENA	Método AOAC 985,29			Método AOAC 991,43		
	1	2	3	1	2	3
Repetición						
Peso inicial de muestra(g)						
Peso perdido por grasa (g)						
Peso crisol + celite (g)						
Peso proteína (g)						
Peso crisol + celite + residuo (g)						
Peso crisol + celite + cenizas (g)						

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Formato para determinación de fibra dietética en incaparina**

INCAPARINA	Método AOAC 985,29			Método AOAC 991,43		
	1	2	3	1	2	3
Repetición						
Peso inicial de muestra(g)						
Peso perdido por grasa (g)						
Peso crisol + celite (g)						
Peso proteína (g)						
Peso crisol + celite + residuo (g)						
Peso crisol + celite + cenizas (g)						

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Formato para determinación de fibra dietética en quinoa**

QUINOA	Método AOAC 985,29			Método AOAC 991,43		
	1	2	3	1	2	3
Repetición						
Peso inicial de muestra(g)						
Peso perdido por grasa (g)						
Peso crisol + celite (g)						
Peso proteína (g)						
Peso crisol + celite + residuo (g)						
Peso crisol + celite + cenizas (g)						

Fuente: elaboración propia.

3.8. Metodología de cálculo y análisis estadístico

Para el análisis estadístico de datos se utilizaron las siguientes ecuaciones y métodos:

3.8.1. Contenido de proteína

El contenido de proteína se obtiene con el concepto que cada equivalente del HCl usado corresponde a un equivalente de NH₃ o a un equivalente de N en la muestra original.

$$P_P = V_{HCl} * N_{HCl} * P_{atm,N} * F \quad [1][ref. 1]$$

Donde:

P_P Peso de proteína (g)

V_{HCl} Volumen de ácido clorhídrico (ml)

N_{HCl} Normalidad de ácido clorhídrico (m.e.q/ml)

$P_{atm,N}$ Peso atómico del nitrógeno (g/m.e.q)

F Factor de conversión (6,25)

3.8.2. Porcentaje de fibra dietética total

El porcentaje de fibra dietética se obtiene restándole el peso de la proteína y de las cenizas al peso del residuo.

$$FDT = \frac{P_R - P_P - P_C}{P_m} * 100 \quad [2][ref. 1]$$

Donde:

FDT Porcentaje de fibra dietética total (%)

P_R Peso de residuo (g)

P_P Peso de proteína (g)

P_C Peso de cenizas (g)

P_m Peso de muestra original (g)

3.8.3. Media

La siguiente ecuación indica el promedio de una medición. Indica el valor alrededor del cual se agrupan los datos, dando una idea de cómo están centrados los datos y proporciona mayor facilidad para realizar comparaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad [3][ref. 2]$$

Donde:

\bar{X} Media de los datos

$\sum X_i$ Sumatoria de valores

n Número de datos

3.8.4. Desviación estándar

Es una medida de dispersión, indica cuánto pueden alejarse los valores respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad [4][ref.2]$$

Donde:

- σ Desviación estándar
- \bar{X} Media de los datos
- X_i Valor individual de cada dato
- n Número de datos

3.8.5. Coeficiente de variación

Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

$$Cv = \frac{\sigma}{|\bar{X}|} * 100 \quad [5][ref.2]$$

Donde:

- Cv Coeficiente de variación
- σ Desviación estándar
- \bar{X} Media de los datos

3.8.6. Recuperación

Es la cercanía del valor analítico al valor verdadero o teórico de la propiedad de interés que se mide.

$$R = \frac{\bar{X}}{\hat{X}} * 100 \quad [6][ref.2]$$

Donde:

R Recuperación (%)

\bar{X} Media de los datos

\hat{X} Valor teórico

4. RESULTADOS

Tabla VI. **Contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa**

Producto alimenticio	Método AOAC 985,29	Método AOAC 991,43
Avena	10,303 %	10,103 %
Incaparina	11,068 %	10,778 %
Quinoa	14,127 %	13,540 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Desviación estándar del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa**

Producto alimenticio	Método AOAC 985,29	Método AOAC 991,43
Avena	0,155	0,154
Incaparina	0,125	0,143
Quinoa	0,242	0,340

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Coeficiente de variación del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa**

Producto alimenticio	Método AOAC 985,29	Método AOAC 991,43
Avena	1,506 %	1,521 %
Incaparina	1,131 %	1,324 %
Quinoa	1,715 %	2,510 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Recuperación del contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa**

Producto alimenticio	Método AOAC 985,29	Método AOAC 991,43
Avena	103,030 %	101,033 %
Incaparina	103,730 %	101,009 %
Quinoa	105,423 %	101,045 %

Fuente: elaboración propia

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Este trabajo de graduación consistió en determinar el contenido de fibra dietética en avena, incaparina y quinoa, los cuales han sido productos alimenticios de consumo regular en Guatemala, mediante dos métodos de tipo enzimático-gravimétrico, los cuales son AOAC 985,29 y AOAC 991,43, ambos sencillos y no requieren de alto capital, contrariamente a los métodos tipo GLC o HPLC. El propósito fue comparar los tres alimentos para implementarlos en las formulaciones de la industria alimenticia y comparar ambos métodos para observar cuál brinda resultados más exactos.

Dicho estudio se realizó digiriendo enzimáticamente las muestras en duplicado para remover el almidón, luego precipitando la fibra dietética soluble mediante la adición de etanol y, por último, determinando en un duplicado la proteína por el método de Kjeldahl y determinando cenizas en el otro, adjudicando el remanente a la fibra dietética. Se realizaron tres repeticiones para cada muestra, utilizando ambos métodos, con el objetivo de evaluar su exactitud y reproducibilidad.

Para ambos métodos, se empezó moliendo las muestras y luego, homogeneizándolas con un tamiz. Debido a que tanto, la avena, la incaparina y la quinoa tienen un porcentaje de grasa menor al 10 % según datos bibliográficos, no se les extrajo y no se anotó una pérdida de peso por remoción de grasa. En el siguiente paso de agregación de buffer difieren los métodos, ya que el resto de procedimiento es esencialmente el mismo. Para el método AOAC 985,29, se utilizó buffer fosfato, en cambio, para el método AOAC 991,43, se utilizó buffer MES-TRIS, el cual es un buffer orgánico. Una característica de los buffers

orgánicos es que su pH cambia con la temperatura, lo cual representa una ventaja, ya que al incubar las muestras con el buffer y la solución de α -amilasa hasta llegar a los 95°C aproximadamente, se logra el incremento de pH necesario antes de añadir la proteasa, lo cual evita el ajuste de pH con la solución de hidróxido de sodio que se requiere en el método AOAC 985,29. Luego de la digestión proteica con la proteasa, se descompuso el almidón restante con amiloglucosidasa. Para descartar la fibra soluble, se precipitó con la adición de etanol a la solución. Posteriormente, en un duplicado se procedió a calcinar el residuo para eliminar la materia orgánica y en el otro se realizó el análisis de Kjeldahl para cuantificar la proteína. Restándole la proteína y las cenizas al peso del residuo, se obtuvo el contenido de fibra dietética total y calculando el cociente con el peso de la muestra original se obtuvo el resultado porcentual, haciendo posible la comparación con los datos teóricos.

En la tabla V, se observan los resultados obtenidos de los porcentajes de fibra dietética total para la avena, incaparina y quinoa, utilizando los dos métodos. Para la quinoa se obtuvo el porcentaje más alto con 14,127 % utilizando el método AOAC 985,29 y 13,540 % con el AOAC 991,43, superando de esta manera, a la avena y la incaparina. Luego, fue la incaparina la que obtuvo el porcentaje más alto con 11,068 % utilizando el método AOAC 985,29 y 10,778 % con el AOAC 991,43, que se puede atribuir a la harina de soya que está incluida en su fórmula y que contiene la mayor parte de la fibra que la incaparina aporta. Finalmente, el producto alimenticio con menor contenido de fibra fue la avena con 10,303 % utilizando el método AOAC 985,29 y 10,103 % con el AOAC 991,43, que tiene una composición nutricional basada en hidratos de carbono, pero no tan rica como la de la incaparina y la quinoa. Como se puede evidenciar, no hay mucha discrepancia entre los resultados de un método y el otro, debido a la similitud de ambos y que su fundamento es el mismo.

En la tabla VI, se encuentran tabulados los valores de desviación estándar calculados para cada valor de fibra dietética. Para la avena, se obtuvo 0,155 y 0,154, con el método AOAC 985,29 y el AOAC 991,43, respectivamente, Para la incaparina, se obtuvo 0,125 y 0,143 y para la quinoa se obtuvo 0,242 y 0,340. Esto nos indica la medida con que los valores se acercaron a la media y debido a que se obtuvieron desviaciones pequeñas, se puede decir que no hubo mucha variabilidad, que los métodos son precisos y también se ha verificado su reproducibilidad.

En la tabla VII, se pueden observar los coeficientes de variación porcentuales para cada valor de fibra dietética. Para la avena, se obtuvo 1,506 % y 1,521 %, con el método AOAC 985,29 y el AOAC 991,43, respectivamente. Para la Incaparina, se obtuvo 1,131 % y 1,324 % y para la quinoa se obtuvo 1,715 % y 2,510 %. El coeficiente de variación también es una medida de dispersión, así que se interpreta de la misma manera que la desviación estándar. De nuevo, se demuestra con coeficientes de variación de pequeña magnitud que la dispersión de datos es baja y que los métodos empleados brindan resultados precisos y similares al repetir el mismo procedimiento.

En la tabla VIII, se observan los datos de recuperación que se obtuvo para cada producto alimenticio con cada método. Con la avena, se obtuvo valores de 103,033 % y 101,033 %, con el método AOAC 985,29 y el método AOAC 991,43, respectivamente. Con la incaparina, se obtuvo valores de 103,730 % y 101,009 %. Con la quinoa, se obtuvo valores de 105,423 % y 101,045 %. Se puede ver que con ambos métodos los datos de recuperación difieren del 100 %, lo cual se puede atribuir a pérdidas por interacciones químicas entre los constituyentes o volatilización en el análisis de cenizas, lo que ocasionó valores menores de proteína y cenizas que al restárselos al peso del residuo, produjo valores mayores de fibra dietética. Sin embargo, esto indica un grado aceptable

de exactitud para ambos métodos porque cumplen con el requerimiento mínimo de calidad analítica que es de 85 % a 115 % de exactitud mínima. Ya que con el método AOAC 991,43 se obtuvieron resultados más cercanos a los datos teóricos y, por ende, los porcentajes de recuperación fueron más cercanos al 100 %, se concluye que el método AOAC 991,43 es más exacto que el método AOAC 985,29.

CONCLUSIONES

1. La avena tiene un porcentaje de fibra dietética total de 10,303 % determinado con el método AOAC 985,29 y 10,103 %, con el método AOAC 991,43, siendo el producto alimenticio con menor contenido de los tres estudiados por no tener la misma riqueza nutricional que la incaparina y la quinoa.
2. La incaparina tiene un porcentaje de fibra dietética total de 11,068 % determinado con el método AOAC 985,29 y 10,778 %, con el método AOAC 991,43, siendo el producto alimenticio con mayor contenido de fibra después de la quinoa, debido a la inclusión de harina de soya en su formulación.
3. La quinoa es el producto alimenticio con mayor contenido de fibra dietética total de los tres alimentos estudiados con un 14,127 % mediante el método AOAC 985,29 y 13,540 % con el método AOAC 991,43.
4. El método para la determinación de fibra dietética total de tipo enzimático-gravimétrico más exacto es el AOAC 991,43, debido a que el porcentaje de recuperación fue más cercano al 100 % para los tres alimentos, es decir el valor experimental de fibra dietética total se acercó más al valor teórico para los tres productos alimenticios utilizando dicho método.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el mismo estudio comparativo utilizando métodos de tipo enzimático químico para evaluar su exactitud en la determinación de fibra dietética y compararlos con los métodos de tipo enzimático gravimétrico.
2. Realizar un estudio de composición proximal y comparar con los resultados obtenidos para verificar la efectividad de los métodos utilizados.
3. Realizar la determinación de fibra soluble e insoluble para comprobar que su suma es el contenido de fibra dietética total.
4. Implementar la quinoa en las formulaciones a nivel industrial aprovechando su mayor contenido de fibra dietética total.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, H. *Determinación de fibra en los alimentos*. [en línea]. <sgpwe.izt.uam.mx/pages/cbs/lyanez/analisis/material_adicional/fibranotas.as.ppt> [Consulta: septiembre 2017].
2. BAENA, L. y GARCÍA, N. *Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de una industria chocolatera colombiana*. [en línea]. <<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3451>> [Consulta: mayo 2018].
3. GREY, J. *Fibra dietética: Definición, Análisis, Fisiología y Salud*. Instituto ILSI Europe. 2006. pp 213-215.
4. GROSSI, G. *Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo Pleurotus Ostreatus*. Universidad de Río Negro. 2012. pp 201-206.
5. PAK, N. *Análisis de fibra dietética*. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s18.htm>> [Consulta: octubre 2017].
6. RODRÍGUEZ, M. *Tratado de nutrición*. Universidad de Barcelona. 1999. pp 110-114.

- 7.SAFFORD, A. *Analysis of Dietary Fibre.* [en línea].
<http://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_nifl/files/Total_dietary_fibre.pdf> [Consulta: mayo 2018].

- 8.SÁNCHEZ, P. *Diferencias entre la fibra soluble e insoluble.* [en línea].
<<https://www.vitonica.com/alimentos/diferencias-entre-la-fibra-soluble-e-insoluble>> [Consulta: febrero 2018].

- 9.VALENCIA, M. *Enzimas digestivas.* [en línea].
<file:///C:/Users/juank/Downloads/enzimasdigestivas_160901.pdf>
[Consulta: octubre 2017].

- 10.VÉLIZ, L. *Procedimiento para determinar fibra dietética total.* [en línea].
<http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf> [Consulta: abril 2018].

- 11.YOUNG, S. *Total Dietary Fiber.* [en línea].
<https://secure.megazyme.com/files/booklet/k-tdfr_data.pdf> [Consulta: junio 2018].

APÉNDICES

Apéndice 1. Valores teóricos de fibra dietética total para alimentos estudiados

Apéndice 1a. Contenido teórico de fibra dietética total en la avena

Gacha de avena



Cereal para desayuno

Las gachas de avena son una papilla elaborada con avena cocida en agua o leche consumida a menudo como desayuno en los países anglosajones. [Wikipedia](#)

Información nutricional

Avena instantánea Quaker

Cantidad por 100 gramos

Calorías 367

Grasas totales 6 g

Ácidos grasos saturados 1.1 g

Ácidos grasos poliinsaturados 2.3 g

Ácidos grasos monoinsaturados 2 g

Ácidos grasos trans 0 g

Colesterol 0 mg

Sodio 4 mg

Potasio 350 mg

Hidratos de carbono 67 g

Fibra alimentaria 10 g

Azúcares 1 g

Proteínas 16 g

Vitamina A 0 IU Vitamina C 0 mg

Calcio 52 mg Hierro 4.2 mg

Vitamina D 0% Vitamina B6 0.1 mg

Fuente: USDA Food Composition Databases.

Apéndice 1b. Contenido teórico de fibra dietética total en la incaparina

Información Nutricional	
Tamaño por Porción 18.75g (1 cda harina)	
Porciones por Paquete 24	
Cantidad Por Porción	
Energía 300 kJ (70 kcal)	
Energía de Grasa 50 kJ (10 kcal)	
% VRN*	
Grasa Total	1g
Grasa Saturada	0 g
Colesterol	0mg
Sodio	0mg
Carbohidratos	12g
Azúcares	0g
Fibra Dietética	2g
Proteína	4g 8%
Vitamina A	4%
Vitamina B ₁	20%
Vitamina B ₂	20%
Vitamina B ₁₂	20%
Vitamina D	20%
Ácido Fólico	20%
Niacina	20%
Hierro	20%
Zinc	20%
Calcio	20%

* Valor de referencia del nutriente de acuerdo a FAO/OMS Codex alimentarius.

Ingredientes: Harina de maíz, harina de soya, vitaminas y minerales (carbonato de calcio, glicinato ferrico, zinc aminoquelado, niacinamida, maltodextrina, vitamina A, vitamina D3, riboflavina, mononitrato de tiamina, cianocobalamina, ácido fólico) y BHA (antioxidante).
CONTIENE SOYA.

Fuente: etiqueta nutricional de Incaparina.

Apéndice 1c. Contenido teórico de fibra dietética total en la quinoa

Ruales and Nair (1994) determined the contents of dietary fiber in raw and processed quinoa samples. They found 13.4% of total dietary fiber for raw quinoa. This value is comparable to our values for Blanca de Juli and Sajama varieties. The content of total dietary fiber was decreased only in cooked quinoa, while in autoclaved and drum-dried samples it remained the same. Some soluble fiber was lost during cooking, and in autoclaved samples, it was lost probably due to depolymerization of fiber components.

Fuente: Ruales, J. and Nair, B.M. (1994) Properties of Starch and Dietary Fibre in Raw and Processed Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 45, 223-246.

Apéndice 2. Datos originales

Apéndice 2a. Datos para determinación de fibra dietética en avena

AVENA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Repetición</i>						
Peso inicial de muestra(g)	1,013	1,000	1,030	1,000	1,022	1,020
Peso perdido por grasa (g)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Peso crisol + celite (g)	28,235	28,847	28,649	28,942	28,583	28,242
Peso proteína (g)	0,142	0,141	0,145	0,139	0,142	0,141
Peso crisol + celite + residuo (g)	28,500	29,107	28,920	29,201	28,844	28,503
Peso crisol + celite + cenizas (g)	28,253	28,865	28,667	28,959	28,600	28,259

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2b. Datos para determinación de fibra dietética en incaparina

INCAPARINA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Repetición</i>						
Peso inicial de muestra(g)	1,000	1,041	1,021	1,050	1,032	1,007
Peso perdido por grasa (g)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Peso crisol + celite (g)	28,935	28,439	28,454	28,506	28,935	28,756
Peso proteína (g)	0,214	0,223	0,219	0,224	0,220	0,215
Peso crisol + celite + residuo (g)	29,284	28,799	28,808	28,863	29,289	29,102
Peso crisol + celite + cenizas (g)	28,957	28,462	28,476	28,529	28,957	28,778

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2c. Datos para determinación de fibra dietética en quinoa

QUINOA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
<i>Repetición</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso inicial de muestra(g)	1,087	1,101	1,000	1,020	1,025	1,034
Peso perdido por grasa (g)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Peso crisol + celite (g)	28,385	28,043	28,642	28,546	28,439	28,549
Peso proteína (g)	0,268	0,271	0,246	0,243	0,244	0,246
Peso crisol + celite + residuo (g)	28,860	28,518	29,078	28,966	28,860	28,982
Peso crisol + celite + cenizas (g)	28,437	28,095	28,690	28,587	28,480	28,591

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cálculo de fibra dietética total

Apéndice 3a. Cálculo de fibra dietética total en avena

AVENA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
Peso residuo (g)	0,265	0,260	0,271	0,259	0,261	0,261
Peso proteína (g)	0,142	0,141	0,145	0,139	0,142	0,141
Peso cenizas (g)	0,0180	0,0178	0,0183	0,0169	0,0173	0,0172
Fibra dietética (%)	10,310	10,110	10,490	10,320	10,010	9,980

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3b. Cálculo de fibra dietética total en incaparina

INCAPARINA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
Peso residuo (g)	0,349	0,36	0,354	0,357	0,354	0,346
Peso proteína (g)	0,214	0,223	0,219	0,224	0,220	0,215
Peso cenizas (g)	0,0220	0,0229	0,0225	0,0226	0,0222	0,0217
Fibra dietética (%)	11,239	10,943	11,022	10,576	10,874	10,883

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3c. Cálculo de fibra dietética total en quinoa

QUINOA	Método AOAC 985.29			Método AOAC 991.43		
Peso residuo (g)	0,475	0,475	0,436	0,420	0,421	0,433
Peso proteína (g)	0,268	0,271	0,246	0,243	0,244	0,246
Peso cenizas (g)	0,0516	0,0523	0,0475	0,0410	0,0412	0,0416
Fibra dietética (%)	14,350	13,790	14,240	13,320	13,280	14,020

Fuente: elaboración propia.