



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y
DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN
FRIJOL AYOCOTE (*PHASEOLUS COCCINEUS*)
COMPARADO CON FRIJOL ORGÁNICO.”

PRESENTA:

HESROM SUÁREZ BRUNO

CON NÚMERO DE CONTROL

17TE0344

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

IIAL-2010-219

DIRECTOR (A) DE TESIS:

ING. MARLEN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, 23 DE SEPTIEMBRE 2022



Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a toda la división de la carrera de ingeniería en industrias alimentarias de esta casa de estudios, quienes han contribuido de manera satisfactoria en mi formación como profesional.

Agradezco a mi asesora, la ingeniera Marlen Hernández Hernández, por brindarme su apoyo, dedicación y tiempo, así como por su orientación y conocimientos para llevar a cabo el desenlace de mi proyecto.

A mis amigos y compañeros de la institución, de quienes he adquirido aprendizajes muy valiosos, que, estoy seguro, me han enriquecido como persona.

Y en especial, agradezco infinitamente el apoyo de mi familia, sin ellos este logro no sería posible, han sido una pieza fundamental en mi vida y en esto no ha sido la excepción.

Resumen

México es un país con gran diversidad y producción de alimentos, principalmente en el sector agropecuario. Las leguminosas destinan cerca de 1.93 millones de hectáreas para su cultivo, que corresponden a frijol (91.7 %), garbanzo (6.4 %), haba (1.4 %), lenteja (0.4 %) y chícharo (0.1 %).

Dentro del país, existen alrededor de 150 especies del género *Phaseolus*, de las cuales pocas han sido estudiadas y utilizadas como fuente de alimento. El frijol ayocote (*P. coccineus*) es ampliamente distribuido en el territorio mexicano y a pesar de ello, no ha sido lo suficientemente apreciado en el área de la investigación.

Por tal motivo, en el presente trabajo se llevó a cabo la comparación de dos variedades de frijol, por un lado, frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*) y por el otro, frijol orgánico. Se estudiaron las propiedades fisicoquímicas y a partir de ello se determinaron los compuestos bioactivos en ambas especies, con la intención de identificar aquella que posee mejor composición nutricional.

Dentro de los análisis efectuados, para el frijol ayocote, se obtuvo un promedio de 17.40 % de porcentaje de humedad, 3.625 % de cenizas totales, 15.22 % en extracto etéreo, 58.01 % de fibra cruda y 31.03 mg/kg en contenido de antocianinas. Con respecto al frijol orgánico, los datos obtenidos fueron 7.036 % en porcentaje de humedad, 5.34 % de cenizas totales, 1.27 % de extracto etéreo, 57.42 % de fibra cruda y 1.93 mg/kg en contenido de antocianinas.

Los resultados obtenidos revelan un alto potencial para un mejor aprovechamiento del género *Phaseolus coccineus* como una fuente prometedora de compuestos bioactivos, por su parte, el frijol orgánico puede resultar como una alternativa de consumo que contiene un porcentaje menor de grasa y un mayor porcentaje de fibra.

Palabras clave: Análisis, propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos, frijol ayocote, frijol orgánico.

Abstract

Mexico is a country with great diversity and food production, mainly in the agricultural sector. Legumes allocate about 1.93 million hectares for cultivation, corresponding to beans (91.7 %), chickpeas (6.4 %), broad beans (1.4 %), lentils (0.4 %) and peas (0.1 %).

Within the country, there are about 150 species of the genus *Phaseolus*, of which few have been studied and used as a source of food. The ayocote bean (*P. coccineus*) is widely distributed in the Mexican territory and despite this, it has not been sufficiently appreciated in the research area.

For this reason, in the present work the comparison of two bean varieties was carried out, on the one hand, ayocote bean (*Phaseolus coccineus*) and on the other, organic bean. The physicochemical properties were studied and from this the bioactive compounds were determined in both species, with the intention of identifying who has a better nutritional composition.

Within the analyzes carried out, for the ayocote bean, an average of 17.40 % moisture percentage, 3.625 % total ashes, 15.22 % ether extract, 58.01 % crude fiber and 31 0.03 mg/kg in anthocyanin content. With respect to organic beans, the data obtained were 7.03 % in percentage of humidity, 5.34 % of total ashes, 1.27 % of ethereal extract, 57.42 % of crude fiber and 1.93 mg/kg in anthocyanin content.

The results obtained reveal a high potential for a better use of the genus *Phaseolus coccineus* as a promising source of bioactive compounds, meanwhile, the organic bean can be an alternative consumption that contains a lower percentage of fat and a higher percentage of fiber.

Keywords: Analysis, physicochemical properties, bioactive compounds, ayocote bean, organic bean.

Introducción

En los últimos años, ha aumentado la ingesta de alimentos de origen vegetal, lo que deriva de ellos una proporción importante de la energía alimentaria y contribuye significativamente a la nutrición humana (FAO, 2014). Históricamente, las leguminosas han formado parte importante de la alimentación, valoradas por su sabor, propiedades nutricionales, costo y disponibilidad.

Uno de los alimentos de origen vegetal más prevalentes en el mundo es el frijol común o *Phaseolus vulgaris* L., que pertenece al género *Phaseolus* y está compuesto por unas 150-200 especies conocidas (Rodríguez-Rivera & Simón-Magro, 2008). Además de ser de bajo costo y de fácil acceso, es una fuente importante de proteínas, minerales, vitaminas, fibra, calorías y compuestos bioactivos (Gúzman-Rivera et al., 2002; Suárez-Martínez et. al., 2016). Así mismo, dentro de sus actividades biológicas, destaca su capacidad antioxidante, la reducción de colesterol y su efecto protector ante enfermedades crónico-degenerativas (Duarte-Martino et. al., 2012).

México es centro de diversidad del frijol. En el país se reportan 70 especies de 150 existentes a nivel mundial, siendo así, un alimento principal en la dieta básica de los mexicanos. Actualmente se ha enfrentado a modificaciones considerables ante una sociedad inestable, que se va habituando a otros estilos de alimentación, producto de la urbanización, la migración y el empleo (Lara-Flores, 2015); así como, el cambio de una economía cerrada a una economía abierta, lo cual está generando presión en las diferentes etapas de la cadena de producción, comercialización y consumo (Allende-Arrarás et. al, 2006).

En estudios previos, se han estudiado los estándares de calidad de distintas variedades de frijol. Una de ellas, es la del género *Phaseolus coccineus*, también conocido en México como ayocote, patol o patola. Se cultiva en regiones templado húmedas o templado semiáridas, a 1300 y 2650 metros de altitud, principalmente en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y San Luis

Potosí (Cárdenas-Ramos et. al., 1996); también se han registrado cultivos en Chihuahua, Durango y Jalisco (Lépiz-Idelfonso, 2018)

De acuerdo con el SIAP (2017), durante los años 2013-2016, el estado de Puebla produjo en promedio 2256 t anuales en 2590 ha, 250 ha de riego y el resto de temporal. En la entidad, los dos Distritos de Desarrollo Rural (DDR) donde se concentra el cultivo de ayocote son el DDR 04 de Libres y el DDR 07 de Tecamachalco, con el 6.6 y 93.3 % de la superficie sembrada y el 5.7 y 94.3 % de la producción estatal, respectivamente (SIAP, 2017)

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*) es considerado como una de las leguminosas de importancia agronómica y alimenticia, principalmente por su composición química rica en proteínas, almidones y compuestos con una alta actividad biológica como: fibra dietética, oligosacáridos, compuestos minerales y vitaminas (Watson, 1987).

Actualmente, el ayocote se utiliza como alimento humano en estado inmaduro o seco, es una especie adaptada a ambientes variados, mostrando diversidad genética alta debido a su porcentaje de cruzamiento natural y por ello requiere un manejo diferente al del frijol común, lo que dificulta la pureza de las variedades nativas. La especie representa una opción productiva en diferentes regiones de México y las clases comerciales de grano que más predominan son las de grano grande con tonalidades negras, blancas y moradas.

Pese a diversas investigaciones y la información existente acerca de la calidad nutricional en diversas variedades de frijol que se consumen a nivel mundial, el género *P. coccineus* se ha estudiado con menor frecuencia, por lo que el objetivo del trabajo fue determinar las características nutricionales mediante la caracterización fisicoquímica y la identificación de compuestos bioactivos del frijol ayocote con la intención de resaltar sus beneficios para la salud y al mismo tiempo se espera que se contribuya a una promoción más amplia de su consumo como cultivo alimentario funcional y como nuevo ingrediente en la dieta.

Índice

Índice de figuras	ix
Índice de tablas	x
Abreviaturas	xi
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Descripción de la empresa u organización.....	2
1.1.1 Antecedentes históricos de la empresa u organización.....	2
1.1.2 Misión.....	4
1.1.3 Visión.....	5
1.1.4 Valores.....	5
1.1.5 Datos de contacto	5
1.1.6 Macro localización.....	6
1.2 Descripción del proyecto.....	6
1.2.1 Descripción y periodos de realización.....	6
1.2.2 Problemática	7
1.2.3 Objetivo general	7
1.2.4 Objetivos específicos.....	7
1.2.5 Justificación	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 El género <i>Phaseolus</i>	10
2.1.1 Origen y especies a nivel mundial	10
2.1.2 La importancia en la nutrición del género <i>Phaseolus</i>	11
2.2 Frijol ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i> L.)	12
2.2.1 Origen.....	12
2.2.2 Descripción botánica.....	12
2.2.3 Taxonomía.....	14
2.2.4 Importancia de su composición química.....	14
2.2.5 Características de cultivo	15
2.2.6 Condiciones óptimas de desarrollo.....	15
2.2.7 Alternativas de productos en el mercado.....	16
2.3 Análisis proximales.....	16
2.3.1 Humedad.....	17

2.3.2	Cenizas.....	17
2.3.3	Grasa.....	17
2.3.4	Fibra cruda.....	17
2.3.5	Proteína	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		19
3.1	Hipótesis.....	20
3.2	Muestreo	20
3.3	Análisis fisicoquímicos.....	20
3.3.1	Determinación de humedad	20
3.3.2	Determinación de cenizas	21
3.3.3	Determinación de extracto etéreo.....	23
3.3.4	Determinación de fibra cruda	25
3.3.5	Determinación de proteína	28
3.3.6	Determinación de antocianinas	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		34
4.1	Resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en frijol ayocote	35
4.1.1	Resultados de determinación de humedad	35
4.1.2	Resultado de determinación de cenizas	36
4.1.3	Resultado de determinación de extracto etéreo	37
4.1.4	Resultado de determinación de fibra cruda.....	39
4.1.5	Resultado de determinación proteína	40
4.1.6	Resultado de determinación de antocianinas.....	41
4.2	Resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en frijol orgánico	42
4.2.1	Resultado de determinación de humedad.....	42
4.2.2	Resultados de determinación de cenizas	43
4.2.3	Resultado determinación de extracto etéreo	45
4.2.4	Resultado determinación de fibra cruda.....	46
4.2.5	Resultado determinación de proteína	47
4.2.6	Resultado determinación de antocianinas.....	48
4.3	Resultados finales de frijol ayocote y frijol orgánico	49
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
5.1	Conclusiones.....	51
5.2	Recomendaciones	51

CAPÍTULO VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	52
6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas	53
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....	54
CAPÍTULO VIII. ANEXOS.....	59

Índice de figuras

Figura 1.1 Macro localización del ITST	6
Figura 2.1 Ubicación geográfica de los principales hallazgos del género <i>Phaseolus</i>	11
Figura 2.2 Tamaño de la semilla de frijol ayocote.....	13
Figura 2.3 Frijoles ayocote enlatados.....	16
Figura 4.1 Determinación de humedad (frijol ayocote)	35
Figura 4.2 Determinación de cenizas (frijol ayocote).....	36
Figura 4.3 Determinación de extracto etéreo (frijol ayocote)	38
Figura 4.4 Determinación de fibra cruda (frijol ayocote).....	39
Figura 4.5 Determinación de proteína (frijol ayocote)	40
Figura 4.6 Determinación de antocianinas (frijol ayocote).....	41
Figura 4.7 Determinación de humedad (frijol orgánico).....	42
Figura 4.8 Determinación de cenizas (frijol orgánico)	44
Figura 4.9 Determinación de extracto etéreo (frijol orgánico)	45
Figura 4.10 Determinación de fibra cruda (frijol orgánico).....	46
Figura 4.11 Determinación de antocianinas (frijol orgánico).....	48

Índice de tablas

Tabla 2.1 Partes del frijol ayocote.....	13
Tabla 2.2 Taxonomía del frijol ayocote (<i>P. coccineus</i>)	14
Tabla 4.1 Determinación de humedad (frijol ayocote)	35
Tabla 4.2 Determinación de cenizas (frijol ayocote).....	37
Tabla 4.3 Determinación de extracto etéreo (frijol ayocote)	38
Tabla 4.4. Determinación de fibra cruda (frijol ayocote).....	39
Tabla 4.5 índice de absorbancia y contenido de antocianinas (frijol ayocote).....	42
Tabla 4.6 Determinación de humedad (frijol orgánico)	43
Tabla 4.7 Determinación de cenizas (frijol orgánico).....	44
Tabla 4.8 Determinación de extracto etéreo (frijol orgánico)	45
Tabla 4.9 Determinación de fibra cruda (frijol orgánico).....	47
Tabla 4.10 Índice de absorbancia y contenido de antocianinas (frijol orgánico).....	48
Tabla 4.11 Porcentajes finales en frijol ayocote y frijol orgánico	49

Abreviaturas

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

SNICS = Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

SIAP = Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

CONABIO = Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

DDR = Distrito de Desarrollo Rural.

INIFAP = Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

SIIT = Sistema Integrado de Información Taxonómica.

g/Kg = Gramos por kilogramo.

g = Gramo.

kg = Kilogramo.

h = hora.

ml = Mililitro.

M = Molar.

°C = Grado centígrado.

H_2SO_4 = Ácido sulfúrico.

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ = Sulfato de cobre pentahidratado.

NaOH = Hidróxido de sodio.

Na_2SO_4 = Sulfato de sodio.

H_3BO_3 = Ácido bórico.

HCl = Ácido clorhídrico.

Zn = Zinc.

cm^3 = Centímetro cúbico.

N = Normal.

nm = Nanómetro.

cm^{-1} = Centímetro recíproco.

min = Minuto

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Descripción de la empresa u organización

1.1.1 Antecedentes históricos de la empresa u organización

Teziutlán es históricamente un polo de desarrollo económico en la región Nororiental del Estado de Puebla, cuyos fundamentos se fincan, primero, en la industria minera y metalúrgica, posteriormente en la fruticultura y la ganadería, y más recientemente en la industria de la confección de ropa. Como es natural la actividad industrial siempre ha traído aparejado el crecimiento de otras actividades económicas, como son el comercio, el transporte, los servicios financieros y de manera muy especial, la educación.

En 1993, el Gobernador del Estado, Manuel Bartlett Díaz, escuchando la petición popular y la intervención de funcionarios públicos y empresarios interesados, gestionó ante la Secretaría de Educación Pública, dirigida por Ernesto Zedillo Ponce de León, la creación de una Institución de Educación Superior Tecnológica, acción que se vería concretada el 8 de noviembre de 1994 con la publicación del Decreto del Congreso del Estado que expide la ley que crea «Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán», como Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. El primer día del mes de septiembre de 1993 inició actividades el Instituto ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración, siendo el primer Tecnológico Descentralizado del Estado de Puebla, junto con su similar de la Sierra Norte, designándose como primer Director General a José Emilio Guillermo Ortega Balbuena.

El día 22 de abril de 1998 fue nombrado oficialmente el Ing. Alberto Sánchez Serrano como nuevo director del Instituto tecnológico Superior de Teziutlán, iniciando una nueva etapa en la vida de esta institución trayendo consigo cambios sustanciales tales como: Impulso y mejoramiento en el aspecto académico del Instituto.

Mejoramiento a sistemas de control en el área administrativa, realización de gestiones permanentes para la construcción y equipamiento del centro de cómputo, así como de dos edificios más, mejoras en la infraestructura física

(interior y exterior), creación de nuevas carreras, realización de convenios para estudios de posgrado e investigación, proyección del Instituto hacia el sector productivo, industrial y social. En el mes de octubre de 1999 el Instituto tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) tuvo la desgracia de verse afectado con la depresión tropical "IRENE" quedando seriamente dañada la infraestructura con la que contaba esta institución.

Durante el ciclo escolar 2000-2001 el Instituto continuó con su quehacer académico en instalaciones prestadas en el centro de la ciudad de Teziutlán, Puebla, con el mismo entusiasmo que en ciclos anteriores. Mientras se continuaba con el esfuerzo por seguir preparando a las futuras generaciones en otras instituciones facilitadas, al mismo tiempo se realizaron las gestiones pertinentes ante la SEP Federal y la del gobierno del Estado de Puebla, con la finalidad de volver a contar con las instalaciones de Aire Libre, La Mina, Teziutlán, Puebla, completamente rehabilitadas.

Y es así que en el mes de enero del año 2001 alumnos y personal del ITST. Reanudan actividades en estas instalaciones de Aire Libre. El regreso a nuestras instalaciones trajo consigo nuevos retos y nuevas emociones, en un par de años el Instituto incrementó notablemente su infraestructura, equipando sus talleres, laboratorios, centros de cómputo e información, acordes a las necesidades académicas de una educación de calidad.

El Instituto tendría que ser mejor que antes de la tragedia vivida por aquella depresión tropical; y para eso se requería de nuevos objetivos, nuevas metas, pero sobre todo de una nueva mentalidad. Es por ello que el Instituto asume el compromiso de certificarse a través de la Norma ISO 9001-2008 y es en el mes de abril del año 2006 cuando esta casa de estudios recibe orgullosamente y además con distinción, la certificación por parte de la empresa QMI-SAIGLOBAL, quien la certifica como una Institución de Calidad en su proceso de Enseñanza – Aprendizaje.

Poco a poco en el Instituto se va consolidando una nueva filosofía, su deseo de trascender se convierte en una mentalidad ya constante, dando como resultado

que el 1 de Noviembre del 2006, estando al frente de la institución el Mtro. Gustavo Urbano Juárez, se logra la Acreditación de la carrera de Informática por parte del CONAIC, Acreditación del Programa de la Licenciatura en Administración por parte de CACECA (Consejo de acreditación para la Enseñanza de la Contaduría y Administración) en el año 2008, Acreditación del Programa de la Licenciatura en Ingeniería Industrial por parte de CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería) en el año 2009, Acreditación del Programa de la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales por parte del CONAIC (Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación) en el año 2010, Certificación del Sistema de Gestión Ambiental bajo la Norma ISO-14001:2004, por QMI – SAIGLOBAL, Reconocimiento SEP Federal a la Calidad Educativa por lograr el 100% de la matrícula con Programas Acreditados, para el año 2010, Aprobación del Programa de Protección Civil a nivel Estrado, para el período 2010 – 2011.

Para el 30 de agosto de 2018, toma el cargo de la Dirección General la Mtra. Arminda Juárez Arroyo, como consecuencia de lo anterior, y con la finalidad de hacer congruente el desarrollo, integral del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán dentro del proceso educativo, se generó su estructura orgánica que condujo a la expedición de su Reglamento interior.

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una Institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo.

1.1.2 Misión

El instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tiene como Misión, formar profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo

integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

1.1.3 Visión

Llegar a ser la Institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de Enseñanza – Aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del Alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro Estado.

1.1.4 Valores

Integridad: Actuar con rectitud, honestidad, honradez y transparencia, de manera congruente, sin engaños, ni falsedades en la realización de sus funciones.

Compromiso: Cumplir con la sociedad ofreciéndoles profesionales capaces y comprometidos con su región y el Estado para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Creatividad: Mantener una actitud constructiva, considerando la mejora continua y la innovación.

Lealtad. Ajustar su actuación al compromiso personal con los objetivos del ITST, de tal modo que se refleje y fortalezca el conjunto de logros del Instituto.

Actitud de servicio: Fomentar en el alumno el deseo de servir a su comunidad y su identificación plena con el instituto a colaborar en todas y cada una de las actividades programadas, así como la aplicación de las políticas y procedimientos una vez que se integren al sector productivo.

Legalidad: Conocer y cumplir la normativa aplicable a las actividades relativas a su ámbito de competencia.

1.1.5 Datos de contacto

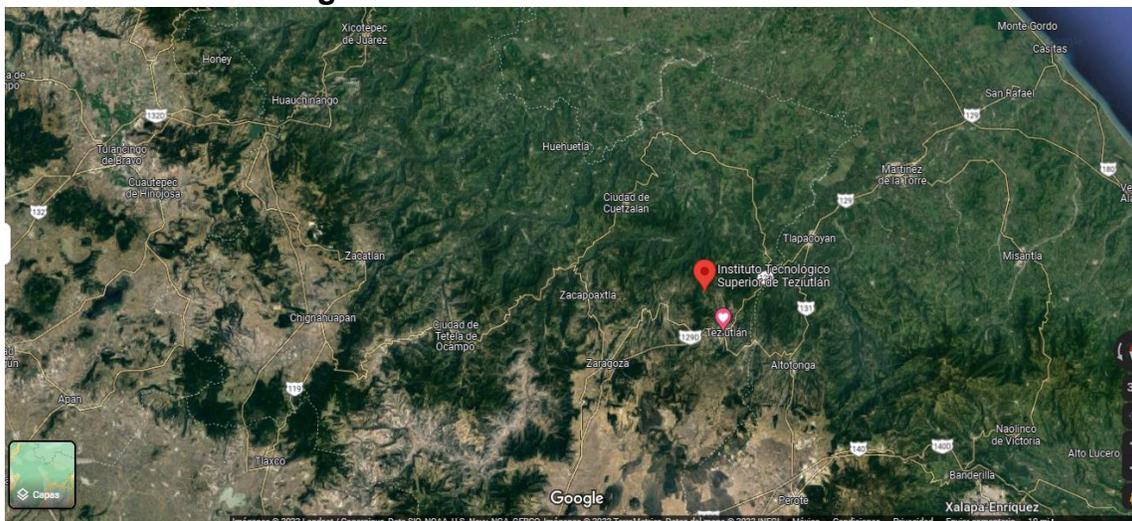
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán con domicilio Fracción I y II S/N, Aire libre Teziutlán, Puebla. Teléfono 231-311-4000.

1.1.6 Macro localización

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán es una institución de educación universitaria superior tecnológica ubicada al Noreste de la ciudad de Teziutlán, municipio correspondiente al estado de Puebla.

Dicho establecimiento, cuenta con la carrera de ingeniería en industrias alimentarias, la cual está ligada con el sector productivo agrícola que se encuentra en constante crecimiento y por ello, existe el interés de nuevos aportes científicos que beneficien o mejoren los productos ya existentes en la región. Por tal razón, los alumnos de esta casa de estudios en conjunto con docentes de la institución, abordan temas de interés acerca de algunos alimentos regionales, dicho esto, surge el presente proyecto llevado a cabo en las instalaciones del ITST.

Figura 1.1 Macro localización del ITST



Fuente: (Google Maps, 2022)

1.2 Descripción del proyecto

1.2.1 Descripción y periodos de realización

El desarrollo del presente proyecto se basó en la caracterización fisicoquímica y la identificación de compuestos bioactivos en frijol ayocote comparado con frijol orgánico, dando inicio el día 01 de marzo con la planificación del mismo y concluyendo el día 23 de mayo del 2022 con la presentación del proyecto de residencia final por escrito. Dado el cambio de proyecto a tesis, el periodo de

tiempo destinado para los análisis faltantes fue del 21 de junio al 20 de agosto y posteriormente, la redacción se realizó del 20 de agosto al 10 de septiembre del año en curso.

1.2.2 Problemática

El consumo per cápita de frijol en México ha disminuido en las últimas décadas debido a la estigmatización de esta leguminosa en la dieta mexicana. Esto no ha sido la excepción en el frijol ayocote, además de que esta variante no es muy apreciada y consumida en nuestro país, salvo en comunidades campesinas ubicadas en zonas marginadas en tierras altas y ocasionalmente es comercializada en mercados locales. Ante la información poco limitada con respecto a este cultivo y realizada hace décadas, se requiere información actualizada sobre el potencial nutricional que puede ofrecer este alimento a la población.

1.2.3 Objetivo general

Caracterizar el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*) mediante análisis fisicoquímicos e identificar compuestos bioactivos, comparado con frijol orgánico.

1.2.4 Objetivos específicos

- Obtener muestras de frijol ayocote y frijol orgánico.
- Realizar análisis fisicoquímicos en ambas variedades de frijol.
- Comparar los resultados obtenidos de frijol ayocote con los valores obtenidos de frijol orgánico.
- Analizar y discutir los resultados finales comparando las dos especies de frijol.

1.2.5 Justificación

El frijol ayocote es una especie originaria de México que ha sido poco estudiada, por lo tanto, no se conocen los patrones nutricionales que presenta esta semilla en nuestro país a pesar de que se encuentra ampliamente distribuida en el territorio nacional. La caracterización fisicoquímica y determinación de compuestos bioactivos de *P. coccineus* permitirá conocer el potencial nutrimental y la riqueza que presenta esta leguminosa, y de esta manera poder darle un valor más

significativo a su ingesta y al mismo tiempo, enfatizar la implementación de estrategias de conservación y de aprovechamiento en este cultivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 El género *Phaseolus*

2.1.1 Origen y especies a nivel mundial

En Latinoamérica, la especie *Phaseolus Vulgaris L.* ha sido registrada con diferentes nombres, al consumirse el grano seco se identifica como frijol, frisol, caranota, poroto, frejol, habilla, alubia, principalmente. Cuando se consume como legumbre se le llama, chaucha, habichuela, vainita y tabla. Lo anterior, sugiere que las diferentes formas de nombrarlo podrían deberse a diferentes especies y no estrictamente a variedades de *Phaseolus vulgaris L.*

Estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, es originario del continente americano (De-Ron & Santalla, 2013). Como se muestra en la figura 2.1, se han encontrado muestras que datan de hace 500 a 8000 años en partes de México, Estados Unidos y Perú (Voyses, 2000).

De acuerdo a estudios realizados con marcadores moleculares se ha sugerido que ciertas especies de *Phaseolus* fueron domesticadas en el Occidente del territorio mexicano.

Aunque actualmente, no existe algo claro sobre la cantidad de especies del género *Phaseolus*, Freytag & Debouck (2002) presentan una lista tentativa de las especies distribuidas en Mesoamérica y Estados Unidos, de las cuales, cinco pertenecen a las formas cultivadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*), frijol tepari (*Phaseolus acutifolius Gray*), frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), frijol acalete (*Phaseolus polyanthus*) y frijol lima (*Phaseolus lunatus*). La región mesoamericana es considerada como el principal centro de diversidad de especies cultivadas de frijol, de sus parientes y de alrededor de otras 80 especies del género *Phaseolus*.

Figura 2.1 Ubicación geográfica de los principales hallazgos del género *Phaseolus*



Fuente: (Reyes-Riva et. al., 2008)

2.1.2 La importancia en la nutrición del género *Phaseolus*

A nivel mundial, el frijol es una de las leguminosas más importantes. En el continente americano, esta semilla, constituye la segunda fuente de proteína vegetal (Espinoza-Alonso, 2006). En México, la ingesta de este alimento ha tomado significancia desde la época prehispánica. Actualmente, el consumo per cápita de frijol en México se estima en 8.4 kg, observándose una tendencia a la baja, ya que en 1980 los datos registrados por consumo per cápita eran de 16 kilogramos. Lo anterior, puede atribuirse a diversos factores, entre los cuales se pueden mencionar la migración, el urbanismo, los cambios adquisitivos y la incorporación de la mujer al campo laboral. Otra razón, ha sido la sustitución del frijol en grano por el frijol industrializado, dada la facilidad que representa su uso con respecto al frijol en grano (FIRA, 2016).

El consumo de frijol junto con el del maíz, forman parte de la dieta básica en gran parte de la población, potencializando el valor nutritivo de la proteína ingerida. Dentro de las características nutritivas que se destacan en las leguminosas, es que aportan 3 veces más proteínas que el grupo de los cereales (Siddiq et. al.,

2010). En general, el frijol, es un alimento rico en macronutrientes como proteína (16-33 %), carbohidratos (50-70 %), constituidos principalmente por fibra (14-19 %) y almidón (35-60 %) y en menor porcentaje por oligosacáridos (2-6 %), favorablemente posee menor cantidad de lípidos (1.3 %), así como vitaminas y micronutrientes que potencializan su valor nutricional. Además, también posee componentes como flavonoides, antocianinas, proantocianidinas, flavonoles, fenoles e isoflavonas (Lin et. al., 2008; Granito ET. AL., 2008)

2.2 Frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.)

2.2.1 Origen

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es una leguminosa originaria de México, específicamente procedente de las zonas templadas del territorio mexicano. Las provincias fisiográficas del territorio nacional, más representadas en la colección de variedades nativas de frijol ayocote del banco de germoplasma del INIFAP son el Eje Neovolcánico y La Sierra Madre Oriental. De acuerdo con Salinas (1988) se ubica en las zonas altas de los estados de Puebla, Oaxaca, y Chiapas. Sin embargo, el frijol ayocote en México es poco cultivado y consumido, caso contrario a algunas regiones en Europa, principalmente en países como España, Países Bajos, Reino Unido e Italia, donde su consumo ha sustituido al frijol común (*P. vulgaris* L.) y se consume principalmente en su presentación de ejote y de grano seco (Santalla et. al., 2004; Rodiño et. al., 2007). Por otra parte, se ha reportado su consumo en Japón donde se cultiva principalmente en zonas montañosas y su semilla es muy apreciada por su excelente calidad culinaria (Watanabe & Tojo, 2006).

2.2.2 Descripción botánica

Heike (2009) clasifica al frijol ayocote como *Phaseolus coccineus* y al silvestre como *Phaseolus formosus*. Aunque se mostró que no existe una diferencia clara entre ambos taxones, y que el ayocote es simplemente la forma domesticada, así que, actualmente se emplea el mismo nombre para las dos formas.

Esta variedad de frijol se caracteriza por el gran tamaño de sus semillas, midiendo casi hasta 3 veces el tamaño de un frijol normal (Figura 2.1). La planta herbácea

del frijol ayocote es anual o bianual, crece de forma trepadora llegando a medir hasta 5 m de altura y se divide en las siguientes partes (Tabla 2.2).

Figura 2.2 Tamaño de la semilla de frijol ayocote



Fuente: (Heike, 2009)

Tabla 2.1 Partes del frijol ayocote

Parte	Descripción
Raíz	Conocida como cimete (nahuatlismo de címatl) y es empleada como condimento.
Tallo	Generalmente ancho y no muy delgado, color verde y puede o no presentar pequeñas vellosidades.
Hoja	Su forma es ovalada o elíptico-ovalada midiendo 6-10 cm de largo por 5-6 cm de ancho, la parte que une a la hoja con el tallo (pecíolo) mide entre 5 y 10 cm de largo.
Flor	Miden de 1 a 2 cm de largo y tienen brácteas grandes, el cáliz es ancho y tiene forma de campana, siendo redondeada su base. Su color puede ser rojo muy brillante, escarlata, morado-rojizo, rosado o blanco.
Fruto	Muy comprimido, es una legumbre alargada con forma de 'hoz' y puede estar cubierto por vellosidades.
Semilla	Miden 2-4 cm de largo, por 2.5 de ancho y 1.5 de grosor. El color de la semilla varía de rojo, café oscuro, pinto o morado.

Fuente: (Muñoz, 2019)

2.2.3 Taxonomía

Descripción taxonómica del frijol ayocote (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Taxonomía del frijol ayocote (*P. coccineus*)

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta
División	Magnoliophyta
Superdivisión	Spermatophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Orden	Fabales
Tribu	Phaseoleae
Género	Phaseolus

Fuente: (SIIT, 2009)

2.2.4 Importancia de su composición química

La atención hacia las leguminosas infrautilizadas ha aumentado notablemente al ser consideradas una fuente alternativa de proteínas con valores que oscilan entre 160 y 250 g/kg (Sánchez-Chino et. al., 2018; Suárez-Martínez et. al., 2016). Además, las legumbres son beneficiosas para la salud humana debido a sus compuestos bioactivos que incluyen ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas; estos compuestos son responsables de diferentes efectos antioxidantes y antimutagénicos (Cardador-Martínez et. al., 2002), anticancerígenos (Díaz-Batalla et. al., 2006) y anti-actividades inflamatorias (Oomah & Balasubramanian, 2010)

El género *Phaseolus* comprende varias especies silvestres y cultivadas que incluyen *P. vulgaris* (frijol común), *P. lunatus* (frijol lima), *P. acutifolius* (frijol tepary), *P. polyanthus* (frijol de año) y *P. coccineus* (frijol ayocote) (Souza-Sánchez & Delgado-Salinas, 1993). A pesar de que las semillas secas del frijol Ayocote

tienen un contenido nutricional similar al de las especies afines de *Phaseolus*, solo son importantes en la dieta local y, en consecuencia, el consumo es bajo y limitado a la región donde se cultivan.

Para explotar las funcionalidades que promueven la salud de las legumbres mínimamente consumidas, es importante centrarse en sus compuestos bioactivos. Si bien se ha reportado la composición química de *P. coccineus* (Mosisa, 2017), el frijol ayocote es un cultivo que hasta donde sabemos no ha sido completamente caracterizado en cuanto a composición nutricional, contenido de compuestos fenólicos y propiedades antioxidantes.

El frijol ayocote es una fuente natural de nutrientes a pesar de que se considera una leguminosa subutilizada. Por lo tanto, su importancia radica en las características nutricionales y bioactivas que esta posee.

2.2.5 Características de cultivo

Es una especie adaptable a diferentes ambientes, presenta diversidad genética debido a una alta tasa de cruzamiento natural (14.7 %) y por lo tanto requiere un manejo agronómico diferente al del frijol común (Muruaga et. al., 1992) lo que dificulta la pureza de las variedades nativas. Los granos comerciales más predominantes son aquellos con gran tamaño y coloraciones en negro, morado y blanco.

2.2.6 Condiciones óptimas de desarrollo

Aunque el frijol ayocote tolera bajas temperaturas, existen problemas que enfrentan los agricultores en cuanto a carencia de materiales resistentes a heladas y productividad adecuada, lo mismo con respecto a elevadas temperaturas. La temperatura más alta en promedio debe ser de 35 °C. Según Ritchie y NeSmith (1991) indican que la temperatura que oscila entre los 25 a 28 °C favorece el desarrollo de un mayor dosel vegetal de frijol ayocote. Asimismo, la precipitación y humedad residual intervienen en el desarrollo del cultivo, específicamente su variación en las primeras etapas de crecimiento (Escalante-Estrada, 2001; Barrios-Gómez et. al., 2011).

Suelos con un rango de pH de 6 a 7.5 favorecen el desarrollo del cultivo de esta especie.

Otro factor que influye en el crecimiento del frijol ayocote es la fecha de siembra, si se siembra a principios de mayo, se obtendrá un mayor rendimiento y una mejor calidad de semilla que si se siembra a fines de junio. En etapas posteriores, las semillas se ven afectadas por el poco tiempo que están expuestas a factores ambientales, por lo que es recomendable cosechar en siembras tempranas y de manera rápida para obtener semillas de alta calidad (Ayala-Garay et. al., 2006)

2.2.7 Alternativas de productos en el mercado

A pesar de que esta especie de frijol no tiene gran demanda, dentro del mercado nacional como internacional existen algunos productos industriales elaborados a partir de esta semilla (Figura 2.3).

Figura 2.3 Frijoles ayocote enlatados



Fuente: (Del Campo, 2022)

2.3 Análisis proximales

Hablar sobre análisis proximales, incluye determinar los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, proteínas e hidratos de carbono presentes en los alimentos. Estos, deben realizarse con debida precaución desde la toma de la muestra, el tratamiento y la elección del método a emplear que permita obtener valores fiables que sean útiles para la toma de decisiones. Los informes deben ser estudiados con un criterio estadístico y comparados con la norma vigente de cada alimento, ya que son la base del etiquetado nutrimental de un producto.

Los análisis proximales se llevan a cabo tanto en la materia prima utilizada como en los productos terminados como parte de una inspección destinada a verificar el cumplimiento de las especificaciones o requerimientos previamente establecidos. Su objetivo es dar un conocimiento general del valor nutritivo de un alimento sujeto a estos análisis, el mismo puede continuar siendo analizado de manera más detallada e individual en cuanto a su aporte nutricional y muchas veces desde las fracciones obtenidas en el análisis elemental, lo cual se conoce como análisis complementario, en donde se aplica la determinación de otros componentes tales como azúcares, ácidos grasos, vitaminas, minerales, etc.

2.3.1 Humedad

Es necesario monitorear la humedad en el alimento, ya que niveles por encima del 8 % favorecen la presencia de plagas y arriba del 14 % la proliferación de hongos y bacterias que causan contaminación en el alimento (Cockerell et. al., 1971). El método requiere de un horno para el secado de la muestra y posteriormente hacer la determinación por diferencia de peso entre la muestra seca y la húmeda.

2.3.2 Cenizas

El método se emplea para determinar el contenido de cenizas totales de los alimentos por medio de la calcinación. Se toma como el contenido total en materia orgánica o minerales.

2.3.3 Grasa

En este análisis, el extracto etéreo de la muestra es extraído con ayuda de un solvente para después ser evaluada como porcentaje del peso después de evaporar dicha sustancia.

2.3.4 Fibra cruda

Este estudio permite determinar el porcentaje de fibra en la muestra. Una vez digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y posteriormente calcinado el residuo, la diferencia de pesos post calcinación indica la cantidad de fibra presente.

2.3.5 Proteína

Su adecuada evaluación permite manejar la calidad del contenido proteico del alimento que está siendo suministrado. El análisis se realiza según el método de Kjeldahl, que evalúa el contenido total de nitrógeno de la muestra tras ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Hipótesis

Las propiedades fisicoquímicas y el contenido de compuestos bioactivos en frijol ayocote son superiores a las del frijol orgánico.

3.2 Muestreo

Las dos especies de frijol (ayocote y orgánico) se obtuvieron en puestos locales de semillas en los municipios de Teziutlán y Libres, ambos pertenecientes al estado de Puebla. Para la realización de los análisis correspondientes, se trituraron 500 g de cada una de las variantes, ya que todas las metodologías requerían que la muestra se encontrara en ese estado. Para el almacenamiento del frijol molido se emplearon bolsas herméticas que actuaron como barrera contra la humedad, gases y contaminantes externos que pudieran modificar las muestras.

3.3 Análisis fisicoquímicos

3.3.1 Determinación de humedad

Metodología basada en NMX-F-083-1986. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. FOODS. MOINSTURE IN FOOD PRODUCTS DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (Aguilar-Romo, 2002).

Objetivo

Esta Norma Mexicana establece el método para determinar la humedad en productos alimenticios con rango de secado de 95° a 105°C.

Material y equipo

- Balanza analítica
- Cápsulas de porcelana
- Estufa de secado
- Desecador
- Pinzas para crisol
- Espátula de porcelana
- Termómetro

Procedimiento

1. Pesar las cápsulas sin muestra antes de colocarlas en la estufa y registrar el peso.
2. Colocar las cápsulas de porcelana limpias, secas y vacías en la estufa de secado a una temperatura de 95 a 105°C durante 30 minutos.
3. Pesar las cápsulas hasta obtener peso constante.
4. Una vez obtenido el peso constante, tarar el peso de las cápsulas en la balanza y agregar 3 g de muestra.
5. Introducir las cápsulas a la estufa de secado a una temperatura de 105°C por un tiempo aproximado de 4 horas.
6. Pasado el tiempo establecido, sacar las cápsulas y colocarlas dentro del desecador hasta que alcancen una temperatura ambiente.
7. Retirar las cápsulas del desecador con ayuda de las pinzas y pesarlas. Nuevamente, se debe obtener peso constante en cada cápsula.
8. Registrar los pesos y sustituir los resultados con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P - P_1)}{P_2} \times 100$$

En donde:

P = Peso de la capsula con la muestra humeda (g).

P_1 = Peso de la cápsula con la muestra seca (g).

P_2 = Peso de la muestra (g).

3.3.2 Determinación de cenizas

Metodología basada en NMX-F-066-S-1978. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF ASHES. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (Serra-Castaños &

Ruiloba-Benítez, NMX-F-066-S-1978. Alimentos. Determinación de Cenizas en Alimentos., 1978)

Objetivo

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de cenizas, aplicable a todas las muestras de alimentos sólidos.

Material y equipo

- Balanza analítica
- Cisoles de porcelana
- Parrilla de calentamiento
- Estufa de secado
- Desecador
- Pinzas para crisol
- Mufla
- Termómetro
- Cápsula de porcelana

Procedimiento

1. Pesar cada uno de los crisoles vacíos y registrar su peso.
2. Introducir a la estufa de secado los crisoles a una temperatura de 105°C hasta alcanzar peso constante.
3. Una vez obtenido el peso constante, pesar 5 g de muestra (registrar el peso).
4. Colocar sobre la parrilla de calentamiento los crisoles y precalcinar la muestra hasta que ya no se desprendan humos, evitando que haya proyecciones fuera de los crisoles.
5. Calcinar dentro de la mufla la muestra previamente quemada, a una temperatura de 500°C por un tiempo de 3-4 horas.
6. Pasado el tiempo, dejar enfriar la mufla durante 20 minutos para poder retirar los crisoles y posteriormente colocarlos en el desecador hasta que alcancen una temperatura ambiente.

7. Pesar cada uno de los crisoles con las cenizas obtenidas en la calcinación, registrar el peso y sustituir los resultados con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{P - p}{M} \times 100$$

En donde:

P = Peso del crisol con las cenizas (g).

p = Peso del crisol vacío a peso constante (g).

M = Peso de la muestra (g).

3.3.3 Determinación de extracto etéreo

Metodología basada en NMX-F-089-S-1978. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF ETHER EXTRACT (SOXHLET). NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. (Aguilar-Romo, 2004)

Objetivo

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la extracción de ácidos grasos (extracto etéreo) por el método de Soxhlet para todos los alimentos sólidos, excepto los productos lácteos.

Material y equipo

- Matraces de bola de fondo plano
- Equipos de extracción Soxhlet
- Cartuchos de papel filtro
- Algodón
- Pinzas para crisol.
- Vasos de precipitado de 250 ml.
- Parrillas de calentamiento

- Condensadores
- Perlas de vidrio
- Pinzas para soporte
- Soportes universales
- Espátula de porcelana
- Mangueras
- Balanza analítica
- Desecador
- Estufa de secado
- Bomba de recirculación
- Rotavapor

Reactivos

- Hexano

Procedimiento

1. Colocar los matraces de bola en la estufa de secado, hasta obtener peso constante (registrar peso).
2. Registrar el peso de los cartuchos de papel filtro y posteriormente agregar dentro de ellos 3 g de muestra previamente deshidratada. Es importante no tener contacto directo entre los cartuchos y las manos, ya que eso puede alterar los datos obtenidos de la muestra.
3. Agregar hexano a 2/3 del volumen de los matraces.
4. Conectar los equipos de extracción Soxhlet a los matraces y calentar hasta la ebullición, ajustando el calentamiento de tal manera que se obtenga alrededor de 10 reflujos por hora, manteniendo la temperatura por 3 horas.
5. Al término del tiempo establecido, esperar a que se enfrié el equipo empleado y con ayuda del rotavapor, recuperar la mayor cantidad de hexano posible.

6. Una vez recuperado el hexano, introducir los matraces a la estufa durante 30 minutos a una temperatura de 110°C para eliminar el resto de hexano que pueda haber.
7. Esperar a que enfríen los matraces en el desecador y pesar.
8. Sustituir los datos registrados en la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Extracto Etéreo} = \frac{B - A}{C} \times 100$$

En donde:

A = Peso inicial del matraz a peso constante (g).

B = Peso del matraz con grasa (g).

C = Peso de la muestra (g).

3.3.4 Determinación de fibra cruda

Metodología basada en NMX-F-090-S-1978. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF CRUDE FIBER. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (Ruiloba-Benítez, 1978)

Objetivo

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de fibra cruda en productos alimenticios, basado en el método de la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda.

Material y equipo

- Vasos de precipitado de 250 ml
- Matraces de balón de 250 ml
- Vasos de precipitado de 100 ml

- Matraces Erlenmeyer de 500 ml
- Equipo de filtración al vacío
- Matraz Kitasato
- Embudo Büchner
- Corcho
- Probeta de 50 ml
- Condensadores para reflujo con mangueras
- Crisoles de porcelana
- Espátula de porcelana
- Pinzas para crisol
- Pinzas con nuez
- Soportes universales
- Papel filtro
- Balanza analítica
- Parilla de calentamiento
- Mufla
- Bomba de filtración al vacío
- Tiras medidoras de pH
- Estufa de secado

Reactivos

- Etanol al 95%
- H_2SO_4 0.255 N
- Agua destilada

Procedimiento

1. Pesar los matraces de balón de 250 ml, registrar el peso.
2. Una vez pesados los matraces, colocar de 1 a 2 g de muestra desengrasada y registrar el peso.
3. Calentar en los vasos de precipitado de 250 ml 100 ml de ácido sulfúrico 0.255 N (en la campana de extracción).

4. Calentar 300 ml de agua destilada en los matraces Erlenmeyer.
5. Cuando se encuentre en ebullición el ácido sulfúrico, verterlo sobre la muestra y dejarlo así por un aproximado de 30 minutos en reflujo (si hay perdidas de agua reponerla).
6. Pasado ese tiempo retirarlo del reflujo
7. Filtrar al vacío la muestra.
8. Transferir el ácido filtrado a los vasos de precipitado de 250 ml (para su posterior disposición), lavar el residuo con el agua destilada caliente. Teniendo en cuenta de no perder la muestra hasta que el agua del lavado salga con un pH neutro.
9. En una probeta de 50 ml verter 25 ml de alcohol etílico, adicionarlo en un vaso de 100 ml y con él, lavar el papel filtro con la muestra mediante filtración al vacío.
10. Pesar los crisoles vacíos y anotar su peso.
11. El residuo del lavado se transfiere a los crisoles y se pesan.
12. Llevar los crisoles a la estufa de secado, hasta que la muestra se deshidrate.
13. Una vez deshidratada la muestra, se somete a precalcificación junto con el papel filtro (ambos por separado).
14. Posteriormente, los residuos del paso anterior, se introducen a la mufla a una temperatura de 550°C por 30 minutos.
15. Pasado el tiempo establecido, los crisoles se llevan a un desecador.
16. La pérdida de peso en la incineración se considera como la fibra cruda de la muestra pesada antes de extraer la humedad.
17. Cuando la muestra este fría, de nuevo se registra el peso de los crisoles.
18. Finalmente, los datos obtenidos se sustituyen empleando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Fibra Cruda} = 100 \left(\frac{A - B}{C} \right)$$

En donde:

A = Peso del crisol con el residuo seco(g).

B = Peso del crisol con las cenizas (g).

C = Peso de la muestra (g).

3.3.5 Determinación de proteína

Metodología basada en NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS. FOODS DETERMINATION OF PROTEINS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (Serra-Castaños & Costarrica-González, 1980).

Objetivo

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para determinar proteínas en productos alimenticios, basado en el método de Kjeldahl.

Material y equipo

- Matraces digestores Kjeldahl
- Matraz aforado 100 ml
- Vasos de precipitado de 250 ml
- Balanza analítica
- Digestor y destilador Kjeldahl
- Perlas de vidrio
- Probetas de 100 ml
- Soportes universales
- Pinzas para bureta
- Guantes de nitrilo
- Máscara antigás
- Bulbos

- Corchos
- Tiras medidoras de pH
- Papel arroz
- Espátula
- Buretas de 25 ml
- Matraces Erlenmeyer de 500 ml

Reactivos

- H₂SO₄ concentrado
- CuSO₄.5H₂O
- Zinc granulado
- NaOH: Disolver con 500 cm³ de agua 500 g de hidróxido de sodio
- Na₂SO₄
- H₃BO₃ al 2%
- Solución de HCl al 0.1 N
- Indicador Shiro Tashiro: Disolver 0.2 g de rojo de metilo en 60 cm³ de alcohol y aforar a 100 cm³ con agua. Disolver 0.2 g de azul de metileno y aforarlos a 100 cm³ con agua. Mezclar 2 partes de rojo de metilo y una de azul de metileno.

Procedimiento

Digestión

1. Pesar 2 g de muestra por cada matraz e incorporarlos dentro de los matraces digestores Kjeldahl.
2. Añadir 2 g de sulfato de cobre (CuSO₄), 10 g de sulfato de sodio anhidrido (Na₂SO₄), 25 ml de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) y unas perlas de vidrio.
3. Colocar los matraces en el digestor y calentar cuidadosamente a baja temperatura e ir aumentándola cada 5 minutos, hasta que la mezcla este completamente clara y dejar por 30 minutos más a esa temperatura.

4. Dejar enfriar los matraces.

Destilación

1. Una vez fríos los matraces, añadir a cada uno 200 ml de agua para disolver a manera que resbale por las paredes del matraz lentamente.
2. Añadir cuidadosamente a los matraces 75 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1:1, a manera que resbale por la pared de los matraces lentamente. Agregar 3 o 4 gránulos de zinc, 6 perlas de vidrio y conectarlos inmediatamente al destilador en las parrillas a temperatura alta directa.

Recepción de la destilación

1. Agregar a los matraces Erlenmeyer de 500 ml 50ml de ácido bórico (H_3BO_3) y unas gotas de indicador Shiro Tashiro e inmediatamente conectarlos al sistema de destilación.
2. Observar que la boca del condensador se encuentre cubierta para la solución contenida en los matraces. Esperar a que el volumen de cada matraz Erlenmeyer llegue a 100 ml.
3. Destilar hasta que haya pasado todo el amoniaco, que unas gotas de destilado no den alcalinidad con las tiras medidoras de pH.
4. Apagar las parrillas de destilación.

Titulación

1. Llenar las buretas graduadas con una solución de hidróxido de sodio (HCl) al 0.1 N.
2. Titular la muestra con la solución de hidróxido de sodio al 0.1 N poco a poco hasta virar al color del indicador de violeta a verde
3. Registrar el volumen gastado de hidróxido de sodio al 0.1 N.
4. El nitrógeno presente en la muestra, expresado en por ciento se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{V * N * 0.014 * 100}{m}$$

En donde:

V = Volúmen de NaOH empleado en la titulación (cm³).

N = Normalidad del HCl.

m = Masa de la muestra (g).

0.014 = Miliequivalente del nitrógeno.

5. Para determinar el porcentaje de proteína utilizar la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} * \text{Factor de conversión}$$

Factor de conversión = 6.25

3.3.6 Determinación de antocianinas

Metodología basada en el método descrito por Abdel-Aal y Huel (1999) con modificaciones.

Objetivo

Evaluar la solución de extracción del contenido de antocianinas totales.

Material y equipo

- Vasos de precipitado de 100 ml
- Pipeta de 10 ml
- Parrilla de agitación
- Vaso de precipitado de 500 ml
- Cubetas de plástico de espectrofotómetro
- Tubos de centrifugación de 14 ml

- Espectrofotómetro
- Centrifugadora
- Potenciómetro

Reactivos

- Etanol
- HCl

Procedimiento

1. Colocar 2 g de muestra en cada vaso de precipitado de 100 ml.
2. Obtener una solución de etanol con pH de 1 agregando HCl.
3. Llenar los vasos de precipitado de que contienen la muestra hasta 50 ml con etanol.
4. Envolver los vasos con papel aluminio, colocarlos dentro de 1 caja y llevarlos a un lugar donde no les de la luz para que las muestras puedan pasar 24 h en total oscuridad.
5. Pasadas las 24 h, agregar 13 ml de la muestra en los tubos y someterlos a centrifugación durante 20 min a 4000 rpm.
6. Después de centrifugar, pasar la muestra contenida en los tubos a las cubetas del espectrofotómetro.
7. Con el espectrofotómetro, medir la absorbancia de las muestras a 525 nm y anotar el resultado obtenido.
8. Los datos obtenidos se sustituyen en la siguiente fórmula.

$$C = \frac{A}{\epsilon} \times \frac{vol}{1000} \times MW \times \frac{1}{sample\ wt} \times 10^6$$

En donde:

$C =$ Es la concentración de antocianinas $\frac{mg}{kg}$.

A = Absorbancia obtenida a 525 nm.

ϵ = Absortividad molar (cianidina 3 – glucósido 25965 cm – 1 M – 1).

Vol = Volumen total del extracto de antocianinas (5 ml).

MW = Peso molecular de cianidina 3 – glucósido (449)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

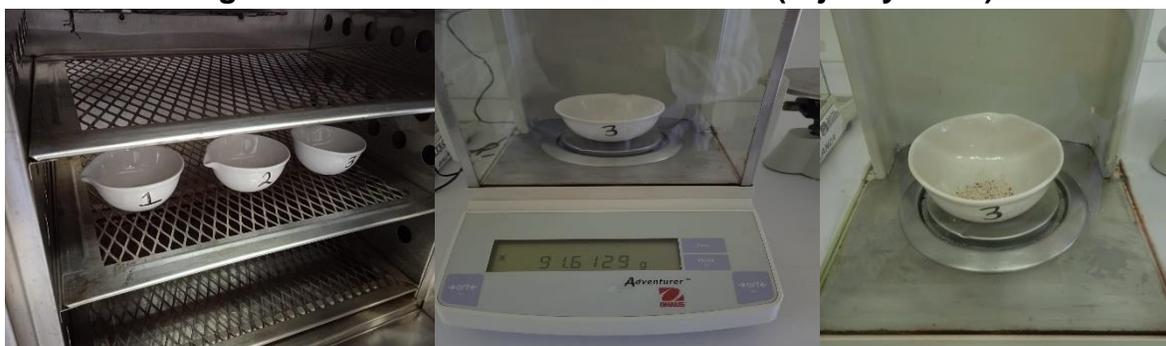
4.1 Resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en frijol ayocote

Nota: Todos los procedimientos efectuados se realizaron por triplicado.

4.1.1 Resultados de determinación de humedad

Análisis realizado el día 02 de marzo de 2022 (Figura 4.1).

Figura 4.1 Determinación de humedad (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de humedad es uno de los parámetros de mayor interés entre los que regulan la calidad de los granos y sus productos derivados. El promedio de porcentaje de humedad obtenido en este análisis fue de 17.4 %, el cual oscila dentro de los parámetros establecidos de acuerdo a investigaciones por parte del INIFAP (2014) en donde el contenido de humedad se encuentra entre 15-17% (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Determinación de humedad (frijol ayocote)

Código de la muestra	Peso de la cápsula con la muestra húmeda (g)	Peso de la cápsula con la muestra seca (g)	Peso de la muestra (g)	% de Humedad
C ₁	95.266 g	94.898 g	3 g	12.2 %
C ₂	97.051 g	96.689 g	3 g	12 %
C ₃	94.598 g	93.751 g	3 g	28.2 %
Promedio % de Humedad				17.4 %

Fuente: (Suárez, 2022)

En la muestra **C₃** el porcentaje de humedad esta al doble de las otras dos muestras, esto pudo deberse a un error de manipulación, inestabilidad o preservación de la muestra que genero mayor concentración de humedad en esa porción tomada.

Datos sustituidos en la fórmula:

$$C_1 \% \text{ de Humedad} = \frac{(95.266 \text{ g} - 94.898 \text{ g})}{3 \text{ g}} \times 100 = 12.2 \%$$

$$C_2 \% \text{ de Humedad} = \frac{(97.051 \text{ g} - 96.689 \text{ g})}{3 \text{ g}} \times 100 = 12 \%$$

$$C_3 \% \text{ de Humedad} = \frac{(94.598 \text{ g} - 93.751 \text{ g})}{3 \text{ g}} \times 100 = 28.2 \%$$

$$\% \text{ de Humedad} = 17.4 \%$$

4.1.2 Resultado de determinación de cenizas

Análisis realizado el día 04 de marzo de 2022 (Figura 4.2).

Figura 4.2 Determinación de cenizas (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de cenizas se usa como índice de calidad en los alimentos que expresa el contenido de minerales o materia orgánica total, siendo parte del

análisis proximal para la evaluación nutricional. El porcentaje de cenizas obtenido en esta variedad de frijol fue de 3.625 %, el cual se encuentra cercano al reportado por Aremu et. al., (2010) que es de 3.77 % (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Determinación de cenizas (frijol ayocote)

Código de la muestra	Peso del crisol con ceniza (g)	Peso del crisol vacío a peso constante (g)	Peso de la muestra (g)	% de Cenizas
C₁	16.666 g	16.489 g	5.029 g	3.519 %
C₂	16.170 g	15.982 g	5.038 g	3.731 %
C₃	17.411 g	17.228 g	5.048 g	3.625 %
Promedio % de Cenizas				3.625 %

Fuente: (Suárez, 2022)

Datos sustituidos en la fórmula:

$$C_1 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(16.666 \text{ g} - 16.489 \text{ g})}{5.029 \text{ g}} \times 100 = 3.519 \%$$

$$C_2 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(16.170 \text{ g} - 15.982 \text{ g})}{5.038 \text{ g}} \times 100 = 3.731 \%$$

$$C_3 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(17.411 \text{ g} - 17.228 \text{ g})}{5.048 \text{ g}} \times 100 = 3.625 \%$$

$$\% \text{ de Cenizas} = 3.625 \%$$

4.1.3 Resultado de determinación de extracto etéreo

Análisis realizado el día 10 de marzo de 2022 (Figura 4.3).

Figura 4.3 Determinación de extracto etéreo (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de grasa registrado en este análisis fue de 15.22 %, el cual se encuentra por encima del intervalo reportado por Aremu et. al., (2010) el cual se encuentra entre 3.50 y 3.78% (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Determinación de extracto etéreo (frijol ayocote)

Código de la muestra	Peso del matraz limpio a peso constante (g)	Peso del matraz con grasa (g)	Peso de la muestra (g)	% de EE
M₁	146.840 g	147.256 g	2.732 g	15.22 %
M₂	169.991 g	170.510 g	2.725 g	19.04 %
M₃	144.897 g	145.152 g	2.236 g	11.40 %
Promedio % de Extracto Etéreo				15.22 %

Fuente: (Suárez, 2022)

El alto porcentaje de grasa en esta variedad de frijol, puede ser producto de un alto contenido de ácidos grasos esenciales en la semilla, entre los cuales destacan el ácido oléico, linoléico y linolénico.

Datos sustituidos en la fórmula:

$$M_1 \% \text{ de EE} = \frac{(147.256 \text{ g} - 146.840 \text{ g})}{2.732 \text{ g}} \times 100 = 15.22 \%$$

$$M_2 \% \text{ de EE} = \frac{(170.510 \text{ g} - 169.991 \text{ g})}{2.725 \text{ g}} \times 100 = 19.04 \%$$

$$M_3 \% \text{ de EE} = \frac{(145.152 \text{ g} - 144.897 \text{ g})}{2.236 \text{ g}} \times 100 = 11.40 \%$$

% de EE = 15.22 %

4.1.4 Resultado de determinación de fibra cruda

Análisis realizado el día 15 de marzo de 2022 (Figura 4.4).

Figura 4.4 Determinación de fibra cruda (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

El porcentaje de fibra obtenido en este análisis fue de 58.01 %, el cual se encuentra por encima del promedio con respecto al contenido de fibra en otras variedades de frijol (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Determinación de fibra cruda (frijol ayocote)

Código de la muestra	Peso del crisol con residuo seco(g)	Peso del crisol con ceniza (g)	Peso de la muestra (g)	% de EE
M ₁	17.696 g	16.492 g	2.001 g	60.16 %
M ₂	17.128 g	15.998 g	2.010 g	56.71 %
M ₃	18.384 g	17.231 g	2.017 g	57.16 %

Promedio % de Fibra cruda

58.01 %

Fuente: (Suárez, 2022)

El alto contenido de fibra en frijol ayocote se debe a un alto porcentaje de fibra alimentaria, principalmente insoluble, que favorece la digestión porque nutren a la microflora intestinal y por lo tanto estimulan al sistema inmunológico.

Datos sustituidos en la fórmula:

$$M_1 \% \text{ de Fibra} = \frac{(17.696 \text{ g} - 16.492 \text{ g})}{2.001 \text{ g}} \times 100 = 60.16 \%$$

$$M_2 \% \text{ de Fibra} = \frac{(17.128 \text{ g} - 15.988 \text{ g})}{2.010 \text{ g}} \times 100 = 56.71 \%$$

$$M_3 \% \text{ de Fibra} = \frac{(18.384 \text{ g} - 17.231 \text{ g})}{2.017 \text{ g}} \times 100 = 57.16 \%$$

% de Fibra Cruda = 58.01 %

4.1.5 Resultado de determinación proteína

Análisis realizado el día 05 de abril de 2022 (Figura 4.5).

Figura 4.5 Determinación de proteína (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

Debido a una falla en el sistema de digestión del equipo Kjeldahl se tuvo que interrumpir el procedimiento de este análisis, por ende, no se obtuvieron resultados.

De acuerdo a estudios realizados en esta variedad de frijol, se muestra que las concentraciones de proteína en frijol ayocote varían de acuerdo a la cosecha, teniendo al frijol negro con 23.80 %, mostrando mayor comparación con respecto al frijol morado que tiene 21.93 % de contenido proteico. Datos obtenidos por Álvarez-Salas y Turbay-Ceballos en 2009 tienen como resultado 23.46 % de proteína en frijol ayocote petaco, siendo superior al registrado por Aremu et. al., en 2010 el cual fue de 20.97 % para la especie de frijol ayocote escarlata.

4.1.6 Resultado de determinación de antocianinas

Análisis realizado el día 18 de mayo de 2022 (Figura 4.6).

Figura 4.6 Determinación de antocianinas (frijol ayocote)



Fuente: (Suárez, 2022)

Se obtuvo un promedio de 31.03 mg/kg de antocianinas, lo cual releva un alto contenido de este compuesto presente en el frijol ayocote (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 índice de absorbancia y contenido de antocianinas (frijol ayocote)

Código de la muestra	Absorbancia	Contenido de antocianinas
Blanco	0.000 Abs	
A	0.434 Abs	31.7 mg/kg
B	0.549 Abs	28.2 mg/kg
C	0.481 Abs	33.2 mg/kg

Contenido promedio de antocianinas = 31.03 mg/kg

Fuente: (Suárez, 2022)

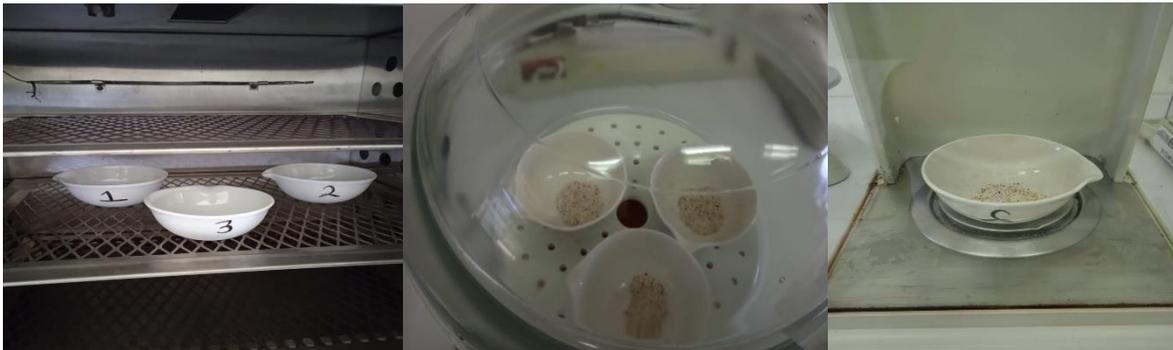
4.2 Resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en frijol orgánico

Nota: Todos los análisis efectuados se realizaron por triplicado.

4.2.1 Resultado de determinación de humedad

Análisis realizado el día 21 de junio de 2022 (Figura 4.7).

Figura 4.7 Determinación de humedad (frijol orgánico)



Fuente: (Suarez, 2022)

El promedio de porcentaje de humedad obtenido en este análisis fue de 7.03 %, el cual se encuentra por debajo del contenido que tienen otras especies del género *Phaseolus* (Tabla 4.6).

Tabla 4.6 Determinación de humedad (frijol orgánico)

Código de la muestra	Peso de la cápsula con la muestra húmeda (g)	Peso de la cápsula con la muestra seca (g)	Peso de la muestra (g)	% de Humedad
C₁	97.014 g	96.808 g	3.001 g	6.86 %
C₂	94.557 g	94.347 g	3.004 g	6.92 %
C₃	95.230 g	95.010 g	3.001 g	7.33 %
Promedio % de Humedad				7.036 %

Fuente: (Suárez,2022)

Datos sustituidos en la fórmula:

$$C_1 \% \text{ de Humedad} = \frac{(97.014 \text{ g} - 96.808 \text{ g})}{3.001 \text{ g}} \times 100 = 6.86 \%$$

$$C_2 \% \text{ de Humedad} = \frac{(94.557 \text{ g} - 94.347 \text{ g})}{3.004 \text{ g}} \times 100 = 6.92 \%$$

$$C_3 \% \text{ de Humedad} = \frac{(95.230 \text{ g} - 95.010 \text{ g})}{3.001 \text{ g}} \times 100 = 7.33 \%$$

$$\% \text{ de Humedad} = 7.036 \%$$

4.2.2 Resultados de determinación de cenizas

Análisis realizado el día 1 de julio de 2022 (Figura 4.8).

Figura 4.8 Determinación de cenizas (frijol orgánico)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de cenizas obtenido en esta especie de frijol fue de 5.34 %, siendo superior al porcentaje obtenido en frijol ayocote (Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Determinación de cenizas (frijol orgánico)

Código de la muestra	Peso del crisol con ceniza (g)	Peso del crisol vacío a peso constante (g)	Peso de la muestra (g)	% de Cenizas
C ₁	17.196 g	16.865 g	5.003 g	6.61 %
C ₂	17.185 g	17.025 g	5.001 g	1.99 %
C ₃	16.886 g	16.514 g	5.002 g	7.43 %
Promedio % de Cenizas				

Fuente: (Suárez, 2022)

5.34 %

Datos sustituidos en la formula:

$$C_1 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(17.196 \text{ g} - 16.865 \text{ g})}{5.003 \text{ g}} \times 100 = 6.61 \%$$

$$C_2 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(17.185 \text{ g} - 17.025 \text{ g})}{5.001 \text{ g}} \times 100 = 1.99 \%$$

$$C_3 \% \text{ de Cenizas} = \frac{(16.886 \text{ g} - 16.514 \text{ g})}{5.002 \text{ g}} \times 100 = 7.43 \%$$

$$\% \text{ de Cenizas} = 5.34 \%$$

4.2.3 Resultado determinación de extracto etéreo

Análisis realizado el día 29 de julio de 2022 (Figura 4.9).

Figura 4.9 Determinación de extracto etéreo (frijol orgánico)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de extracto etéreo registrado fue de 1.27 %, el cual se encuentra por debajo de los intervalos reportados en otras variedades de frijol (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Determinación de extracto etéreo (frijol orgánico)

Código de la muestra	Peso del matraz limpio a peso constante (g)	Peso del matraz con grasa (g)	Peso de la muestra (g)	% de EE
M ₁	188.591 g	188.618 g	3.001 g	0.89 %
M ₂	183.084 g	183.130 g	3.001 g	1.53 %
M ₃	193.147 g	193.189 g	3 g	1.40 %
Promedio % de Extracto Etéreo				1.27 %

Fuente: (Suárez, 2022)

Datos sustituidos en la fórmula:

$$M_1 \% \text{ de EE} = \frac{(188.618 \text{ g} - 188.591 \text{ g})}{3.001 \text{ g}} \times 100 = 0.89 \%$$

$$M_2 \% \text{ de EE} = \frac{(183.130 \text{ g} - 183.084 \text{ g})}{3.001 \text{ g}} \times 100 = 1.53 \%$$

$$M_3 \% \text{ de EE} = \frac{(193.189 \text{ g} - 193.147 \text{ g})}{3 \text{ g}} \times 100 = 1.40 \%$$

$$\% \text{ de EE} = 1.27 \%$$

4.2.4 Resultado determinación de fibra cruda

Análisis realizado el día 15 de agosto de 2022 (Figura 4.10).

Figura 4.10 Determinación de fibra cruda (frijol orgánico)



Fuente: (Suárez, 2022)

El contenido de fibra obtenido en este análisis fue de 57.42 % el cual se encuentra un tanto similar al porcentaje obtenido en frijol ayocote y por encima de otros géneros de frijol (Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Determinación de fibra cruda (frijol orgánico)

Código de la muestra	Peso del crisol con residuo seco(g)	Peso del crisol con ceniza (g)	Peso de la muestra (g)	% de EE
M₁	17.856 g	16.522 g	2.001 g	66.66 %
M₂	17.321 g	16.026 g	2.003 g	64.65 %
M₃	18.633 g	17.815 g	2.001 g	40.47 %
Promedio % de Fibra cruda				57.42 %

Fuente: (Suárez, 2022)

Datos sustituidos en la formula:

$$M_1 \% \text{ de Fibra} = \frac{(17.856 \text{ g} - 16.522 \text{ g})}{2.001 \text{ g}} \times 100 = 66.66 \%$$

$$M_2 \% \text{ de Fibra} = \frac{(17.321 \text{ g} - 16.026 \text{ g})}{2.003 \text{ g}} \times 100 = 64.65 \%$$

$$M_3 \% \text{ de Fibra} = \frac{(18.633 \text{ g} - 17.815 \text{ g})}{2.001 \text{ g}} \times 100 = 40.47 \%$$

$$\% \text{ de Fibra Cruda} = 57.42 \%$$

4.2.5 Resultado determinación de proteína

Debido a una falla en el sistema de digestión del equipo no se llevó a cabo este análisis, por lo cual, no hubo resultados.

4.2.6 Resultado determinación de antocianinas

Análisis realizado el día 20 de agosto de 2022 (Figura 4.11).

Figura 4.11 Determinación de antocianinas (frijol orgánico)



Fuente (Suárez, 2022)

El promedio registrado fue de 1.93 mg/kg de antocianinas en frijol orgánico, siendo una de las especies que menor contenido de este compuesto posee (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Índice de absorbancia y contenido de antocianinas (frijol orgánico)

Código de la muestra	Absorbancia	Contenido de antocianinas
Blanco	0.000 Abs	
A	0.019 Abs	1.93 mg/kg
B	0.019 Abs	1.93. mg/kg
C	0.021 Abs	1.95. mg/kg

Contenido promedio de antocianinas = 1.93 mg/kg

Fuente: (Suárez, 2022)

4.3 Resultados finales de frijol ayocote y frijol orgánico

Porcentajes promedio de resultados obtenidos en ambas variedades de frijol (Tabla 4.11).

Tabla 4.11 Porcentajes finales en frijol ayocote y frijol orgánico

Variedad de frijol	% Humedad	% Cenizas	% Extracto etéreo	% Fibra cruda	Antocianinas
Frijol ayocote	17.40 %	3.625 %	15.22 %	58.01 %	31.03 mg/kg
Frijol orgánico	7.036 %	5.34 %	1.27 %	57.42 %	1.93 mg/kg

Fuente: (Suárez, 2022)

De acuerdo a los valores obtenidos por parte de las dos variedades de frijol, se puede notar que existe una diferencia significativa en los resultados registrados de 3 de los análisis efectuados (humedad, extracto etéreo y antocianinas), con respecto a los porcentajes de cenizas y fibra, existe menor discrepancia, compartiendo esta similitud en ambas especies. Las variaciones de los resultados arrojados están sujetas a la sensibilidad de los métodos empleados, condiciones de cultivo y condiciones ambientales, a las propiedades de suelo y a la variedad de las semillas.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De acuerdo a los datos obtenidos en los análisis fisicoquímicos efectuados, se observó una ligera similitud en ambas variedades de frijol con respecto al porcentaje de fibra cruda (58.01 % - 57.42 %) y al porcentaje de cenizas totales (3.625 % - 5.34 %). En cuanto a los análisis de humedad (17.40 % - 7.036 %), extracto etéreo (15.22 % - 1.27 %) y antocianinas (31.03 mg/kg - 1.93 mg/kg), hubo un amplio margen de diferencia en los resultados registrados.
- El frijol orgánico resulta una mejor opción de consumo si se busca consumir una variedad de frijol con menor contenido de grasa, siendo 13.95 menor en porcentaje de lípidos en comparación con el frijol ayocote.
- Si la intención es consumir una variedad de frijol que aporte mayor contenido de compuestos bioactivos, el frijol ayocote resulta una mejor alternativa, ya que dentro de su composición cuenta con la presencia de antocianinas (31.03 mg/kg) las cuales aportan beneficios para la salud.
- Tanto el frijol orgánico como el frijol ayocote son ricos en fibra, ambos, pueden ser una alternativa más de consumo ofreciendo dos leguminosas que son de fácil adquisición y bajo costo en comparación a otro tipo de alimentos que son más habitados por los consumidores.

5.2 Recomendaciones

- Si se continua con este proyecto, realizar más análisis que permitan evaluar de mejor manera la calidad nutricional de estas dos especies de frijol. Por ejemplo, determinación del contenido proteico y la identificación de más compuestos bioactivos tales como: fenoles, flavonoides, taninos, etc.

CAPÍTULO VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas

- A lo largo del proyecto se emplearon conocimientos adquiridos en las asignaturas de la carrera de ingeniería en alimentos, los cuales permitieron llevar a cabo de manera eficiente la conclusión del mismo.
- Se desarrollaron diversas habilidades y técnicas en los laboratorios de análisis, química y procesos de alimentos.
- Se fortalecieron los conocimientos previos en las diversas áreas de tecnología y la industria alimentaria, herramientas clave para la formación de un ingeniero en industrias alimentarias.
- Se implementaron estrategias para el uso de las diferentes plataformas de comunicación y de información.

CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aal, & Huel, P. (1999.). Método rápido para cuantificar las antocianinas totales en trigos con aleurona azul y pericarpio púrpura. *Química de cereales*. 76, 350-354.
- Aguilar-Romo, M. (2002). NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de Humedad en Productos Alimenticios. *Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*.
- Aguilar-Romo, M. (2004). NMX-F-089-S-1978. Alimentos. Determinación de Extracto Etéreo (Método Soxhlet) en Alimentos. *Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*.
- Allende-Arrarás, G., Acero-Godínez M., Padilla-Ramírez J. y Mayek-Pérez N. (2006). Comportamiento agronómico y características físico-químicas del grano de frijol en Aguascalientes, México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 29 (1), 89-93.
- Álvarez-Salas, L. M., & Turbay-Ceballos, S. (2009). El Frijol Petaco (*Phaseolus Coccineus*) y la Maravilla (*Phaedranassa Sp.*): Aspectos Etnobotánicos de dos plantas alimenticias de origen Americano en el Oriente Antioqueño, Colombia. *Agroalimentaria*.
- Aremu, M. O., Olaofe O., Basu S. K., Abdulazeez G y Acharya S. N. (2010). Harina de semilla de frijol arándano (*Phaseolus coccineus L.*) procesada para la dieta africana. *Revista Canadiense de Ciencias de las Plantas.*, 90, 719-728.
- Ayala-Garay, O. J., Richard, G. J., Estrada, G. J., Carrillo, S. J. y Hernández, L. A. (2006). Rendimiento y calidad de semilla de frijol ayocote en el Valle de México. *Agric. Téc. Méx.* 32, 313-321.
- Barrios-Gómez, E. J., López-Castañeda, C., Acosta-Gallegos, J. A., Miranda-Colín, S. y Canul-Ku, J. (2011). Efecto del estrés hídrico en el crecimiento y desarrollo de frijol. *Invest Agropec*, 1-15.
- Cardador-Martínez, A., Castano-Tostado, E. and Loarca-Pina, G. (2002). Antimutagenic Activity of Natural Phenolic Compounds Present in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) against Aflatoxin B1, Food Additives and Contaminant. 62-69.
- Cárdenas-Ramos, F. (1996). *Catálogo banco de germoplasma de Phaseolus spp. del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias*. INIFAP.
- Cockerell, I., Francis, B. y Halliday, D. (1971). *Cambios en el valor nutritivo de los alimentos concentrados durante el almacenamiento*. Instituto de Productos Tropicales, Londres, Reino Unido.
- Del Campo, L. M. (2022). *Ayocote Morado, Ayocote Amarillo, Sangre de Toro y Vaquita. La Costeña*. Ciudad de México.
- De-Ron, A. M., & Santalla, M. (2013). *Phaseolus vulgaris (Beans)*. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 2, 290-292. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*, 2, 290-292.
- Díaz-Batalla, L., Widholm, J. M., Fahey, G. C., Castaño-Tostado, E. and Paredes-López, O. (2006). Chemical components with health implications in wild and cultivated Mexican common bean seeds (*Phaseolus vulgaris L.*). *J Agric Food Chem.*, 45-52.

- Duarte-Martino, H. S., Mara-Bigonha, S., Morais-Cardoso, L., Oliveira-Barbosa, C., Brunoro-Costa, N. M., Ramírez-Cárdenas, L. and Rocha-Ribeiro, S. M. (2012.). *Nutritional and Bioactive Compounds of Bean: Benefits to Human Health*. En ACS Symposium Series. Hispanic Foods: Chemistry and bioactive compounds. American Chemical Society.
- Escalante-Estrada, J. A. (2001). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en frijol de humedad residual. *Terra* 19, 19-27.
- Espinoza-Alonso, L. G. (2006). *Diversidad genética y caracterización nutricional y nutracéutica del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Irapuato, Guanajuato. .
- FAO. (2014). *Anuario estadístico de la FAO 2014. La alimentación y la agricultura en América Latina y el Caribe*. FAO, Santiago.
- FIRA. (2016). *Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/.../Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- Freytag, F. G., & Debouck, D. (2002). *Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus Phaseolus (Leguminosae-Papilinoideae) in North America*. Mexico and Central America. Botanical Institute of Texas, U. S. A.
- Granito, M., Palolini, M. and Perez, S. (2008). *Polyphenols and antioxidant activity of Phaseolus vulgaris stored under extreme conditions and processed*. LWT.
- Gúzman-Rivera, S., Acosta Gallegos J. A., Álvarez-Muñoz M.A., García-Delgado S. y Loarca-Piña G. (2002). *Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Agricultura técnica en México 28(2).
- Heike, V. (2009). *Asignación de biomasa y carbohidratos en semillas y plántulas de Phaseolus coccineus L. domesticado y silvestre*. Laboratorio del Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados.
- INIFAP. (2014). Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas: Vol. 5 Núm. 2 (2014)*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas: Vol. 5 Núm. 2*.
- Lara-Flores, M. (2015). El cultivo del frijol en México . *Revista Digital Universidad de la UNAM* 16(2), 1-11.
- Lépez-Idelfonso, R. (2018). *Profesor investigador* . Universidad de Guadalajara.
- Lin, Z. L., Harnly, J. M., Pastor-Corrales, M. S. y Luthria, D. L. (2008). *The polyphenolic profiles of common beans (Phaseolus vulgaris L.)*. Food Chem.
- Mosisa, M. T. (2017). Effect of processing on proximate and mineral composition of black climbing (*P. coccineus* L.) bean flour. *Australian Journal of French Studies*.
- Muñoz, O. A. (2019). *Descripción de frijol ayocote (Phaseolus coccineus)*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México: Segunda Edición .

- Muruaga, M. J. (1992). *Hibridación natural y métodos de polinización manual en Phaseolus coccineus L.* In: *Memoria de la XXXVIII Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios y Animales*. Managua, Nicaragua.
- Oomah, B. D., & Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. *J Agric Food Chem.* , 25-30.
- Reyes-Riva, E., Padilla-Bernal, L. E., Pérez-Reyna, O. y López-Jaquéz, P. (2008). *Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol*. Investigación científica.
- Ritchie, J. T., & NeSmith, D. (1991). *Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems. Agronomy Monograph no. 31*. Madison, WI, USA.
- Rodiño, A. P., Lema, M., Pérez, B. M., Santalla, M. and De Ron, A. M. (2007). *Assessment of runner bean (Phaseolus coccineus L.) germplasm for tolerance to low temperature during early seedling growth*. *Euphytica* 155 (1-2). Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9301-6>
- Rodriguez-Rivera, V. B., & Simón-Magro, E. (2008). *Bases de la alimentación humana*. España: Netbiblo.
- Ruiloba-Benítez, J. (1978). NMX-F-090-S-1978. Alimentos. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos. *Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.* .
- Salinas, A. D. (1988). *Phaseolus in archaeology: Genetic resources of Phaseolus beans*. In P. Gepts. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/978-94-009-2786-518>
- Sánchez-Chino, A., Corozo-Ríos, L. J., Cardador-Martínez, A., Martínez-Herrera, J. and Jiménez-Martínez, C. (2018). Effect of cooking on nutritional and non-nutritional compounds in two species of *Phaseolus* (*P. vulgaris* and *P. coccineus*) cultivated in Mexico. *Int. J. of Gastr. and Food Sci.* 20:100206.
- Santalla, M., Monteagudo, A. B., González, A. M. and De Ron, A. M. (2004). *Genetic diversity of Argentinean common bean and its evolution during domestication*. *Euphytica* 135 (1). Obtenido de <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000009543.46471.72>
- Serra-Castaños, R., & Costarrica-González, L. (1980). NMX--F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. *Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*.
- Serra-Castaños, R., & Ruiloba-Benítez, J. (1978). NMX-F-066-S-1978. Alimentos. Determinación de Cenizas en Alimentos. *Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*.
- SIAP. (2017). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agrícola/
- Siddiq, M., Ravi, R. y Dolan, K. D. (2010). *Physical and Functional Characteristics of Selected Dry Bean (Phaseolus vulgaris L.)*. *LWT-Food Sci Technol*.
- SIIT. (2009). *Sistema de Información Biótica. Ficha informativa de Frijol Ayocote* .

- Souza-Sánchez, M., & Delgado-Salinas, A. (1993). Mexican leguminosae: Phytogeographic endemism and origins. In Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J. *Biological diversity in México: origins and distribution*. Oxford University Press., 459-511.
- Suárez-Martínez, S., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J. E., De la Torre-Carbot, K. and García-Gasca, T. (2016). Bean seed: leading nutraceutical source for human health. *CyTA-Journal of Food* 15(1), 131-137.
- Voysest, V. O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Centro Americano de Agricultura Tropical. Cali, Colombia .
- Watanabe, K., & Tojo, M. (2006). Stem and root rot of scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus*) caused by *Pythium myriotylum*. *Journal of General Plant Pathology* 72(2), 126-128. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10327-005-0258-4>
- Watson, S. (1987). *Corn: Chemistry and Technology*. Asociación Estadounidense de Químicos de Cereales.

CAPÍTULO VIII. ANEXOS

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN**

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Teziutlán, Puebla., el día 23 del mes de septiembre del año 2022, el (la) que suscribe **Hesrom Suárez Bruno** alumno (a) de la carrera de **Ingeniería en Industrias Alimentarias** con número de control **17TE0344**, adscrito al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis de licenciatura bajo la dirección de la **Ing. Marlen Hernández Hernández** ceden los derechos del trabajo titulado. **“Caracterización fisicoquímica y determinación de compuestos bioactivos en frijol ayocote (*phaseolus coccineus*) comparado con frijol orgánico.”**, al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y a los directores del proyecto para su difusión, con fines académicos y de investigación.



Hesrom Suárez Bruno
Nombre y firma del alumno
(a)

Vo. Bo



Ing. Marlen Hernández Hernández
Director (a) de Tesis

Asunto: Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora y Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen

Teziutlán, Puebla, 15 de septiembre de 2022

Asesor(a): HERNANDEZ HERNANDEZ MARLEN
Integrante de Comisión Revisora: VILLOBOS ESPINOSA JULIETA DEL CARMEN
Integrante de Comisión Revisora: LEON BAEZ JACQUELIN
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno (a): SUAREZ BRUNO HESROM
Apellido paterno/materno/nombre (s)
Número de Control: 17TE0344 Licenciatura o Posgrado: INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Plan: 2010 Correo Electrónico: 17TE0344@teziutlan.tecn.mx

Cuyo tema es: CARACTERIZACION FISICOQUIMICA Y DETERMINACION DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN FRIJOL AYOCOTE (PHASEOLUS COCCINEUS), COMPARADO CON FRIJOL ORGANICO.

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente 5 días para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de grado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora y Aprobación para Grabación

Siendo el día: 23 de septiembre de 2022 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

HERNANDEZ HERNANDEZ MARLEN
Nombre y Firma del(la) Asesor(a)

LEON BAEZ JACQUELIN
Nombre y Firma del integrante de la Comisión Revisora

VILLOBOS ESPINOSA JULIETA DEL CARMEN
Nombre y Firma del integrante de la Comisión Revisora

SANCHEZ PEREZ MYRIAM
Subdirección Académica



ccp. Expediente

Rosa G

R07/05/2021

Folio:

F-SAC-18