



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

6.
Ri.

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

"CARACTERIZACION BROMATOLOGICA DE
VARIAS SEMILLAS DE FRUTOS CON POTENCIAL
APORTE DE PROTEINA Y GRASA DIETETICA."

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
JOEL CASTILLO CASTILLO



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente

Prof. Valle Vega Pedro

Vocal

Prof. Lucas Florentino Bernardo

Secretario

Prof. Cornejo Barrera Lucia

1er. suplente

Prof. Gil Vieyra Leticia

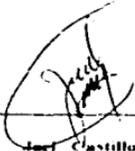
2do. suplente

Prof. Sousa Rojas Hugo

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio 111, Departamento de Farmacia Division de Estudios de Posgrado, Edificio E de la Facultad de Quimica, UNAM

Sustentante:



José Castillo Castillo

Aesor:



M. en C. Bernardo Lucas Florentino

Agradecimientos

Gracias al M. en C. Bernardo Lucas Florentino por su apoyo y dedicación para la realización de esta tesis.

Gracias a la M. en C. Angela Sotelo por permitir el desarrollo de este tema en su laboratorio

Gracias al apoyo de la Dirección General del Personal Académico (DGAPA) a través de una beca para licenciatura

Dedicatorias

Quisiera que con cada una de las horas invertidas durante la carrera, así como en la realización de este trabajo agradecer el enorme esfuerzo realizado por mis padres para darme una formación, para enseñarme a cosechar y no solo a recolectar. Gracias por su amor y comprensión.

A la familia Guitrón Castillo por que siempre me apoyaron en los momentos difíciles de mi vida, que como ellos saben no fueron pocos, y por las enseñanzas que me han dejado.

A Cesar por las charlas filosóficas trasnochadas, a Eleazar por su apoyo incondicional, a Samuel y Salvador por soportarme cuando los sermones y a Evelia por su apoyo durante la carrera y a Nohemi por ser como es conmigo.

A Vicky por compartirme lo mejor de ella en todo momento y por todo lo que me ha enseñado
A toda su familia por su confianza y hospitalidad.

A todos mis amigos de la Facultad y Prepa.

A Lety y Hugo por su apoyo durante la realización de los experimentos y por las charlas que relajaron el trabajo, y a Doña Vicky por su confianza y a todos los compañeros del lab. 111..

Y gracias a Dios que termine.

Contenido.

Temas	Página	Temas	Página
1. Introducción	1	4.5.1.3 Punto de fusión	41
2. Objetivos	2	4.5.1.4 Color	42
3. Generalidades	4	4.5.2 Caracterización química	43
3.1 Alimentos no convencionales	4	4.5.2.1 Índice de yodo (Hanus)	43
3.2 Clasificación botánica de las materias	7	4.5.2.2 Índice de saponificación	45
3.3 Necesidades proteicas	10	4.5.2.3 Índice de acidez	47
3.3.1 Ingesta diaria recomendada por la FAO	11	4.6. Ácidos grasos	47
3.3.2 Fuentes proteicas	11	4.7. Contenido calórico	48
3.3.3 Algunos factores de conservación de nitrógeno	12	4.8. Determinación de algunas vitaminas	50
3.4. Aminoácidos en alimentos	13	4.8.1. Vitamina C	50
3.4.1 Aminoácidos indispensables	13	4.8.2. Vitaminas A, B ₁	52
3.4.2 Necesidades de aminoácidos	13	4.9. Determinación de algunos microelementos	53
3.4.3 Valor químico	15	4.9.1 Calcio y zinc	54
3.4.4 Índice de aminoácidos esenciales	16	4.9.2 Hierro	54
3.4.5 Determinación de aminoácidos	18	5. Resultados	56
3.4.6 Triptofano	18	5.1. Caracterización física de las almendras	56
3.5. Aceites y grasas	19	5.2. Análisis proximal	58
3.5.1 Contenido en fuentes comerciales	19	5.3. Caracterización de la proteína	59
3.5.2 Clasificación	20	5.3.1 Nitrógeno proteico	59
3.5.3 Nomenclatura	21	5.3.2 Perfil de aminoácidos	59
3.5.4 Ácidos grasos en aceites vegetales	22	5.3.3 Valor químico y calorífico	62
3.5.5 Ácidos grasos esenciales	22	Índice de acidez y otros estándares	
3.5.6 Funciones de la grasa en la dieta	23	5.4. Caracterización de la fracción lipídica	64
3.5.7 La grasa como fuente de energía	24	5.4.1. Parámetros físicos y químicos	64
3.6. Minerales	25	5.4.2 Perfil de ácidos grasos	64
3.7. Vitaminas	26	5.5. Contenido calórico	65
4. Metodología	27	5.6. Vitaminas	67
4.1. Análisis proximal	28	5.6.1. Vitaminas A	67
4.2. Obtención de los extractos lipídicos	29	5.6.2. Vitaminas A y E	67
4.3. Pretratamiento de las harinas	40	5.7. Minerales	67
4.4. Caracterización de proteína de la harina de origen soya	40	Curva estándar	62
4.4.1 Nitrógeno proteico	40	Curva estándar de triptofano	62
4.4.2 Aminoácidos	41	Curva estándar de ácido benzoico	66
4.4.3 Triptofano	47	Curva estándar de hierro	68
4.5. Caracterización de la fracción lipídica	49	6. Discusión de resultados	69
4.5.1 Caracterización física	49	7. Conclusiones	87
4.5.1.1 Índice de refracción	49	8. Bibliografía	89
4.5.1.2 Opacidad específica	40		

Lista de tablas.

Tablas	Página	Tablas	Página
3.1 Ingenta proteica cruda	11	5.7 Perfil de aminoácidos en maney	59
3.2 Algunos factores de conversión de nitrógeno	12	5.8 Perfil de aminoácidos en capsula	60
3.3 Aminoácidos	13	5.9 Perfil de aminoácidos en napalante	60
3.4 Necesidades de aminoácidos	14	5.9a Porcentaje de aminoácidos en napalante	61
3.5 Relación de aminoácidos esenciales y proteína total	14	5.10 Curva estándar de triptofano	61
3.6 Necesidades de aminoácidos en niños y adultos	15	5.11 Contenido de triptofano	62
3.7 Contenido medio de aceite en fuentes comerciales	20	5.12 Valor químico	63
3.8 Ácidos grasos más comunes en aceite vegetal	22	5.13 Índice de aminoácidos esenciales	63
3.9 Necesidades energéticas	25	5.14 Parámetros fisicoquímicos en los aceites	64
4.1 Tiempo de hidratación	38	5.15 Perfil de ácidos grasos	65
5.1 Proporción de la semilla de maney	56	5.16 Curva estándar de ácido benzoyco	65
5.1a Proporción de la almendra en la semilla	56	5.17 Contenido calórico en aceite	66
5.2 Dimensiones de la almendra de maney	57	5.17a Contenido calórico en harina	66
5.3 Proporción de la semilla de capsula	57	5.18 Contenido de vitamina C	67
5.3a Proporción de la almendra en la semilla	57	5.19 Contenido de vitaminas A y F	67
5.4 Peso bacteriológico de la semilla	57	5.20 Curva estándar de hierro	67
5.5 Análisis proximal	58	5.21 Contenido de minerales	68
5.6 Contenido de nitrógeno proteico	58		

Lista de figuras.

Formulas	Página	Gráficas	Página
3.1 Valor químico	15	6.1 Proteína total y verdadera	69
3.2 Índice de los esenciales	17	6.2 Análisis proximal	70
4.1 % de nitrógeno	31	6.3 Contenido de grasa y proteína	71
4.2 mg de muestra para aminoácidos	34	6.4 Valor químico	72
4.3 ml de HCl 0.2 N	34	6.5 Índice de los esenciales (Iaaf)	73
4.4 mg de muestra para triptofano	38	6.6 Índice de yodo	74
4.5 ml de LaOH	38	6.7 Índice de saponificación	75
4.6 Ajuste del índice de refracción	40	6.8 Ácidos grasos esenciales	76
4.7 Densidad relativa	41	6.9 Ácidos grasos saturados e insaturados	77
4.8 Normalidad del tiosulfato de sodio	44	6.10 Contenido calórico	78
4.9 Índice de yodo	45	6.11 Vitamina A en aceite	79
4.10 Índice de saponificación	46	6.12 Vitamina A en almendra	80
4.11 Índice de acidez	47	6.13 Vitamina E en aceite	81
Figuras		6.14 Vitamina E en almendra	82
4.1 Diagrama de flujo	33	6.15 Minerales en almendra	83
4.2 Esquema de Weende	34	6.16 Calcio en capsula	84
4.3 Análisis gramas	43	6.17 Hierro en capsula	85
5.1 Almendra de maney	56	6.18 Zinc en capsula	86
5.2 Almendra de capsula	57		
5.3 Almendra de napalante	58		

1. Introducción.

En la búsqueda de nuevas fuentes de proteína y grasa dietarias una línea de trabajo es la caracterización de alimentos "no convencionales", con la finalidad de tener el más completo conocimiento de su composición química.

La caracterización bromatológica de alimentos "no convencionales" incluye la determinación del % de proteína (nitrógeno total y nitrógeno proteínico), de su valor químico e índice de aminoácidos indispensables (determinación del perfil de aminoácidos), del porcentaje de grasa y de sus parámetros fisicoquímicos (gravedad específica, índice de refracción, punto de fusión, color, índice de yodo, índice de saponificación e índice de acidez), así como de su composición de ácidos grasos; como principales criterios para clasificarlos como posibles fuentes de proteína y grasa. Sin embargo para tener una caracterización más completa, en este caso, se han determinado algunas vitaminas (C, A y E) y microelementos (Ca, Fe y Zinc).

De las almendras de los frutos tropicales caracterizados bromatológicamente en el presente trabajo, la de capulín (*Prunus serotina*) puede ser considerada como fuente de proteína (su porcentaje es mayor al 25 %), deficiente en aminoácidos azufrados, mientras que la de mamey (*Calocarpum sapota*) y napaquite (*Trichilia hirta*) no cumplieron con el porcentaje establecido.

Todas las muestras son fuente de grasa dietética (su porcentaje es mayor al 15%). El aceite de mamey y napaquite tuvieron un perfil de ácidos grasos y características fisicoquímicas similares a las reportadas para los aceites comerciales, mientras que el de capulín fue clasificado como un aceite secante, con un contenido elevado de vitamina E y la presencia de un ácido graso insaturado de alto peso molecular.

Otra característica importante en la almendra de capulín fue su alto contenido de zinc en la almendra, capaz de competir con fuentes de origen animal.

De acuerdo con lo anterior mientras que la almendra de capulín es fuente de proteína, su aceite no es apto para consumo humano y si para utilizarse en la industria de las pinturas y capas protectoras. A diferencia de las almendras de mamey y napaquite que no son fuente de proteína y si de grasa dietaria, útil para la industria de las margarinas o aceite comestible.

2. Objetivos.

2.1 General.

- Determinar el valor nutricional potencial de las almendras de Mamey (*Calocarpum sapota*), Capulín (*Prunus serotina*) y Nahuatlite (*Trichilia hirta*).

2.2 Particular.

- Determinar el contenido de macronutrientes en especial de proteína y grasa.
- Determinar la calidad nutricional de la proteína.
- Determinar el perfil de aminoácidos de la fracción proteínica.
- Caracterizar física y químicamente la fracción lipídica.
- Determinar algunas vitaminas de relevancia.
- Determinar algunos microelementos importantes.
- Comparar sus características bromatológicas y nutricionales con alimentos "convencionales".
- Definir su utilización como fuente de grasa y proteína dietarias.

3. Generalidades.

3.1 Alimentos "No-conventionales".

Desde sus inicios la humanidad ha sustentado una lucha continua para cubrir sus necesidades primarias, entre las que destacan la alimentación, una actividad que seguirá siendo una de las principales del presente y futuro del hombre. Nuestros ancestros seleccionaron sus alimentos en base al sistema empírico de "ensayo-error", ya que en realidad las plantas y animales que han servido históricamente como fuentes de alimentos para el hombre no fueron diseñados por la naturaleza para tal propósito, con excepción de la leche materna (19,23). El método de "ensayo-error" definitivamente fue muy drástico, y desde el punto de vista toxicológico solo pudo evidenciar un efecto tóxico a corto plazo, no obstante más que un estudio sistemático, se acepta como válido que sean seguros y algunos autores los denominan como "Alimentos Tradicionales o Convencionales" (16). Sin embargo, el valor conferido a los alimentos por tradición es relativamente aparente, si consideramos que un alimento es un "complejo agregado químico", de los cuales muchos de los compuestos no han sido completamente caracterizados, por ejemplo en la papa, hasta el momento se han identificado 150 compuestos químicos, dentro de los cuales tenemos: solanina, ácido oxálico, arsénico, taninos, nitratos y otros más, sin reconocida acción nutricional y si con una franca acción farmacológica (6,11,19).

Desde el punto de vista toxicológico, hay un aspecto que no puede ser visualizado por el hombre primitivo y que aun incluso en la actualidad no es totalmente apreciado, y es el factor de la toxicidad crónica ocasionada por la ingestión continua de algunos alimentos. Con respecto a lo anterior, aunque no se presente una reacción violenta o drástica, pero puede presentarse la acumulación de una o más sustancias, que con el tiempo pueden provocar una enfermedad o disminuir el óptimo estado de salud. Este aspecto que presentan los alimentos en especial los de origen vegetal, es uno de los principales retos en la investigación de la toxicología de los alimentos.

Por lo anterior, los alimentos y la dieta son lo que en la vida cotidiana da lugar a mayor número de suposiciones, mitos y tabúes, que no tienen en ningún momento las bases científicas que los sustentan (12,19,22).

Con respecto a lo anterior, vale la pena reconsiderar lo expresado por el Dr. Eduard Saona, quien establece: "No cabe duda de que el uso, la domesticación y el cultivo de las especies vegetales más extendidas han sido determinadas en gran medida por el azar, y están condicionadas por los valores sociales, económicos y políticos de las culturas dominantes.

Es muy probable que si el proceso hubiera sido programado y las especies hubieran sido seleccionadas en base a los datos científicos de que hoy disponemos, el resultado hubiera sido distinto

(6). Considerando lo anterior, podemos decir que por el descubrimiento de América, que puso en contacto dos macrocosmos ecológicos con diferencias en historia, cultura y tradiciones; se notó un cambio significativo de los hábitos alimenticios, principalmente para el Continente Americano.

En el curso de ese intercambio desaparecieron o quedaron marginados, productos que en el pasado habían ocupado un lugar destacado en la economía y la alimentación de vastas regiones; así, una gran diversidad de especies vegetales, cedieron su lugar a cultivos extraños, que con el tiempo desencadenaron cambios en los hábitos alimenticios, que han determinado que en algunos países de América Latina, se presente una dependencia alimentaria y económica, que constituye un serio obstáculo para su pleno desarrollo (6,3,6).

Un factor íntimamente relacionado con los alimentos y la alimentación lo constituye la tasa de crecimiento poblacional. Con respecto a lo anterior en la actualidad se menciona que hay cerca de 6 mil millones de habitantes en el mundo y los recursos alimenticios necesarios para esa población tan grande, son escasos; a pesar de que ha habido un notable aumento en la disponibilidad de los alimentos, este no ha ido apurejado con el crecimiento poblacional.

La anterior situación se magnifica en países en vías de desarrollo como el nuestro; además esta escasez se acentúa en las poblaciones marginadas de menores recursos económicos, como son las comunidades indígenas, en las cuales la "modernización" ha transformado sus patrones alimenticios culturales, socioeconómicos y ecológicos (6,7,21,37).

Esta discrepancia en el suministro de alimentos y crecimiento de la población se sigue ampliando, por lo cual es urgente realizar acciones tendientes a su solución; una de las cuales propone el estudio sistemático de los alimentos "no convencionales" como complemento en la alimentación animal y posiblemente humana. Varios expertos consideran que para tener una adecuada dieta se tendría que cuadruplicar la producción de alimentos que proporcionen proteína de origen animal, lo que en países pobres es irrealizable, por lo tanto proponen como una solución más viable aumentar la producción de los alimentos de origen vegetal con un buen contenido proteínico (8,19,23). La mayor parte de la desnutrición es causada por la carencia de proteína; sin embargo, en la actualidad existen pruebas suficientes que demuestran que otro factor igualmente importante lo constituye el bajo aporte energético.

Estos dos factores funcionan generalmente en forma simultánea, y se ha observado que en muchos casos de desnutrición infantil, ésta se presenta por una inadecuada cantidad de alimentos, o el consumo adecuado en cantidad pero de baja densidad calórica (15,17,28).

Los cambios generados por la "modernización agropecuaria" en las regiones rurales de América Latina, ha ocasionado algunas consecuencias ecológicas, socioeconómicas y culturales negativas, como es la depredación del medio ambiente y del germoplasma vegetal, que algunos autores denominan "erosión genética" (6,40)

Lo anterior cobra vital importancia bajo el concepto de "Biodiversidad" ya que el Continente Americano tiene una enorme riqueza de especies animales y vegetales, que dio pauta al desarrollo de culturas prehispánicas en tres grandes regiones: La Mesoamericana, La Andina y la Amazonica. La biodiversidad a nivel mundial se concentra en las zonas tropicales y subtropicales.

Sin embargo, en épocas recientes en base al modelo agrícola-ganadero traído del viejo continente, se pone en alto riesgo la "Biodiversidad", ya que con tal de obtener tierras adecuadas para este sistema de monocultivo, se talan bosques silvestres o semi-silvestres y se pone en peligro de extinción el potencial germoplasmico (6,8,17). Se considera que el área cultural de Mesoamérica, es una de las zonas de origen agrícola comparable a la del Cercano Oriente, China y la región andina, considerándose actualmente como la más importante en "Biodiversidad" del continente. Precisamente en Mesoamérica el cambio y marginación de las plantas alimentarias ha sido un proceso relativamente largo y difícil; no obstante, los cambios sociales, violentos como fue la conquista hispana, trajeron alteraciones sumamente drásticas, que afectaron definitivamente a las comunidades que tuvieron mayor contacto con la población dominante. Sólo las comunidades más pobres o las indígenas mantuvieron los cultivos tradicionales y conservaron las técnicas de manejo y utilización. Esta información empírica se va acumulando a través de los siglos, en busca de satisfacer sus necesidades con la variedad de especies animales y sobre todo vegetales que se han ido presentando por selección natural, por mutaciones y por introducciones, incluso en el medio indígena, la forma de aprovechar los recursos naturales tiende a ser integral, lo que es congruente con la denominada agricultura sustentable (6,7,17,41)

Paradójicamente, nuestro país, que tiene una posición ventajosa en lo que ha riqueza de especies vegetales se refiere, se carece de un inventario florístico que abarque todas sus regiones, además, hay una incompleta caracterización fitosociológica de esta riqueza vegetal (5,41)

Referente a las condiciones reales de la alimentación entre la población rural, todavía hay un profundo desconocimiento, que incluye hasta lo más básico, como son los recursos naturales con que cuentan estas regiones indígenas (17,42). En estas zonas se maneja el mito de que se consume una dieta monótona y poco variada, sin embargo, hay claros ejemplos que demuestran todo lo contrario.

Sólo basta mencionar que en las comunidades rurales de la Sierra Purepecha, se ha podido encontrar que consumen aproximadamente 100 especies vegetales, aparte del maíz, frijol y chile, mencionándose que en otras comunidades su dieta vegetal se enriquece con alimentos de origen animal. Sin embargo, en estos entornos indígenas se corre el riesgo de la implantación de la "modernidad" mal planeada, que puede poner en peligro la pérdida de muchas especies que hasta el momento no han sido valoradas en el aspecto nutricional y fitoquímico (6,17,42). Actualmente ya se ha iniciado una línea de investigación sobre la flora silvestre mexicana con potencial uso en la alimentación humana y animal, obteniéndose datos interesantes (18,33,35). También se ha considerado que el estudio sistemático de la flora regional autóctona, puede crear las condiciones de una agricultura sostenible con el cultivo o protección de especies adaptadas a esas condiciones climáticas, incluso en algunos casos, el estudio se puede reducir a un simple redescubrimiento de especies vegetales que fueron y siguen utilizándose en zonas rurales (8,31,38). Aunque en la solución de esta problemática se ha resultado la búsqueda de una fuente de proteínas vegetal dietaria, es importante hacer recalcar que la fracción lipídica de estos alimentos "no convencionales", es de suma importancia y se debe valorar y caracterizar su potencial alimenticio. Referente a lo anterior, cabe mencionar que un grupo de investigadores en el campo de los cultivos de oleaginosas, consideran de gran relevancia y prometedores el estudio de disponibilidad de variedades vegetales acumuladoras de grasa, ya que visualizan que dentro de 50-100 años, se tendrá que hacer uso de oleaginosas con fines no alimenticios, en sustitución de los actuales hidrocarburos fósiles (26,27).

Adicionalmente, hay que recordar que el grano de soya hace aproximadamente 65 años no era conocido fuera del Continente Asiático, estimándolo por las culturas occidentales como alimento "no convencional", sin embargo, actualmente se puede considerar como el tercer cultivo en importancia en América, incluso es de vital importancia en Brasil y otros países no asiáticos.

También en la actualidad se está redescubriendo y llevando a cabo el estudio sistemático del "tarwi" (*Lupinus mutabilis*), que es una semilla de leguminosa que crece en la zona andina desde Venezuela hasta el norte de Chile y Argentina, cuyo contenido de proteína y grasa en base seca es de 40 y 20 % respectivamente (3,11,24).

El 41 % de la superficie de la República Mexicana puede considerarse dentro de la clasificación de zonas áridas y semiáridas. En estas tierras viven 10 millones de mexicanos en condiciones de vida miserables, enfermos, desnutridos y sin alternativas de solución para permanecer en su lugar de origen.

En estas zonas existe un gran desperdicio de recursos naturales y humanos, ya que el rendimiento de los cultivos convencionales es bajo o nulo.

En cambio se observa el crecimiento de especies vegetales potencialmente utilizables, para lo que es necesario planear su explotación racional, domesticación y mejoramiento, para que lleguen a constituir una fuente confiable de trabajo y recursos económicos para los habitantes, permitiendo así mejorar sus condiciones de vida (9).

3.2 Clasificación botánica de las muestras utilizadas.

3.2.1 Mamey (*Calocarpum sapota*).

(Sinónimos del nombre científico: *Calocarpum mammosum*, *Archardripas mammosa*, *Pouteria sapota*, *Pouteria mammosa*).

Nombre vulgar: mamey, mamey colorado (Centro de México), zapote mamey (México), zapote (España), sapote mamey (Guatemala y Puerto Rico), entre otros.

Pertenece a la familia de las sapotáceas que engloba cerca de 35 géneros y unas 700 a 800 especies de árboles perennifolios y algunas plantas trepadoras.

Una de las características principales de esta especie, es la exudación de latex, compuesto de color blanco y pegajoso (50).

Arbol frutal, de 10 a 30 metros de hojas ovadas, de 10 a 30 cm., con nervaduras paralelas, cuyo tronco llega a alcanzar un diámetro de 80 a 100 cm, flores blancas de 9 a 10 mm. de 5 lobulos, fruto ovoido de 8 a 20 cm con el epicarpio pardo y aspero y la pulpa roja, dulce y comestible (24,50).

Es un árbol que crece espontáneamente en diferentes regiones del país, puesto que se ha propagado de manera natural por medio de semillas. Se considera originario de las selvas del Sur de México y América Central, debido a la cantidad de tipos críollos originarios de semillas de esta región.

Actualmente se encuentra distribuido en Centroamérica, las Antillas, Sudamérica, Filipinas, Cuba y E.U.A. El área más probable de dispersión original se ubica en Guatemala, Honduras, Costa Rica y el Sur de México, que comprende el Sur de Veracruz, Tabasco, el Norte y Oriente de Chiapas.

El sabor del fruto, cosechado en su estado de madurez ha favorecido para que se encuentre prosperando fuera de su hábitat original, dando como resultado el intercambio de especies. Por ello, es común encontrar plantaciones de árboles de mamey aisladas en diferentes regiones como lo son Colombia, Ecuador, E.U.A. (California y Florida), Filipinas, Jamaica y Venezuela.

La época de cosecha de la fruta comprende de los meses de abril a julio y generalmente toda se vende en forma natural en los mercados internos. A pesar de que no se considera una fruta de estación, el periodo donde se obtiene la mayor producción es de abril a mayo.

En 1981 se registró una producción de 29,349 toneladas, siendo los principales productores los estados de Jalisco, Michoacán, Tabasco, Yucatán y Campeche.

Su comercialización se a realizado por los productos alternos a su fruto: madera, latex, que es utilizada para la elaboración de chicle (este producto es el de mayor importancia por su uso) y extracción de aceite de la semilla.

En general la pulpa se consume de manera natural en las regiones productoras. Sin embargo en algunas regiones se le industrializa en forma rustica para preparar dulces y conservas. En Centramérica se mezcla con cacao para la elaboración de chocolate.

Es importante mencionar que al igual que otros frutos sufre variaciones de precio dependiendo del volumen de comercialización (50).

3.2.2 Capulín (*Prunus serotina*)

(*Abundante del nombre científico: o Prunus capuli*).

Nombre vulgar: capulín, capulín blanco, cerezo, cuaabi, jeco, entre otros.

Arbol de 10 a 15 metros, hojas lanceoladas, aserradas, flores blancas en armentos, fruto globoso de 1 cm, negro o rojizo, comestible con una semilla.

Las zonas de cultivo son Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Valle de México, Guanajuato y en lugares fríos y templados. Cav. Rosáceas (24).

Desde Venezuela hasta Perú podemos encontrar alrededor de las grandes villas arboles de capulín (*Prunus serotina*). Es un árbol fácilmente identificable y representa para los Andes lo que la palma representa para las zonas costeras. A pesar de que se localiza en los Andes se piensa que puede ser de origen mexicano, ya que su nombre viene de la palabra azteca capuli (se pronuncia ka-poo-lee).

El capulín es el primo de la cereza grande y negra, y tiene un sabor y apariencia similar. Sin embargo, se transporta como si fuera uva y su sabor se relaciona con el de la ciruela. Estos frutos son redondos, brillantes, púrpuras o negras. Su pulpa es verde, carnosa y jugosa. La piel es delgada, pero lo suficientemente fuerte para evitar que el fruto se rompa. Aunque comúnmente se consume fresca, también se le ha industrializado como vino y mermelada.

Las áreas de cultivo van desde los Andes hasta latitudes tropicales, estos árboles crecen en áreas templadas (2200-3100 m de altitud, a una temperatura de 10° a 22°C). También se ha cultivado en zonas subtropicales y calientes.

Algunas nuevas variedades fueron introducidas en Nueva Zelanda, donde no hay o se presentan con poca frecuencia heladas.

El hueso es grande con respecto al tamaño del fruto. También debe considerarse que la piel tiene un sabor amargo. Sin embargo, hay variedades que pueden incluso competir con las mejores cerezas.

Su propagación como cultivo se debe al aprovechamiento de la semilla y cualquier mejoramiento del árbol se ha logrado mediante injertos y germinación. Los árboles son extremadamente vigorosos. Las flores y frutos aparecen al tercer e incluso segundo año de vida.

Sus raíces alcanzan una longitud de 10 m y los requerimientos del suelo no son muchos, puede crecer en cualquier suelo lo suficientemente fértil. Solo es susceptible al hongo negro y no se desarrolla en zonas húmedas (zonas de 300-1800 m de altitud).

Otro uso que se le da es en la reforestación ya que es una especie de rápido crecimiento y además se desarrolla en suelos pobres. Después de cinco años de plantado, su madera puede utilizarse como carbón de madera, postes y para leña. Después de 6-8 años puede aserrarse su madera para fabricar guitarras, muebles, ataúdes y otros productos. La madera es resistente a insectos y hongos, y se vende a precios altos. Sus ramas jóvenes son fuertes y flexibles, como bastones de mimbre, y los restos son usados para fabricar canastas. El capulín es frecuentemente utilizado como un sistema agroforestal. Sus raíces son profundas y ayudan a prevenir la erosión y evita que el suelo se seque. Se ha interplantado con cultivos de maíz, alfalfa y papas. Les proporciona protección del viento y sirve como una barrera biológica - ya que los pájaros consumen sus frutos antes de consumir los cultivos. Sin embargo, hay excelentes posibilidades para seleccionar los frutos más carnosos y de mejor sabor. Con una propagación vegetativa, selección horticultural de variedades puede incrementar su población en América Latina donde su siembra es pobre (Las semillas alcanzan hasta un 100 % de germinación).

Algunos árboles producen frutos carnosos y grandes, estas son las variedades que se deben seleccionar y propagar por capullos o injertos.

Las diferencias de sabor son muy importantes, hay algunos árboles que producen frutos de sabor amargo hasta desagradable y algunos otros (frecuentemente llamados "capulín caucha") frutos de sabor dulce, placentero y delicioso. Este tipo es comparable con las cerezas importadas por lo que debe ser seleccionado y propagado (Las regiones alrededor de Ambato, Ecuador son buenas fuentes).

Aunque es un árbol conocido en las Américas y los mejores frutos se encuentran en los Andes, se le debe mayor difusión en los países de América Latina. Por ejemplo en Quito se han plantado árboles en zonas urbanas y sus frutos son consumidos por los niños escolares.

También ha empezado a cultivarse fuera de América, por ejemplo en Europa donde las cerezas no se cultivan. En Asia Menor puede tener valor, en el norte de la India, y en otras regiones de clima similar.

Aunque no se puede comparar con el cultivo de la cereza-producida por selección de generaciones y propagación vegetativa- el capullín es un alimento de buena calidad y tiene mucho potencial de mejoramiento.

En Estados Unidos el fruto no ha recibido la suficiente atención. En el estado de Massachusetts (42° N) se cultiva y crece su fruto. También se ha introducido en Nueva Zelanda, recibiendo atención en el Sur de Europa y tal vez en Sudáfrica y Australia (8).

3.2.3 Nápahuite (*Trichilia hirta*).

Nombre vulgar: Nápahuite.

Arbusto o arbolillo hasta de 15 metros, con hojas pinadas, compuestas de 7 a 23 hojuelas lanceolado-ovadas o elípticas de 5 a 8 cm., flores de 4 mm. verdoso-amarillentas en grandes inflorescencias, con los estambros unidos, fruto una capsula globosa de 1 a 2 cm. con 3 valvas y de 3 semillas oleaginosas, arilladas, rojas o anaranjadas, de 6 mm.

Se cultiva en casi todo el país, Sonora, Oaxaca, Yucatan, Chiapas y en lugares de clima cálido. Meliáceas (24)

A partir de la semilla se extraen compuestos llamados protolimonoides y limonoides los cuales tiene un efecto inhibidor en el crecimiento de gusanos polífaros lepidópteros *Peridroma saucia* y *Spodoptera litura*.

3.3 Necesidades proteínicas del hombre.

Las recomendaciones más recientes acerca de la ingesta total de proteínas son mayores que las recomendadas en 1973 para el conjunto de la población mundial (FAO/OMS, 1973) Se han revisado las diferentes recomendaciones acerca de las necesidades diarias de varios países hasta 1980 con respecto a todos los nutrientes (IUNS, 1983) En 1981 la FAO/OMS-ONU (1985) recomendaba niveles de ingesta proteínica que se aproximaban a los valores recomendados previamente en Inglaterra y Estados Unidos.

3.3.1 Ingesta proteica diaria abreviada recomendada por la FAO/OMS/ONU*.

Tabla No. 3.1 Ingesta proteica diaria.

Edad (años)	Nivel de disponibilidad (g de proteina/kg por día)
Lactantes y niños: 0.25-0.5	1.86
0.75-1.0	1.48
2-3	1.13
9-10	0.99
Adolescentes (varones): 10-11	0.99
14-15	0.96
17-18	0.86
Adultos**+	0.73

*FAO/OMS/ONU, 1985.

**Durante la gestación se recomienda que la ingesta proteica se eleve 6 g/día.

+Durante la lactación se recomienda una ingesta proteica diaria adicional de 16 g (29).

Inglaterra recomienda valores para la ingesta de proteínas en la dieta en función de la edad, siempre relacionados con las necesidades energeticas, mientras que Canada y Estados Unidos recomiendan unos valores medios basados en el peso corporal. Los niveles de proteina propuestos son aquellos considerados como necesarios para mantener la salud y las necesidades fisiologicas de la mayor parte de los individuos de un grupo de poblacion.

3.3.2 Fuentes proteicas.

La dependencia de una unica fuente de proteina puede dar lugar a una ingesta proteica insuficiente en algunos de los aminoácidos indispensables; por ejemplo, los cereales son deficientes en lisina mientras que las legumbres lo son en aminoácidos azufrados. En orden a cubrir las necesidades nutricionales, el hombre necesita una fuente proteica diversificada y por tanto es mejor considerar la contribucion nutricional de la dieta globalmente en vez de la contribucion por articulos aislados. Para el niño y el adulto, se calcula que aproximadamente el 39 % y el 11 % respectivamente de la ingesta proteica ideal estaria compuesta por aminoácidos indispensables (30).

En los paises desarrollados las principales fuentes proteicas son la leche, el pescado, los huevos, los cereales y las legumbres. Basandose en el conocimiento de la composicion en aminoácidos de las proteinas, las fuentes proteicas se clasifican en buenas, adecuadas o pobres.

Las buenas son los productos lacteos, la carne, los huevos y el pescado, adecuadas el arroz, el maiz y el trigo, mientras que las pobres son la mandioca, las patatas, las batatas y muchas frutas.

También se han sugerido otras proteínas vegetales como fuentes alternativas de proteínas para el consumo humano, entre las que se incluyen las de semilla de algodón, cacahuete, las de hojas y microbianas.

La soja y el cacahuete se cultivan por su contenido de aceite, aunque al igual que otras legumbres, su contenido de proteína es superior al de los cereales.

Las proteínas derivadas de semillas destinadas a la producción de aceite, se obtienen después de haber extraído el aceite con solventes orgánicos, como el n-hexano.

Por ejemplo, la soja se pela y se tritura antes de ser sometida a la operación de extracción del aceite, mientras que en la manufactura de la harina de colza desgrasada, cuya semilla es muy pequeña, no se elimina la cáscara debido a las potenciales pérdidas de aceite.

Las variedades de colza (*Brassica spp*); debido a su creciente empleo como materia prima para la obtención de aceite vegetal, proporcionan una fuente viable de proteínas, aunque sus semillas sean muy pequeñas y la cáscara represente aproximadamente el 25 % del residuo proteico libre de aceite (29).

3.3.3 Factores de conversión del contenido de nitrógeno total de los alimentos en proteína.

El contenido de proteína bruta puede valorarse a partir del porcentaje de nitrógeno mediante factores de conversión que transformen este valor en tanto por ciento de proteína. El Committee of Energy and Protein Requirements FAO/OMS (1983) ha sugerido el empleo de factores específicos para los productos alimenticios básicos:

Tabla No. 3.2 Algunos factores de conversión de nitrógeno total.

Producto alimenticio	Factor N ₂
Trigo	5.83
Arroz	5.95
Cebada, grama, centeno	5.83
Soja	5.71
Leche	6.38
Carnes, huevos	6.25

(De FAO/OMS, 1973)

Sin embargo, tales valoraciones no tienen en cuenta el nitrógeno no proteico presente en algunos carbohidratos, ácidos nucleicos y aminoácidos no proteicos.

Además los concentrados de proteínas alimentarias pueden estar contaminados con sales de amonio, y por tanto los valores obtenidos para el nitrógeno pueden dar una sobre-evaluación de la concentración de proteína. Otros errores, por ejemplo en los datos acerca de la humedad, pueden dar también una información inexacta acerca del contenido de aminoácidos en los alimentos (29).

3.4 Aminoácidos en alimentos.

3.4.1 Aminoácidos indispensables.

De los 20 aminoácidos comunes que constituyen a las proteínas, 8 no se pueden sintetizar en el cuerpo; por tanto, deben ser suministrados por la dieta, ya formados en los alimentos proteínicos.

A estos aminoácidos indispensables se los denomina aminoácidos indispensables. Otro aminoácido más, la histidina, es indispensable para los bebés, que aun no han desarrollado el sistema de enzimas lo suficiente como para formar ese aminoácido en la cantidad requerida para su crecimiento.

De los 11 aminoácidos restantes (no indispensables), 2 requieren de la presencia de los indispensables para su síntesis en el organismo: Fenilalanina para sintetizar tirosina y metionina para sintetizar cistina (43).

Tabla No. 3.3 Aminoácidos.

Infante postnatal.	No. Infante postnatal.
Fenilalanina.	Acido aspártico
Leucina.	Acido glutámico
Isoleucina.	Alanina.
Lisina.	Arginina.
Metionina.	Cisteína.
Treonina.	Cistina.
Triptófano.	Glicina.
Valina.	Hidroxi prolina.
Además para los niños:	Prolina.
Histidina.	Serina.
	Tirosina.

3.4.2 Necesidades de aminoácidos en el hombre.

El comité de expertos de la FAO/OMS y de la National Research Council (NRC)/National Academy of Sciences (NAS) ha valorado las necesidades de aminoácidos en los niños a partir de los datos obtenidos mediante experimentos alimentarios. Sin embargo, a pesar de que la necesidad de aminoácidos esenciales disminuye con la edad, relación poco conocida, las recomendaciones de la FAO/OMS/ONU para los adultos se han basado hasta hace poco tiempo en los datos obtenidos con niños de edad preescolar (29).

Tabla No. 3.4 Necesidades de aminoácidos*.

am	Niños		Añochevados (10-12 años)	Adultos		(Adultos/Niños) x 100	
	FAO/OMS	NRC/NAS	FAO/OMS	FAO/OMS	NRC/NAS	FAO/OMS	NRC/NAS
Ile	70	80	30	10	12	14.3	14.6
Leu	161	135	45	14	16	8.7	11.8
Lys	103	99	60	12	12	11.6	12.1
Met+Cys	58	49	27	13	10	22.4	20.4
Phe+Tyr	125	141	27	14	16	11.2	11.3
Thr	87	68	35	7	8	8.0	11.7
Trp	17	21	4	3.5	3	20.0	14.3
Val	93	92	33	10	14	10.7	15.2
Ileu	28	33	-	-	-	-	-
Total	742	721	261	83.5	91	-	-

FAO/OMS, 1973 y FAO/OMS/ONU, 1985; NRC/NAS, 1980.

*mg/kg de peso corporal/día.

Tabla No. 3.5 Relación entre la cantidad de aminoácidos indispensables recomendados y la proteína total en el hombre.*

Edad (años)	Aminoácidos indispensables (E.g./día/kg peso corporal)	Proteína (T.g./día/kg de peso corporal)	Cociente E/T
0.25-0.5	0.742	1.86	0.39
10-12	0.261	0.99	0.26
Hombre adulto	0.083	0.75	0.11

(*FAO/OMS/ONU 1985, por kg de peso corporal/día)

Globalmente la ingesta proteínica recomendada por FAO/OMS/ONU (1985) cae exponencialmente con la edad, partiendo de un valor elevado de 1.86 g por día y kg en los niños, hasta aproximadamente 0.75 g por día y por kg de peso corporal en el hombre adulto. Como se ve en la tabla 3.5, la ingesta diaria de aminoácidos indispensables (E) recomendada por la FAO/OMS/ONU (1985) disminuye con la edad a una velocidad mayor que la ingesta proteínica diaria total recomendada (T), lo que significa que la necesidad de que una proteína suministre todos los aminoácidos indispensables en cantidades requeridas cae sustancialmente con la edad. Debe considerarse otros parámetros variables, como la composición, la raza y el estado fisiológico, que pueden influir en las necesidades de los aminoácidos.

A falta de una información precisa sobre las necesidades medias de los aminoácidos y proteínas, el comité FAO/OMS utiliza los valores más altos del rango, de forma que la ración diaria recomendada está situada dos desviaciones estándar por encima de la media calculada.

A este respecto, debe tenerse en cuenta que en la actualidad las dosis diarias recomendadas de proteínas y los contenidos de aminoácidos se basan en estimaciones para grupos de población y no en las necesidades absolutas de cada individuo (30).

3.4.3 Valor químico.

También ha aumentado la ingesta proteínica total recomendada y por tanto los aminoácidos indispensables necesarios por gramo de proteína son menores que los sugeridos en 1973 por la FAO/OMS/ONU para la proteína de referencia. El patrón, que incluye la histidina, indica que los niños necesitan 460 mg de aminoácidos indispensables por gramo de proteína de referencia y que este valor disminuye con la edad para proteínas de alta calidad. Por tanto utilizando los patrones de FAO/OMS/ONU de 1985 la cantidad adecuada de proteínas que deben consumir los niños más jóvenes, los de edad preescolar (2-5 años) y los adultos puede estimarse separadamente a partir de su composición de aminoácidos. Con este fin se determinan valores químicos relacionados con el patrón FAO/OMS para los aminoácidos individuales mediante la relación:

$$\text{Valor químico} = \frac{\text{mg de aa esencial} \times \text{g proteína analizada}}{\text{mg de aa esencial} \times \text{g de proteína referencia}}$$

Fórmula 3.1

3.4.3.1 Necesidades de aminoácidos sugeridas por la FAO/OMS/ONU*.

Tabla No. 3.6 Necesidades de aminoácidos en adultos y niños.

Aminoácido (mg/g proteína)	Niños (de 2-5 años)**	Adultos
Histidina	19	16
Isolecucina	28	13
Leucina	66	19
Lisina	38	16
Metionina/Cisteína	25	17
Fenilalanina/Tirosina	63	19
Treonina	34	9
Triptófano	11	5
Valina	35	13
Total		
Incluyendo histidina	139	127
Sin incluir histidina	120	111

* FAO/OMS/ONU, 1985

** Composición de aminoácidos de la leche de mujer

Para la proteína a analizar, el aminoácido limitante es el componente que determina el valor global de la proteína. Sin embargo, este método tiene una serie de desventajas; la primera, que la eficacia depende de la proteína de referencia elegida (tabla 2.6), basada en cálculos sobre la composición de la leche de mujer; la segunda, que el patrón de referencia todavía combina los aminoácidos azufrados así como los aromáticos, por lo que enmascara la existencia de algún tipo de deficiencia de los aminoácidos individuales estrictamente esenciales, como la metionina o la fenilalanina; la tercera, que los aminoácidos medidos por análisis químicos pueden no estar disponibles biológicamente, ya que los animales tienen que digerir y asimilar las proteínas antes de que sean una fuente eficaz de nutrientes.

No obstante, los datos basados en las necesidades de aminoácidos permiten establecer comparaciones entre la eficacia de diversas proteínas como fuentes de alimentación humana (30).

El contenido de aminoácidos en una proteína puede no reflejar el valor nutritivo real porque algunos de los aminoácidos no son aprovechados por el organismo. Los problemas en la determinación de aminoácidos en proteínas ha sido ampliamente revisado en la literatura.

Por ejemplo el procedimiento más satisfactorio para el análisis para Lisina aprovechable se basa en la reacción del dinitrofluorobenceno con el grupo epsilon de la Lisina.

El contenido total de aminoácidos de los alimentos obtenido por hidrólisis de la proteína ha sido revisado en la literatura. Comparativamente poco se sabía a cerca del contenido de aminoácidos libres, hasta que se utilizaron los nuevos métodos analíticos tales como la cromatografía de papel y de intercambio iónico. La separación y determinación de los aminoácidos libres individuales en alimentos ha sido estudiada en carne de almejas, nueces, papas, tomates y champiñones.

La distribución de estos aminoácidos en el grano de maíz ha sido reportada. Los aminoácidos libres son importantes en los alimentos primero por sus posibles implicaciones tóxicas y por sus posibles efectos en las características organolépticas del alimento al ser procesado (32).

3.4.4 Índice de aminoácidos indispensables.

La utilización de la proteína dietaria para el crecimiento y manutención depende de la presencia y cantidad de los aminoácidos indispensables y del grado de degradación y rapidez de digestión.

En la completa ausencia de cualquiera de los aminoácidos indispensables para las especies animales, el crecimiento y sobrevivencia no es posible.

Todos los aminoácidos participan en la síntesis proteica y son intrínsecamente indispensables en el metabolismo, pero aquellos que no pueden ser sintetizados por el hombre son los llamados esenciales o indispensables en la dieta (44).

El valor nutricional de cualquier proteína o mezcla de aminoácidos indispensables para un animal debe ser relacionado a las necesidades individuales para el crecimiento y manutención. Las variables que se deben considerar son el sexo, edad y estado con respecto a la lactancia, enfermedad, convalecencia e historial nutricional. Por esta razón es necesario tomar una proteína como estándar, una proteína alimenticia de óptimo valor nutricional de acuerdo a un criterio biológico.

Dentro de los estándares recomendables para comparar la proteína muestra están la leche humana y la proteína del huevo entero (44)

Esta comparación deriva en el cálculo del índice de aminoácidos indispensables:

Esta basado en la proporción mínima del contenido relativo de aminoácido indispensable de la muestra con respecto al que hay en una proteína estándar que puede ir de 1.0 % hasta un 100 %. Se define como la media geométrica de las proporciones de los aminoácidos de la muestra y los aminoácidos del estándar. Calculandose de la siguiente manera:

$$IaaE = \sqrt[n]{\frac{aa_{muestra}}{aa_{estd}} (1) \times \dots \times \frac{aa_{muestra}}{aa_{estd}} (n)}$$

Fórmula. 3.2

IaaE = Índice de Aminoácidos indispensables en el alimento.

$aa_{muestra}$ = Aminoácido indispensable en la proteína del alimento

aa_{estd} = Aminoácido indispensable en la proteína estándar.

n = Número de aminoácidos (debe considerarse como un valor la suma de aminoácidos azufrados y de aromáticos).

El contenido de aminoácidos es usualmente expresado en una base de nitrógeno de 16. Sin embargo, el índice de aminoácidos esenciales puede ser computado del contenido de aminoácidos relativo a el nitrógeno total en la muestra y en el estándar .

Una aplicación del IaaE es para poder predecir los valores biológicos y a partir de este, estimar las combinaciones de proteínas o suplementarlas con un aminoácido individual o combinaciones. Debe hacerse notar que el valor predicho por el IaaE puede o no corresponder al experimental, ya que hay otros factores que afectan el aprovechamiento de la proteína (estado de salud, sexo, degradación de la proteína, etc.) (44).

3.4.5 Determinación de aminoácidos.

La determinación cuantitativa de los aminoácidos de una proteína guarda una estrecha comparación a lo que se realiza en el análisis químico elemental de una simple molécula orgánica, o sea que una característica primaria cuando se tiene una proteína es determinar su composición de aminoácidos.

La exactitud de dicho análisis es de suma importancia, y es conveniente realizarlo con rapidez y facilidad. Las anteriores características han sido posible integradas, con el desarrollo de equipos automatizados en los últimos años.

En la actualidad el uso de la cromatografía de intercambio iónico con resinas específicas (resina de poliestireno sulfonatada), acoplada la columna a bombas especiales que mantienen un flujo constante de las soluciones eluyentes y aparatos de registro electrónico automático, han permitido el desarrollo de los llamados autoanalizadores de aminoácidos, que realizan el análisis de una proteína con increíble rapidez y una adecuada precisión.

La naturaleza de las condiciones de hidrólisis ácida completa, juega un papel de gran importancia en el análisis de aminoácidos de una muestra proteínica con el fin de obtener su composición. El método particular de hidrólisis de proteínas previo al análisis de aminoácidos, es de considerable interés debido a que ciertos aminoácidos son destruidos y la liberación de otros es incompleta, lo anterior se acentúa más con las técnicas modernas de alta precisión que se utiliza hoy en día como son la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (44).

3.4.6 Triptofano.

Después del anuncio por Hopkins y Cole en 1902 del aislamiento del triptofano por digestión enzimática de caseína, una multitud de métodos fueron propuestos para la estimación de dicho aminoácido, ya fuera en la proteína intacta o en su hidrolizado.

La mayor parte de los métodos aprovechan la gran reactividad del anillo de indol de los residuos de triptofano como son:

- a) Tratamiento con agentes oxidantes como cloruro férrico, bromuro, sulfato cuprico, nitrato de sodio en solución ácida.
- b) Con nitrato de potasio y un aldehído alifático en ácido clorhídrico o sulfúrico concentrado.
- c) Con ciertos aldehídos aromáticos como p-dimetilaminobenzaldehído en medio fuertemente ácido.

En términos generales podemos decir que con los métodos químicos, espectrofotométricos y microbiológicos, la cuantificación del triptófano en proteínas puras o péptidos es llevada a cabo con relativa facilidad. Sin embargo cuando se quiere aplicar a materiales biológicos complejos como son los productos alimenticios, se presenta una gran variedad de problemas. Uno de ellos lo constituye las condiciones de hidrólisis para liberar el triptófano del enlace peptídico y en la actualidad se menciona una gran variedad de formas para llevar a cabo la hidrólisis, siendo muy pocas las que dan resultados satisfactorios (2).

3.5 Aceites y grasas.

El más importante problema nutricional de los países en desarrollo es el déficit energético de la dieta, mientras que en los países desarrollados lo es el consumo excesivo. Se plantean dos consideraciones de carácter general: la primera, la importancia de las grasas en los alimentos y, la segunda, los aspectos de seguridad.

Las grasas dietarias desempeñan cinco importantes funciones:

- I. Como fuente de energía.
- II. Para la estructura celular y las funciones de la membrana.
- III. Como fuente de ácidos grasos indispensables para las estructuras celulares y la síntesis de la prostaglandinas.
- IV. Como vehículo de las vitaminas liposolubles.
- V. Para el control de los lípidos en la sangre.

Además las grasas contribuyen al buen sabor de los alimentos y son importantes en su preparación y elaboración (15).

3.5.1 Contenido medio de aceite en las fuentes utilizadas comercialmente.

Varios cientos de plantas producen semillas oleaginosas, aunque solamente unas pocas (Tabla 3.7) se utilizan comercialmente, principalmente por la industria alimentaria.

Tabla No. 3.7 Contenido medio de aceite en frutos comerciales.

Frutas	Contenido de aceite (% en peso)
Copa de coco (<i>Cocos nucifera</i>)	66
Bonilla de algodón (<i>Gossypium species</i>)	19
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	5
Oliva (<i>Olea europaea</i> L.)	27
Nuez de palma (<i>Elaeis guineensis</i>)	47
Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	45
Colza (<i>Brassica species</i>)	42
Cartamo (<i>Carthamus tinctorius</i>)	30
Sésamo (<i>Sesamum indicum</i> L.)	50
Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	40

Los aceites pueden recuperarse de las semillas descascarilladas por estrujado mecánico o mediante extracción con solventes como el hexano. A partir de la pulpa de las aceitunas o del fruto de las palmas se puede recuperar el aceite por presión, obteniéndose una mezcla aceite-agua a partir de la cual puede extraerse posteriormente el aceite con hexano. El aceite bruto de maíz contiene aproximadamente un 95 % de triglicéidos neutros. Los aceites de cacahuete, semillas de algodón, girasol, coco y palma se utilizan por todo el mundo en distintas cantidades y de formas variadas para la manufactura de margarina, aceites de cocina y de mesa. El aceite de oliva se considera el mejor aceite vegetal y su demanda como aceite para aliño de ensaladas y en conservas es elevada; también el aceite de sésamo se utiliza para los mismos fines en China, India, los países africanos y México. El aceite de colza se ha utilizado como aceite de mesa y cocina.

El aceite de germen de trigo elaborado en pequeñas cantidades es un producto especial, debido al elevado contenido de vitamina E y octacosanol $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{26}-\text{CH}_2\text{-OH}$; además, a diferencia del germen de maíz, el germen de trigo solo contiene un 10 % de aceite, y por tanto para incrementar el rendimiento se utiliza normalmente la extracción con solventes. Los aceites no comestibles y menos refinados del orujo de la oliva, girasol y ricino se utilizan para fabricar jabones, lubricantes o pinturas. El aceite de semillas de linaza, planta que crece en los países europeos más fríos, se ha utilizado como secante en pinturas, puesto que se oxida al aire formando una película elástica (30).

3.5.2 Clasificación de las grasas.

Aunque las grasas constituyan diversos grupos de sustancias pueden, en términos generales, dividirse en dos clases:

- a) Grasas neutras, que comprenden los triglicéridos, la colesteroína, otros esteroides y grupos isoprenoides con sus ésteres (esta categoría comprendería también las vitaminas A, D, E y K).
- b) Grasas anfifílicas, que consisten en los fosfolípidos, cuyos miembros principales son los fosfoglicéridos de la colina (lecitinas), y los fosfoglicéridos de la etanolamina, de la serina y de la inosita, junto con esfingolípidos como la esfingomielina (15).

3.5.3 Nomenclatura.

La numeración de los átomos de carbono en la cadena alcano se realiza normalmente a partir del grupo carboxilo, aunque también se utilizan los términos n-3, n-6 y n-9 para describir a los ácidos grasos poliinsaturados identificando sus familias, en las que el último doble enlace se encuentra en los átomos de carbono 3, 6, o 9 de la cadena respectivamente, contando a partir del metilo terminal. Los ácidos grasos existentes en la naturaleza son principalmente ácidos monocarboxílicos de cadena lineal saturados o insaturados con un número par de átomos de carbono, aunque en algunos pescados como el mujal se han encontrado triglicéridos que contienen ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono (C-15 y C-17). Los ácidos grasos C-14, C-16 y C-18 representan más del 90 % de los ácidos grasos en los aceites vegetales y las grasas animales. La distribución estereoespecífica en los triglicéridos demuestra que los ácidos grasos saturados esterifican los grupos alcohol primarios del glicerol y los ácidos grasos insaturados esterifican el grupo alcohol secundario de la posición 2 (30).

Los aceites se encuentran en estado líquido debido a la presencia en la molécula de triglicéridos con ácidos grasos de cadena corta (C-12 y C-14) y con ácidos grasos insaturados. Normalmente en los triglicéridos existe un pequeño grupo dominante de ciertos ácidos grasos (tabla siguiente). Los ácidos grasos ramificados, acetilénicos y sustituidos son raros y solo existen en muy pocas especies (30).

En los ácidos grasos saturados todos los átomos de carbono están unidos por valencias sencillas y, exceptuando el grupo carboxílico, todas las demás posiciones están ocupadas por átomos de hidrógeno. En los ácidos grasos no saturados dos átomos de carbono contiguos están unidos por una doble valencia.

En este caso puede producirse una isomerización estereoquímica, porque las secciones de la molécula que se encuentran en los dos lados de la doble valencia pueden estar al mismo lado de la doble valencia (*cis*) o en lados opuestos (*trans*). Como la doble valencia fija las posiciones relativas de otras dos secciones de la molécula, los isómeros *cis* y *trans* tiene propiedades biológicas diferentes.

Casi todos los isómeros que se encuentran en la naturaleza tienen la configuración *cis*. También pueden producirse isómeros de posición, porque el doble enlace puede encontrarse situado en lugares distintos de la molécula (15).

3.5.4 Ácidos grasos más comunes en los vegetales.

Tabla No. 3.8 Ácidos grasos más comunes en los vegetales.

Nombre sistemático	Nombre común	Código	(% en peso)
Dodecanoico	Láurico	12:0	4
Tetradecanoico	Mirístico	14:0	2
Hexadecanoico	Palmitico	16:0	11
Octadecanoico	Estearico	18:0	4
Octadec-9-enoico	Oleico	18:1	14
Octadec-9-dienoico	Linoleico	18:2	14
Octadec-9-trienoico	α -Linolenico	18:3	5
Docosa-13-enoico	Erúico	22:1	3

La proporción de ácidos grasos en los triglicéridos de distintas procedencias varía (tabla 2), y por tanto el porcentaje de ácidos grasos individuales dentro de un aceite es un dato importante para su identificación.

Entre los ácidos monoenoicos, el ácido oleico (octadec-9-*cis*-enoico) es el más ampliamente distribuido, y se encuentra en cantidades sustanciales en las grasas animales y en los aceites de semillas (tabla anterior), siendo el ácido graso mayoritario de los triglicéridos del aceite de oliva.

El ácido erúico (docosa-13-*cis*-enoico C22:1,n-9) puede ser uno de los componentes mayoritarios (30-50%) de los ácidos grasos de los triglicéridos del aceite de colza, aunque actualmente existen variedades con menor contenido en este ácido. Las especies de Brassica pueden contener hasta un 10 % de ácido eicosa-11-*cis*-enoico (C20:1, n-9).

3.5.5 Ácidos grasos indispensables.

Para el crecimiento y el funcionamiento normal de todos los tejidos son indispensables los ácidos linoleico (18:2, n-6) y α -linolenico (18:3, n-3).

Contienen enlaces dobles situados, respectivamente, a la distancia de seis átomos de carbono (n-6) y tres átomos de carbono (n-3) del grupo metilo.

Los animales, inclusive el hombre, no son capaces de insertar enlaces dobles en el AGE madre introduciéndolos entre los enlaces dobles originales y el grupo carboxílico, al mismo tiempo, la longitud de la cadena carbónica aumenta hacia el extremo carboxílico cuando se introducen más dobles enlaces.

Este proceso metabólico produce los derivados de cadena larga, de 20 ó 22 átomos de carbono, con 3, 4, 5 y 6 enlaces dobles. El resultado son dos familias (la n-6 y la n-3) de ácidos grasos indispensables requeridos para la formación de estructuras celulares y para la síntesis de prostaglandina.

Los ácidos grasos con cadenas de 20 ó 22 átomos de carbono y dobles enlaces en 3, 4, 5 y 6, derivados de los ácidos linoleico y α -linoléico, se denominan ácidos grasos esenciales de cadena larga; en la práctica, los dos más indispensables son el araquidónico (20 ó, n-6) y el docosahexaenoico (22 ó, n-3) (15).

3.5.6 Funciones de la grasa en la dieta.

Además de una fuente rica en energía fácilmente disponible, las grasas y los aceites son importantes en la alimentación puesto que suministran los ácidos grasos indispensables que el hombre no puede sintetizar, transportan las vitaminas A, D, E, K, son parcialmente responsables de la estructura de las membranas celulares, aumentan la suavidad y cremosidad de la masa durante la fabricación de los productos de repostería, del pan y las pastas y también influyen en el aroma de los alimentos.

Los términos *grasa* y *aceite* se han utilizado como sinónimos, puesto que ambas sustancias poseen la misma estructura química básica. Además, la mayoría de las grasas de semillas vegetales, líquidas a temperatura ambiente, son aceites (solo se distinguen por el punto de fusión).

La naturaleza física de una grasa viene determinada por los ácidos grasos que contenga, los aceites de coco y nuez de palma, ricos en ácido láurico y mirístico, tienen puntos de fusión bajos (aproximadamente 25° y 28°C) y son grasas sólidas relativamente duras a temperaturas de 13° a 18°C. La principal exigencia en la industria de los alimentos es que la grasa sea sólida y firme, capaz de resistir el manejo mecánico, y fundir por debajo de la temperatura corporal del hombre.

Los triglicéridos son lípidos no polares, constituyentes mayoritarios de las grasas vegetales y animales; en las plantas, los triglicéridos (triacilglicéridos) se encuentran principalmente en forma de gotitas de aceite (esferosomas). En los cereales estas gotitas de aceite se encuentran concentradas en las capas de subaleurona y se extraen fácilmente con alcanos. En los animales, las grasas se encuentran principalmente en el tejido adiposo aunque también en las membranas celulares, y las grasas de la dieta suministran los ácidos grasos poliinsaturados esenciales, precursores de las prostaglandinas.

En la leche entera la pequeña cantidad de grasa que contiene se presenta en forma de una emulsión estable de aceite en agua, mientras que la mantequilla y la margarina, que contienen gotitas de agua suspendidas en una fase oleosa, son emulsiones de agua en aceite. En los animales, las grasas de la dieta sirven también como transportadores de las vitaminas liposolubles (30).

3.5.7 La grasa como fuente de energía.

El hombre deriva la energía que precisa de tres principales elementos nutritivos: proteínas, grasas e hidratos de carbono. De estas tres, las grasas son las que tienen el mayor valor energético, 9 kcal (8377 kJ)/g, frente a 4 kcal (167 kJ)/g para proteínas e hidratos de carbono. Las dietas en la mayoría de los países dan un promedio del 11 % de las calorías procedentes de proteínas, aunque se han observado valores extremos del 6 hasta el 30 %.

En la mayor parte del mundo, la energía no proteínica de la dieta procede en el 80 al 90 % del total de grasas e hidratos de carbono. El promedio de la energía aportada en los países desarrollados por las grasas de la dieta oscila en general entre el 35 y el 45 % de la energía total, sin embargo, no es solo en estos países donde se registran ingestiones elevadas de grasas (>30 % de la energía). En muchos países en desarrollo son frecuentes ingestiones de grasas del 10 al 20 %, o incluso menos, de la energía, y han sido habituales durante muchas generaciones. Existen pruebas de que para los grupos humanos más pobres de los países en desarrollo, que consumen en la dieta grasas que representan alrededor del 10 % de la energía, se lograrían efectos beneficiosos aumentando hasta el 15 o el 20 % de energía debida a las grasas, teniendo siempre en cuenta los ácidos grasos indispensables. A pesar de que en los países desarrollados hay muchos individuos físicamente activos que parecen tolerar dietas que contienen más del 40 % de la energía en forma de grasa, sin encontrar problemas especiales en cuanto a la salud, sectores importantes de la población sufren varias enfermedades degenerativas que dependen en parte de la cantidad y los tipos de grasa de la dieta. En estas poblaciones se encuentran pruebas evidentes de que se lograrían beneficios para la salud si se redujeran las grasas de la dieta hasta el 30 o el 35 % de las calorías totales, aumentando hasta el 1:1 la proporción entre ácidos grasos poliélicos y saturados (15).

Según las recomendaciones de la FAO/OMS/ONU (1985) con respecto a la ingesta energética diaria y teniendo en cuenta que un gramo de grasa suministra 90 kcal, en la siguiente tabla, se indica la ingesta diaria de grasa necesaria para cubrir el 40 % de las necesidades energéticas (29).

Tabla No. 3.9 Necesidades energéticas de acuerdo a la ocupación.

Ocupación	Actividad	Necesidades energéticas* (kcal)	Ingesta grama proyectada** (g)
Oficinista (varón, 65 kg)	Poca actividad	2,480	115
Conserje (58 kg)	Actividad moderada	2,780	124
Trabajos pesados (varón, 65 kg)	Mucha actividad	3,490	155
Jubilado (varón, 60 kg)	Muy poca actividad	1,960	87
Ama de casa (55 kg)	Poca actividad	1,990	88
Mujer de los países desarrollados	Poca actividad	2,235	99

* FAO/OMS/ONU, 1985

** Para suministrar el 40 % de la energía diaria necesaria (9 kcal = 1 g de grasa).

3.6 Minerales en alimentos.

Los elementos minerales constituyen una cantidad relativamente pequeña de los tejidos del organismo, a pesar de ello son esenciales en muchos fenómenos vitales. El organismo animal requiere siete minerales principales que son: calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo, azufre y cloro. Estos minerales constituyen del 60 al 80 % de todo el material inorgánico del cuerpo, además por lo menos otros siete minerales son utilizados por el organismo en cantidades sumamente pequeñas, ellos son: hierro, cobre, yodo, manganeso, cobalto, zinc y molibdeno.

Se han encontrado que la mayoría de los minerales necesarios para el hombre se encuentran en la dieta común en cantidades abundantes, hay sin embargo un grupo de minerales cuyo contenido en la dieta puede ser escaso en relación con la cantidad que el organismo requiere, ellos son: calcio, hierro y yodo. En la actualidad el zinc ha cobrado importancia en la dieta, necesario para el crecimiento del organismo (2).

Algunos de los minerales que necesitamos en pequeñas cantidades pueden ser venenosos si se ingieren en grandes cantidades, por ejemplo, el molibdeno y el selenio, o causar una sobredosis como en caso del hierro (4.3).

3.7 Vitaminas.

A diferencia de las grasas, de los hidratos de carbono y de las proteínas, las vitaminas se necesitan en cantidades extremadamente más pequeñas. Precisamos varios cientos de gramos de grasa e hidratos de carbono, y entre 30 y 60 gramos diarios de proteínas, en cambio, las vitaminas son necesarias solo en cantidades del orden de los miligramos.

Estas cantidades varían desde los 30 miligramos del ácido ascórbico (vitamina C) hasta los 2 microgramos de la cianocobalamina (vitamina B₁₂).

Señ 13 las vitaminas necesarias para el hombre. Algunas se encuentran en las partes grasas de nuestros alimentos y se llaman vitaminas liposolubles y son la vitamina A, D, E y K.

Las otras se encuentran en las partes acuosas de los alimentos y por esta razón se denominan vitaminas hidrosolubles y son la vitaminas del grupo B (Tiamina B₁, Riboflavina B₂, Niacina, Acido fólico, Cianocobalamina B₁₂, Piridoxina B₆) y la vitamina C.

Un exceso grande de vitaminas liposolubles se puede acumular en el cuerpo y puede ser tóxico, en cambio, un exceso de vitaminas hidrosolubles se excreta rápidamente con la orina. Por lo que este exceso no resulta peligroso (25,43).

4. Metodología.

La caracterización de las almendras, tanto física (proporción y dimensiones) y fisicoquímica de la harina y la fracción lipídica se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de trabajo:

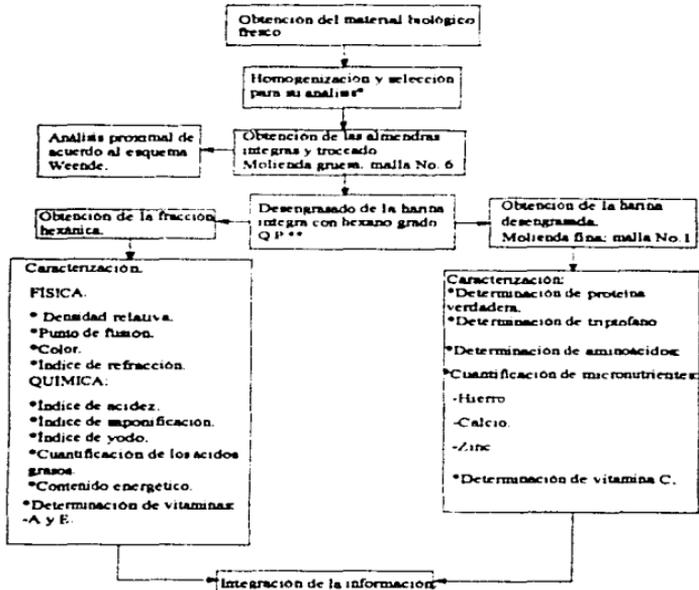


Fig. 4.1 Diagrama de trabajo.

*Se determino la proporción de la semilla en el fruto y la proporción de la almendra en la semilla.

**Grado técnico (Q.P.).

4.1 Análisis proximal.

Fundamento:

El análisis proximal o sistema analítico Weende, se desarrolló en Alemania hace más de cien años, en la estación experimental que lleva su nombre. Este sistema se ha criticado mucho, pero hasta la fecha nadie ha desarrollado otro mejor que sea tan práctico y aceptable. El análisis proximal está diseñado para simular el proceso de digestión, una digestión ácida es seguida por una digestión alcalina. Este tipo de análisis se emplea en todo el mundo para hacer descripciones de los alimentos (35). El análisis proximal se realizó de acuerdo al esquema de Weende (fig 4.2) con algunas modificaciones en el material recomendado por dicha metodología.

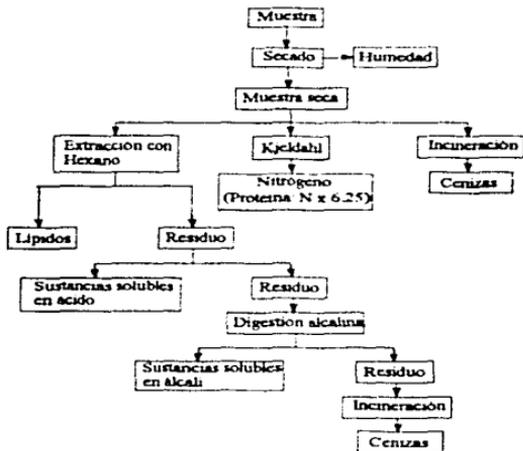


Fig.4.2 Esquema de Weende.

Todos los procedimientos se realizan de acuerdo a lo establecido en el AOAC, con las siguientes modificaciones:

- En la determinación gravimétrica de humedad se utilizó una estufa de presión reducida LAB-LINE DUO-VAC a 15 mmHg y una temperatura de 60°C, hasta peso constante.
- En la determinación analítica del contenido de grasas se utilizó como disolvente hexano R.A.

- En la determinación de fibra se utilizaron filtros California de polietileno (Labconco, 200-mesh stainless steel 3214-A10 y diámetro interno de 76 mm).
- En la determinación de proteína se utiliza el Digestor Trocator Model a/b 2040 (Serie 254) y el Autoanálizador KJELTEC 1030 (Serie 13417).

4.2 Obtención de los extractos lipídicos.

4.2.1 Mamey.

Se consigue la mayor cantidad posible de material fresco y se homogeniza antes de tomar una parte representativa para su análisis. Se extraen las almendras del mamey rompiendo las semillas con la ayuda de pinzas. Como el contenido de humedad en la almendra integral es elevado (45-36 %) se secan en una estufa de recirculación LAB-LINE Mod. IMPERIAL III a una temperatura de 50° a 55° C hasta peso constante.

Se trocean las almendras en pedacitos pequeños antes de molerlas en el molino Willey Model 4 y con malla No. 5 o 6.

Una parte de la harina integral se coloca en un cartucho de papel filtro y se introduce en un aparato de extracción continua tipo Soxhlet, durante 16 horas, utilizando como disolvente hexano (grado Q.P.), calentando a ebullición moderada con la ayuda de una canastilla eléctrica. El disolvente se elimina y recupera de la tracción lipídica en un rotaevaporador y posteriormente el remanente se elimina en una estufa de presión reducida LAB-LINE DUO-VAC, a una temperatura de 60° C y una presión de 15 inHg durante 8 horas. El extracto lipídico se guarda en congelación y atmósfera de nitrógeno hasta su análisis.

4.2.2 Capulín.

Se consigue la mayor cantidad de material fresco y se elimina la pulpa del fruto para extraer la semilla (Como en este caso se contó con semillas de otras temporadas de cosecha, también se utilizaron) se homogenizan las semillas y se toma una parte representativa para su análisis.

Las almendras se obtienen utilizando una tableteadora tratando de no dañarla, como el contenido de humedad en las almendras es bajo, no es necesario secarlas. A partir de este punto se procede igual que en el caso del mamey.

4.2.3 Napahulte.

Se contaba con material recolectado, el contenido de humedad en la almendra es bajo y por lo tanto no es necesario secarla. Se procede de la misma forma que en las anteriores muestras.

4.3 Procesamiento de las harinas.

Ya desengrasada la harina de cada una de las muestras se muelen en un molino a que atraviese la malla del No. 1 o lo más finamente posible. Se guardan en frascos color ámbar y dejando el mínimo espacio libre posible para evitar el crecimiento de hongos de ser posible se insufla nitrógeno.

4.4 Caracterización proteínica de la harina desengrasada.

4.4.1 Determinación del contenido de nitrógeno proteínico (proteína verdadera).

Fundamento:

Se basa en la solubilización del nitrógeno no proteínico así como de la proteína soluble (de ahí que la muestra deba estar finamente molida) y la posterior precipitación de dicha proteína con tungstato de sodio; con el fin de eliminar el nitrógeno no proteínico que puede interferir en la determinación del nitrógeno por medio de un microkjeldahl (u otro aparato). La proteína no soluble también es tomada en cuenta (etapa de filtración) (35)

Materiales y reactivos

- Mezcla digestiva: Mezclar durante 30 minutos 3 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 300 ml de H_2SO_4 concentrado y 100 ml de H_3PO_4 .
- Solución precipitante: Disolver 5 g tungstato de sodio y 1.51 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ en 20 ml de agua destilada, añadir 22 ml de HCl 2N y mezclar; añadir a 50 ml con agua destilada.
- Papel Whatman del No. 50 o 542
- Digestor Tecator Model a/b 20/40 (Serie 254)
- Autoanalizador KJELTEC 1030 (Serie 13417)
- Tubos para digestión.
- Parrilla de calentamiento y agitación Model PC-320(Serie 868830)
- Agitador magnético

Procedimiento:

Pesar de 50-100 mg de muestra desengrasada y finamente molida en un vaso de precipitados de 50 ml.

Agregar 5 ml de agua caliente y agitar mecánicamente por 15 minutos. Agregar 2 ml de la solución precipitante y dejar reposar 10 minutos.

Transferir cuantitativamente, para su filtración en papel Whatman No. 50 o 542, utilizando agua destilada caliente y succión.

Colocar el papel filtro con el precipitado en un tubo de digestión. Agregar 0.5 g de K_2SO_4 y 5 ml de mezcla digestiva.

Colocar en el digestor y calentar aproximadamente 15 minutos (Temperatura de $270^\circ C$), retirar del digestor y dejar enfriar para agregarle 3 ml de H_2O_2 al 30 % colocarlo en el digestor cuando este a $370^\circ C$. Dejar hasta que la muestra esta clara. (Nota: Correr un blanco utilizando sacarosa y el mismo papel filtro).

Sacar del digestor y dejar enfriar. Adicionar 25 ml de agua destilada y colocar en el autoanalizador KJELTEC 1030 para su titulación con HCl valorado 0.01 N.

Registrar el volumen que marca.

Cálculos:

El nitrógeno total presente en las muestras, se determina con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times M \times 100}{M}$$

Fórmula 4.1

B = ml de la titulación del blanco.

P = ml de la titulación de la muestra.

N = Normalidad del HCl.

M = gramos de la muestra.

% proteína verdadera = % N_2 x F = g de proteína/100 g de muestra.

F = factor de conversión, cuando se considera que nuestra proteína contiene 16 % de nitrógeno F = 6.25

4.4.2 Determinación de aminoácidos.

Fundamento

La hidrólisis ácida es el procedimiento generalizado disponible para la gran variedad de proteínas, y es costumbre tratar la proteína con 2.5 a 5000 veces su peso con HCl 6N y mantener la solución bajo reflujo por espacio de 18 a 24 horas.

En la actualidad el método propuesto por Moore y Stein es el recomendado y es la técnica clásica de hidrólisis ácida de una proteína para la cuantificación de aminoácidos; sin embargo en el procedimiento que se utilizó, se usó la modificación del tiempo y temperatura, además de adicionar fenol (35). La muestra se hidrolizó durante 4 horas a una temperatura de $145^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, para su posterior extracción y separación por cromatografía en columna.

Materiales y reactivos

- Microjeringa Hamilton Model 1001-LTN
- Membrana millipore Catálogo No. GVHP 01300 Tipo GV Tamaño de poro $0.22 \mu\text{M}$.
- Tubos de cultivo de pared gruesa con tapón de rosca y cubierta de teflón PYREX No. 9826.
- Equipo: Technicon Aminoacid Autoanalyzer System NC-2P (Serie 29367).
- Colostmetro Autoanalyzer II (Serie DCE 17620)
- Potenciómetro Corning Model 10 (Serie D44676)
- Digestor Tecator Model a,b 20.40 (Serie 254)
- Parrilla de calentamiento y agitación Model PC-320 (Serie 868830).
- HCl 6N.
- Metilcelosolve al 50 %.
- Amortiguador de acetato de sodio 0.4N (a)
- Sulfato de hidracina (b)
- Ninhidrina (c)
- Solución lavadora (d)
- Amortiguador de dilución (e).

(a) Colocar aproximadamente 3 litros de agua desionizada en un dispositivo de agitación, adicionar 1.312 g de acetato de sodio anhidro para prevenir la cristalización si se requiere se puede calentar para la completa solubilización de la sal. Una vez fría la solución se le añaden 400 ml de ácido acético glacial lentamente y se deja enfriar. Por último se lleva a un aforo de 4 litros.

Nota: El pH de este amortiguador debe de ser de 5.51 ± 0.02 ; si se requiere se debe de usar álcali o ácido concentrado ya que 4 g de NaOH apenas incrementan dicho amortiguador en 0.04 unidades.

(b) 1.049 g de Sulfato de hidracina se disuelven en agua destilada y desionizada, a continuación se adiciona 0.4 ml de ácido sulfúrico concentrado (R.A.) y 30 ml de solución de Hrij-35 al 20 %.

Se lleva esta solución a un volumen de 4 litros, para su conservación se requiere adicionar 0.8 ml de ácido caprílico como conservador

c) Disolver 40 g de ninhidrina en 2 litros de metilcelosolve, a continuación adicionar lentamente 1 litro del amortiguador de acetato de sodio 0.4N. Por último se lleva a un volumen de 4 litros

(d) Solución lavadora: Agua/Etanol (3:1 v/v). Con hidrosquinona al 0.01 % como agente antioxidante

(e) Se prepara una solución de ácido clorhídrico 0.2N (A) y una solución de cloruro de sodio 0.2M (11.69 g/l) (B)

Se toman 50 ml de (A) y 33.3 ml de (B), se lleva a 200 ml con agua destilada y adicionando hidrosquinona al 0.01 %. El pH de este amortiguador debe ser de 1.50 ± 0.05

Forma de preparar las soluciones amortiguadoras

1. En un recipiente con agitación se pone la mitad del volumen de agua desionizada (0.5 l) y se disuelven todos los componentes sólidos (sales)

2. Después se adicionan los reactivos líquidos o las soluciones correspondientes a excepción del ácido caprílico, el cual se adiciona hasta después de ajustar el pH.

3. Una vez disueltos todos los reactivos en la mitad del volumen, se procede a adicionar más cantidad de agua hasta llevar a un volumen aproximado de 900 ml con el fin de tener margen para ajustar el pH

4. Se ajusta el amortiguador al pH deseado con la ayuda de un potenciómetro de escala expandida, el cual previamente se calibra con exactitud con un buffer de referencia (pH = 4.0)

5. Una vez ajustado el volumen se afora en un matraz volumétrico de 1 litro con la ayuda de unas gotitas de ácido caprílico para romper la espuma formada

6. Al amortiguador ya ajustado y aforado se filtra con papel filtro Whatman No. 542 y con ayuda de vacío, con la finalidad de eliminar cualquier partícula extraña, ya que estas soluciones pasaran a través de la resina de intercambio iónico

7. En el recipiente final del amortiguador se adiciona la cantidad especificada de ácido caprílico y a continuación se monta en el aparato

Procedimiento

1. Se pesa dentro del tubo de hidrólisis la cantidad de muestra finamente molida y desengrasada (cuando el contenido de grasa sea mayor de 5.0 %) determinada por la fórmula 4.2

2. Se adiciona con mucho cuidado la cantidad de ácido requerida (calculada con la fórmula 4.3) con ayuda de una bureta, tratando de que toda la muestra se humedezca con el reactivo de hidrólisis

$$A = \frac{0.05 \times 100}{\% P}$$

Fórmula 4.2

$$B = \frac{4 \times 100}{\% P}$$

Fórmula 4.3

A = Cantidad de muestra en gramos.

B = ml de ácido (HCl 6N).

% P = Porcentaje de proteína en la muestra.

Nota: En este paso se realizó la siguiente modificación: Se adicionó 1 mg de Fensol R.A. por cada ml de ácido estándar.

3. Se le insufla nitrógeno de altísima pureza y se procede a cerrar perfectamente con el tapón de roca y cubierta de teflón.

4. Se coloca en el digestor Tecator a una temperatura de $145^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y durante 4 horas (contadas a partir del momento en que se coloca en el digestor que ya debe estar a la temperatura indicada).

5. Una vez transcurrido el tiempo de hidrólisis se deja enfriar el tubo y se filtra en bóchner y matraz kitasato, con vacío (Papel Whatman No. 52) para eliminar residuos carbonizados, se lavan con el menor volumen posible de solución lavadora y se adiciona el estándar (en este caso 5 ml de β -aminopropionitrilo 5 mM).

6. Se trasvasa el volumen a un matraz bola y se coloca en el rotavaporador.

7. La evaporación del ácido debe realizarse en una hora máximo a una temperatura menor de 80°C (la relación tiempo/temperatura es muy importante, lo ideal es corto tiempo alta temperatura) y debe hacerse hasta sequedad para facilitar la neutralización. Evaporar solo una vez.

8. Con un volumen máximo de 20 ml de solución lavadora se lava la bola y se pasa a un vaso de precipitados de 25 ml, con agitación constante y con la ayuda de un potenciómetro de escala expandida se neutraliza a un pH de 6.8 ± 0.2 adicionando gota a gota NaOH 5.0 N (Cuando se está cerca del punto de neutralización hay que diluir un volumen pequeño de NaOH con agua desionizada). No debe rebasarse el volumen de 25 ml durante la neutralización.

9. Ajustado el pH se afora a 25 ml y se filtra de nuevo.

Nota: Cuando no se trabaja el mismo día debe guardarse en congelación.

10. El hidrolizado se diluye con amortiguador de dilución (Buffer pH = 1.50 ± 0.05 con hidroquinona al 0.01 %) en una proporción de 1:1 (o sea que el aforo real del hidrolizado es de 50 ml).

11. De esta dilución, se procede a filtrar una parte a través del dispositivo Millipore. Se descartan las tres primeras gotas del filtrado y el resto se utiliza para inyectar en el autoanalizador.

Para verificar las condiciones del equipo se corrió el siguiente estándar de aminoácidos:

100 μ l del STD AA II (preparado el 31 de Octubre de 1996)

100 μ l de solución SIGMA AA-S-13

100 μ l de solución β -APN (beta-aminopropionitrilo)

c.b.p. 1 ml con buffer pH = 1.5 \pm 0.05.

Condiciones de la corrida (para estándar y muestras)

Resina HIO-RAID AMIDEEX A-9 altura de 410 mm

Buffer:

- No. 1 segun manual pH = 4.0 \pm 0.02
- No. 2 segun manual pH = 4.10 \pm 0.02
- No. 3 segun manual pH = 5.30 \pm 0.02

Bomba B = 20.5 U (0.6338 ml/min.)

Temperatura de la columna = 89 \pm 0.2 $^{\circ}$ C

Sensibilidad del registrador = 2.5 U

Cálculos:

En los aminogramas del estándar y de las muestras, el área del aminoácido, se asemeja a un triángulo por lo que se calcula en forma similar:



Fig. 4.3

así que los cálculos se realizan como a continuación se describe.

I:

- Identificar los picos correspondiente a cada uno de los aminoácidos en el estándar y en las muestras, por su tiempo de retención.
- Calcular las áreas de cada una de los picos correspondientes a los aminoácidos (calcular la del estándar), tanto en el estándar como en las muestras. Puede hacerse en mm^2 o en cm^2 .
- Determinar los equivalentes del estándar interno utilizado (EEI):

$$\text{Área del estándar interno (AEI)} / \text{Área del aminoácido correspondiente (Aa)}$$

- Determinar los micromoles del aminoácido correspondiente (μM)

$$(Aa) / (AEI) \times (EEI) \times \mu\text{M Estándar}$$

- Determinar los gramos del aminoácido (g a)

$$(\mu\text{M} \times \text{Peso Molecular del aminoácido}) / 10^6$$

- Determinar los gramos de aminoácido por 16 gramos de nitrógeno (g a / 16g N₂):

$$(g. a. \times \text{Aforo} \times 16) / (\text{Alícuota} \times g \text{ N}_2)$$

II:

- Determinación del porcentaje de recuperación

Para poder establecer si la hidrólisis estuvo bien hecha, así como su análisis se determina el porcentaje de recuperación

i. Calcular los gramos de nitrógeno con que contribuye cada aminoácido por 16 g de nitrógeno (Debe hacerse notar que se utiliza un factor de 6.25, es decir, 16 gramos de nitrógeno por cada 100 g de proteína)

g N₂ contribuido por cada aa / 16 g de nitrógeno

$$((14 \times \text{No. átomos de N}_2 \times g \text{ aa}) / \text{PMaa}).$$

ii. Sumar los g de N₂ contribuido por cada aa.

$$\% \text{ Recobro} = \Sigma (g \text{ N}_2 \text{ de cada aa}) \times 100.$$

Si el porcentaje de recobro es menor a 86 o mayor a 105 hay un error en el procedimiento de hidrólisis. La hidrólisis, análisis y computo del porcentaje debe repetirse hasta que caiga entre 86-105.

Ajuste del perfil de aminoácidos para normalizar a 95 % de hidrólisis:

Factor de corrección = 95 % / % recobro

Para cada aminoácido correspondiente, computar el valor correcto de g / 100 g de proteína(4):

$$g \text{ aa}_i / 16 g \text{ N}_2 \text{ (corregido)} = \text{factor de corrección} \times g \text{ aa}_i / 16 g \text{ N}_2$$

4.4.3 Determinación de triptofano.

Fundamento

Debido a que la hidrólisis ácida (que se usa comúnmente para la determinación de la mayoría de los aminoácidos de una proteína), destruye completamente el triptofano, se hace uso de la hidrólisis alcalina, y en la actualidad esta ha quedado restringida para el caso particular de triptofano y tirosina, y aunque se reporta una gran variedad de reactivos para llevarla a cabo, el uso de LiOH parece producir buenos resultados en muestras alimenticias.

Una vez obtenido el triptofano libre se determina espectrofotométricamente con el reactivo de Erlich (2).

Materiales y reactivos.

- Hidróxido de Litio 4 N.
- Solución lavadora de Agua Etanol (3:1)
- Ácido fosfórico concentrado R.A
- Solución estándar de triptofano (50 µg/ml)
- Ácido clorhídrico concentrado R.A
- Solución de p-dimetil-amino-benzaldehído al 0.5 % en HCl 12 N (DMAB)
- Nitrato de sodio al 0.2 % w/v
- Parrilla de calentamiento y agitación Model PC-320 (Serie 868830)
- Agitador magnético
- Digestor Tecator a.b 20/40 (Serie 254)
- Espectrofotómetro Squoia-Turner Model 340 (Serie 005948 TF)
- Celdas de vidrio
- Balanza analítica
- Tubos de cultivo de pared gruesa con tapón de rosca y cubierta de teflón PYREX No. 9826.
- Potenciómetro Corning Model 10 (Serie D 44676)

Procedimiento:

En un tubo de cultivo de pared gruesa y tapón de rosca con cubierta de teflón (asegurarse que el teflón está en buenas condiciones y que sella bien el tubo), se coloca la cantidad de muestra (fórmula 4.4) de acuerdo al contenido de proteína.

$$\text{mg de muestra} = \frac{100 \times 100}{\% \text{ proteína}}$$

Fórmula 4.4

A continuación se adiciona con mucho cuidado la cantidad de alcali (fórmula 4.5), teniendo la precaución de no salpicar la muestra en la pared del tubo

$$\text{ml de alcali} = \frac{4 \times 100}{\% \text{ proteína}}$$

Fórmula 4.5

Tabla No. 4.1 Tiempo de hidrólisis.

% de proteínas	Tiempo (horas)
9 a 35	8
35 a 65	6
más de 65	4

Una vez que se tiene la cantidad de muestra y alcali adecuada, se cierra el tubo perfectamente y se coloca en el baño de aceite que debe encontrarse a 145°C. El tiempo de permanencia en el baño lo determina el % de proteína de la muestra (tabla 4.1)

Transcurrido el tiempo se transvasa el contenido del tubo ya frío a un vaso de precipitados de 25 ml, lavando el tubo con la solución (aproximadamente 20 ml)

Se neutraliza el hidrolizado con ácido fosfórico concentrado (pH = 6.9 a 7.1) y agitación constante y se afora a 50 ml y se procede a filtrar en caliente sobre papel de filtración rápida en un böchner con ayuda de vacío (Si no se realiza la determinación el mismo día, guardar en congelación y checar el pH antes de la determinación)

Se toman 3 alícuotas de 2 ml c/u del hidrolizado (uno de los tubos nos servirá como blanco); adicionar a uno de los tubos 7.5 ml de HCl 12N, mientras a que a los otros dos tubos se les adiciona 7.5 ml de (DMAB), se agitan y se dejan en reposo 15 minutos en la oscuridad

Una vez transcurrido el tiempo se le adiciona 0.5 ml de nitrato de sodio, se agita nuevamente se deja en la oscuridad por 15 minutos, para que desarrolle la coloración; por último se lee en el colorímetro a 590 nm (filtro verde), usando el tubo del blanco para ajustar a cero el colorímetro.

Se corre al mismo tiempo, una curva estándar de triptofano de 0 a 100 μg tomando alícuotas de 0.0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.6 y 2.0 ml de la solución estándar de triptofano y llevando a 2.0 ml con agua destilada (2).

Calculos:

El valor interpolado de la curva estándar estará dado en microgramos (μg), por lo cual debemos tomar en cuenta la alícuota, el aforo y el peso de la muestra, para poder expresar el resultado en gramos de triptofano por 100 g de proteína. Para realizar este cálculo es necesario que tenga el dato de % de proteína (de proteína verdadera de preferencia) de su muestra (2)

4.5 Caracterización de la fracción lipídica.

4.5.1 Caracterización física .

4.5.1.1 Índice de refracción.

Fundamento

El índice de refracción de una sustancia dada es la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío a la velocidad de luz a través de la sustancia. Por conveniencia práctica se refiere a la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción. El índice de refracción varía con la longitud de onda del rayo de luz refractado y con la temperatura (1)

Materiales:

- Refractómetro de Abbe OPI No 2,154
- Baño de temperatura controlada GRANT Mod. SE 10

Procedimiento:

Determinar el índice de refracción de la muestra a 20° o 25°C cuando es un aceite y a 40°C cuando es una grasa, haciendo circular agua a dicha temperatura a través del prisma del aparato. Colocar el refractómetro de tal manera que reciba la luz difusa del día o de alguna fuente artificial (e.g. lámpara de sodio) de frente al analista.

El refractómetro puede calibrarse con agua destilada. El cero de la escala de la derecha vista a través del ocular debe coincidir con el cero de la escala móvil.

Abrir el prisma girando el tornillo que lo mantiene cerrado, añadiendo unas cuantas gotas del aceite y con una varilla de vidrio extender la muestra en toda la superficie del prisma. Girar el tornillo para cerrar el prisma y dejar la muestra unos minutos a que se atempere a la temperatura del agua circulante la medición se basa en la posición de la llamada frontera o borde de reflejo total en relación a las caras del prisma (10)

Cálculos (Lectura):

Llevar este borde al punto de intersección indicado a través del ocular con ayuda del tornillo correspondiente, de tal manera que el campo de visión se halle dividido en una mitad luminosa y otra oscura. En el otro ocular leer directamente en la escala el índice de refracción. Se puede hacer una corrección cuando la lectura se hace a otras temperaturas según la siguiente fórmula (49):

$$IR = IR' + K (T' - T)$$

Fórmula 4.6

Donde:

IR' = Índice de refracción obtenido

T = 25°C para aceites y 40°C-50°C para grasas

T' = Temperatura de trabajo

K = 0.000385 para aceites y 0.000365 para grasas

La lectura se repeta con cuatro cifras decimales.

4.5.1.2 Gravedad específica (aparente).

Fundamento:

Se determina la masa de la unidad de volumen, expresada en gramos por centímetro cúbico, a una temperatura dada. La temperatura se ha de controlar exactamente, ya que la densidad de las materias grasas varía con la temperatura aproximadamente 0.00068 por cada grado (1)

Materiales y reactivos:

- Picnómetro de 10 ml PYREX.
- Baño de temperatura controlada GRANT Mod. SE 10.
- Balanza analítica.
- Éter etílico.
- Etanol.
- Termómetro de escala 0° a 100°C.

Procedimiento:

Limpia cuidadosamente el picnómetro con mezcla crómica. Enjuagar y secar perfectamente. Llenar picnómetro con agua recientemente hervida y enfriada a 20°C y colocar en el baño de temperatura controlada a 25°C. Después de 30 minutos ajustar el nivel de aceite en el picnómetro y su capilar, retirar del baño, secar cuidadosamente y pesar (10)

Cálculos:

La densidad relativa se calcula con la siguiente fórmula

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Peso picnómetro con muestra} - \text{Peso picnómetro vacío}}{\text{Peso picnómetro con agua} - \text{Peso picnómetro vacío}}$$

Fórmula 4.7

Tomar los pesos a la misma temperatura.

Nota.- La densidad se reporta a 20°C, si se ha determinado a una temperatura diferente sumar o restar el factor 0.00064 por cada grado sobre o abajo de 20°C respectivamente (49)

4.5.1.3 Punto de fusión.

Fundamento.

Las grasas y aceites naturales, como las mezclas de glicéridos y otras sustancias, no tienen un punto de fusión neto y definido. No presentan punto crítico de sólido a líquido, este paso lo realizan gradualmente a través de estados pastosos hasta el completamente líquido.

Por tal razón, el punto de fusión de una grasa viene definido en este método por dos temperaturas: una, inicial de ablandamiento desluzante, y otra final de líquido perfectamente limpio (1).

Materiales.

- Capilares de vidrio (1 mm de diámetro interno).
- Lente de aumento de vidrio
- Parrilla de calentamiento y agitación Model PC-120(Serie 868830).
- Termómetro graduado (mínima división de 0.2°C)

Procedimiento

Llenar capilar con la muestra hasta tener una columna de aproximadamente de 10 mm de longitud. Sellarse el capilar a la flama cuidando de no quemar la muestra. Guardar en condiciones de congelación (menos de 0°C). Esto para asegurar la completa solidificación de la muestra durante más de 16 horas.

Tomar el capilar y atarlo al termómetro de tal que el fondo de la columna de la muestra en el capilar coincida con el bulbo del termómetro. Suspender en un recipiente de 600 ml lleno a la mitad de agua. En el caso de tener una idea aproximada del punto de fusión de la muestra, comenzar la determinación a 10°C por abajo del mismo. Cuando se desconoce por completo el punto de fusión es mejor enfriar el agua a utilizar a 0°C para evitar que se funda la muestra al introducirla al baño. Comenzar el calentamiento a una tasa de 0.5°C/min, llevando a cabo una agitación moderada para lograr homogeneidad en dicho calentamiento.

Tomar como punto de fusión la lectura en el termómetro a la cual la muestra se vuelve transparente. Generalmente, este no es un valor puntual, sino más bien un rango (10). Reportar dicho rango.

4.5.1.4 Determinación de color.

La determinación de este parámetro fue realizada en el Departamento de Ciencias de la Nutrición y de los Alimentos, Edificio L, Universidad Iberoamericana.

Fundamento.

La radiación que incide en el alimento puede ser reflejada, absorbida o transmitida dependiendo de las propiedades de absorción o dispersión de la muestra. La energía radiante reflejada de la superficie no tiene información acerca de la composición de la muestra, pero la radiación que es transmitida dentro de la muestra y dispersada y reflejada hacia afuera de la muestra contiene información acerca de la composición (39).

Se utilizan estándares de acuerdo a las tonalidades del alimento, 100 % cuerpo blanco y 0 % cuerpo negro.

Equipo y material.

- Hunter Lab Mod D 25 PC 2 (Serie 15039)
- Estándar 100 % Cuadro de porcelana.
- Estándar 0 %. Cuadro pintado de color negro (pintura esmalada).
- Caja petri de vidrio.

Procedimiento.

Se coloca en la ventana del aparato el estándar del 100 % y se toman las lecturas, posteriormente se realiza lo mismo con el estándar de 0 %. Las lecturas son tomadas en la escala X,Y,Z (81.8,84,100 respectivamente) o L,a,b (Escala tridimensional).

L = Luminosidad (Blanco (+)- Negro(-))

b = Color (Amarillo (+)-Azul (-))

a = Tonalidad (Rojo (+)-Verde (-))

Reportar las coordenadas registradas

4.5.2 Caracterización química.

4.5.2.1 Índice de yodo (Método de Hanus).

Fundamento.

Los acilglicéridos de los ácidos grasos insaturados presentes en la grasa (principalmente los de la serie de ácido oleico) se unen mediante sus dobles enlaces a una cantidad definida de monobromuro de yodo (reactivo de Hanus), el cual es añadido en exceso en la determinación. La cantidad de halógeno restante es titulada con solución de tiosulfato de sodio 0.1 N y por diferencia con un blanco se obtiene la cantidad de monobromuro de yodo adsorbido por la muestra (10).

Materiales y reactivos

- Matraces Erlenmeyer con tapon de teflon de 250 ml.
- Balanza analítica.
- Ácido acético glacial R.A.
- Tiosulfato de sodio R.A.
- Reactivo de Hanus.
- Solución de yoduro de potasio al 15% w/v.
- Solución de almidón al 1% w/v.
- Cloroformo R.A.
- Ácido clorhídrico 1N R.A.
- Dicromato de potasio R.A.

Preparación de solución de tiosulfato de sodio 0.1N (a).

(a) Disolver 25 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 1 litro de agua destilada. Llevar a ebullición moderada y mantener durante 5 minutos. Transferir en caliente a un frasco contenedor (de preferencia de color ámbar) previamente limpiado con mezcla crómica y enjuagado con agua destilada hervida. Guardar en la oscuridad en un lugar templado. No regresar residuos de reactivo al frasco.

Pesar en balanza analítica 0.2000 a 0.2300 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (secado a 100°C durante 2 horas) en matraz erlenmeyer de 125 ml. Disolver en 80 ml de agua destilada junto con 2 g de KI

Añadir 20 ml de HCl 1 N y guardar inmediatamente en la oscuridad durante 10 minutos.

Titular con la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, añadiendo unas gotas de solución indicadora de almidón al 1 % hacia el final de la valoración (pasando de color amarillo paja a azul/verdoso primero y al final a azul) (10,27). Calcular la normalidad de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{g \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 1000}{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 49.032}$$

Fórmula 4.8

Preparación de la solución de Ioduro (b)

Disolver 13.615 g de yodo en 825 ml de ácido acético glacial, calentar para ayudar a la disolución, enfriar, tomar 25 ml de la solución y titularlos con tiosulfato de sodio 0.1N usando almidón como indicador.

Por otro lado se prepara una solución acética de bromo adicionando 3 ml de bromo a 205 ml de ácido acético glacial. Se toman 5 ml de esta solución y se le adicionan 10 ml de KI al 15 % y se titula con tiosulfato de sodio 0.1N usando almidón como indicador.

Calcular el volumen de la solución acética de bromo requerida para adicionarla a los 300 ml de la solución acética de yodo, de manera que la solución final contenga el doble de halógeno, usando la siguiente fórmula:

$$X = B \cdot C$$

Donde X = ml de solución acética de bromo

B = 300 por equivalente de tiosulfato de 1 ml de solución de yodo

C = Equivalente de tiosulfato de 1 ml de la solución de bromo.

$$X = 800 \times (B/25 \cdot C/5)$$

Procedimiento:

Pesar 0.2500 g de muestra en un matraz Erlenmeyer con tapón de teflón y disolver en 10 ml de cloroformo (CHCl_3). Con pipeta volumétrica, añadir 25 ml de solución de Ioduro y dejar reposar en la oscuridad durante 30 minutos, con agitación ocasional. Para resultados más precisos, es conveniente cumplir con los mismos tiempos de drenado de pipeta y estancia en la oscuridad en todas las determinaciones.

Añadir 10 ml de la solución al 15 % de KI, agitar vigorosamente y añadir 100 ml agua destilada recientemente hervida y enfriada, cuidando de lavar cualquier residuo que quede en el tapón de teflon. Titular con la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.1 N hasta que el color amarillo de la solución desaparezca (Cuando se trate de muestras no convencionales muy coloridas se debe tener cuidado, ya que puede enmascarse el vir de color).

Añadir unas gotas de solución de almidón al 1 % (Si la muestra es muy colorida no se percibe el color azul) y continuar titulado hasta que el color azul de la solución desaparezca completamente (Cuando no se percibe el color azul entonces se titula hasta desaparición del color de la muestra). Hacia el final de la titulación, tapar el matraz y agitar vigorosamente para que el yodo remanente en la solución en CHCl_3 , sea también titulado (10).

Se lleva a cabo un blanco bajo las mismas condiciones

Calculos:

El índice de yodo se determina con la fórmula 4.9:

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(B - S) \times N \times 12.69}{\text{g de muestra}}$$

Fórmula 4.9

donde:

B= ml de solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ gastados en el blanco

S= ml de solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ gastados en la muestra.

N= normalidad de la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

4.5.2.2 Índice de saponificación.

Fundamento

Los ácidos grasos de los acilglicérols de la grasa son liberados con una solución de KOH en etanol (la cual se añade en exceso), obteniéndose glicerol y las sales respectivas de los ácidos grasos. El KOH sin reaccionar se titula con HCl 0.5 N y por diferencia con un blanco se determina la cantidad de KOH empleado para saponificar la muestra (10).

Materiales y reactivos.

- Balanza analítica.
- Matraces de bola de fondo plano de 250 ml
- Matraz de fondo plano con cuello largo de 1 litro
- Condensador de aire
- Hidróxido de potasio

- Óxido de calcio granulado.
- Etanol.
- Ácido clorhídrico 0.5 N.
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1 % w/v en etanol.
- Parrilla eléctrica Corning Model PC-320 (Serie 868830).
- Solución etanólica de KOH (a).

(a) Preparación de solución etanólica de KOH.

Triturar 40 g de KOH en un mortero junto con 45 g de CaO granulado y mezclar. De 1 litro de etanol, añadir 100 ml a la mezcla en el mortero y transferir a un matraz con cuello largo. Transferir cuantitativamente la mezcla con ayuda de varias porciones de etanol. Añadir el etanol restante al matraz, agitar vigorosamente durante 5 minutos e invertir el matraz, dejando reposar la solución. Repetir la agitación varias veces durante el día. Dejar reposar durante toda la noche. Filtrar la solución para eliminar el CaO y guardar en un frasco con tapón de vidrio.

Procedimiento:

Pesar en la balanza analítica 0.5000 g de la muestra en un matraz de fondo plano de 250 ml. Añadir con la bureta 50 ml de la solución de KOH. Conectar el matraz al condensador de aire y llevar hasta ebullición, manteniendo esta hasta que la muestra este totalmente saponificada (aproximadamente 30 minutos). Enfriar y titular con HCl 0.5 N usando fenolftaleína al 1 % como indicador (En el caso de que la muestra sea una grasa entonces la titulación se hace en caliente). Llevar a cabo un blanco bajo las mismas condiciones que la muestra (10).

Cálculos:

Los mg de KOH/g de muestra son determinados con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{28.05 \times (B - S)}{\text{g de muestra}}$$

Fórmula 4.10

donde:

B= ml de HCl 0.5 N gastados en el blanco

S= ml de HCl 0.5 N gastados en muestra.

4.5.2.3 Índice de acidez.

Fundamento:

La acidez es una expresión convencional del contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres. También se denomina grado de acidez (1).

Materiales y reactivos.

- Etanol.
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1 %.
- Hidróxido de sodio 0.1 N

Procedimiento.

Neutralizar 50 ml de etanol con NaOH 0.1 N, usando fenolftaleína como indicador, hasta obtener una coloración levemente rosada. Pesar de 1 a 10 g de aceite o grasa fundida en el matraz Erlenmeyer y añadir el etanol neutralizado. Titular con NaOH 0.1 N agitando constantemente hasta que el color rosa permanezca durante 15 segundos. Preferentemente, la titulación no debe consumir más de 10 ml, de otra forma se pueden separar las 2 fases.

Esto no ocurre si se usa alcohol neutro caliente como disolvente (10)

Calculos

El índice de acidez se determina con la fórmula 4.10

$$\text{Índice de acidez (mg KOH/g de muestra)} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times 56.1}{\text{g de muestra}}$$

Fórmula 4.10

donde N = Normalidad del hidróxido de sodio

4.6 Determinación de la composición de ácidos grasos de la fracción hexánica.

La determinación se realiza en el laboratorio de cromatografía del Departamento de Química Analítica de la DEPA de la Facultad de Química

Fundamento.

Se basa en la saponificación y metilación de los ácidos grasos de la muestra para formar los ésteres metílicos. La separación se realiza en un cromatógrafo de gases y la determinación mediante un registrador (1)

Equipo y reactivo

- Cromatógrafo de gases HP 5890 Series II Plus
- Columna Carbowax 20 M (30 m x 0.32 mm ID, 0.25 µm Film ThelGas)

- Gas acarreador hidrogeno.
- Temperatura de inyección y detección 200° C.
- BF₃ - Metanol

Procedimiento:

A 10 mg de muestra se le adiciona 1 ml de KOH en metanol (Metanol:Agua, 50:50) al 5 % y se coloca a reflujo durante 20 minutos. Enfrar y adicionar 1.5 ml HCl al 25 % (en metanol) y 1 ml de trifluoruro de boro y colocar a reflujo por 20 minutos. Extraer con hexano(1ml) e inyectar

Calculos:

Correr junto con la muestra estandares de acidos grasos y comparar los tiempos de retención de la muestra y los estándares. Determinar el area bajo la curva

4.7 Determinación del contenido calórico.

Fundamento:

La densidad calórica, también denominada densidad energética de un alimento o dieta, es la cantidad de energía en términos de kilocalorías que proporciona un gramo de alimento o dieta. Para obtener el contenido calórico, se somete una fracción de la muestra a una combustión total, dentro de un recipiente cerrado y en presencia de un exceso de oxígeno que asegure una completa combustión. En el caso específico de la bomba calorimétrica Gallenkamp, la elevación de la temperatura por efecto de la combustión, es detectada por un termopar, el cual a su vez está acoplado a un galvanómetro de alta sensibilidad, produciéndose una deflexión que se traduce en una lectura, la cual, al interpolarla en una curva patrón previamente establecida de un material de densidad energética conocida, proporcionará su valor calórico. El anterior dispositivo pertenece al grupo de calorímetros, denominado calorímetro de medición de un incremento de temperatura temporal (36).

Materiales y reactivos:

- Balanza analítica
- Bomba calorimétrica Gallenkamp
- Galvanómetro GAMMETRIC LTD
- Crisoles de acero inoxidable de 2.54 cm de diámetro.
- Mango metálico prensador
- Mechales de algodón de 7 cm de longitud.

- Acido benzoico (estándar termoquímico de la British Chemical Standards; valor calórico: 26,454 Joules/g o 6 3184 kcal/g)

- Tanque de oxígeno grado industrial

Procedimiento

Las muestras deben estar finamente molidas, aun cuando el secado es conveniente, este depende de las características propias de la muestra. La cantidad de muestra estará determinada por el tipo de material y como referencia se debe pesar una cantidad de muestra que proporcione aproximadamente 4 kcal. Para materiales de alta densidad calórica serán suficientes 0.4 g, mientras que para muestras de baja densidad calórica, como la urea se requiere de 1.5 g.

Dentro del crisol se coloca una cantidad de muestra ligeramente superior a la deseada, junto con la mecha de algodón y no se necesita que sea exacta.

A continuación se compacta la muestra (cuando se trata de grasas se pesa exactamente la cantidad de muestra requerida y la determinación se debe hacer rápido para evitar que la muestra suba por capilaridad y se moje la mecha al grado de que gotee fuera del crisol) y la mecha con el mango metálico prensador y se toma el peso definitivo. El crisol se coloca en la parte superior del pilar central de la bomba y el extremo de la mecha se introduce en el alambre de ignición. Hay que tener cuidado de que el anillo sellador de la bomba se halle en perfectas condiciones y que sea flexible, en caso contrario aplicar un poco de grasa o, dado el caso, reemplazarlo. Colocar el anillo sellador en el canal circular, levantar el anillo estrado y enroscar el cilindro de la bomba lo suficiente como para que coincidan ambas rosas. Bajar el cilindro de la bomba junto con el anillo estrado sobre el anillo segurador y terminar de girar el cilindro hasta que se cierre completamente. Introducir la terminal del termopar en la parte superior del cilindro de la bomba.

Abrir el tanque de oxígeno, previo ajuste de la válvula de reducción de flujo. Girar la perilla de paso de oxígeno en el panel de control de la bomba y dejarla abierta hasta tener una presión dentro del cilindro de 25 atmósferas.

De no llegar a esta presión, ajustar de nueva cuenta la válvula de reducción o chequear el contenido de oxígeno en el tanque. Cerrar la perilla de paso de oxígeno y cuidar que no haya reducción en la presión, lo cual sería indicio de la existencia de una fuga en alguna de las conexiones.

Dejar que la temperatura del termopar se estabilice con respecto a la del cilindro. Ajustar la escala en el galvanómetro a cero con el ajuste fino (perilla central). Checar que la válvula del lado derecho de la base del cilindro se halle cerrada.

Presionar el botón rojo de ignición en el panel central de la bomba y esperar a que se inicie la combustión, lo cual se verá por una notable deflexión de la aguja del manómetro.

La lectura en el galvanómetro llega a un máximo, después de la cual baja un poco para volver a subir hasta estabilizarse en una lectura máxima durante unos momentos. Esta última lectura es la que se debe tomar. Abrir la válvula del lado derecho de la base del cilindro de la bomba para dejar escapar los gases producto de la combustión, quitar el termopar y el cilindro de la bomba en forma inversa a la descrita anteriormente. Enfriar el cilindro de la bomba a chorro de agua y enjuagar con agua destilada. Secar para la siguiente determinación, las determinaciones se realizan por triplicado.

Cálculos

Elaborar una curva patrón con ácido benzoico de densidad calorífica conocida. Se recomienda tener suficientes puntos en la curva de modo que se cubra toda la escala en el galvanómetro (0.1 a 0.8 g). Hacer una gráfica colocando en las abscisas el contenido energético y en las ordenadas la lectura en el galvanómetro. Hacer una combustión exclusivamente de una de las mechas empleadas de tal modo que posteriormente se haga la corrección en la lectura de las muestras (el valor en el galvanómetro es de aproximadamente de 0.2) (16).

Por interpolación a partir de la curva patrón se determina el contenido calorífico de las muestras.

4.8 Determinación de vitaminas C, A y E.

4.8.1 Determinación de Vitamina C.

Fundamento

La vitamina C tiene la propiedad de decolorar el indofenol (2,6-clorofenol indofenol) colorante azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente (2).

Materiales y reactivos.

- Bureta de 50 ml
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml
- Matraz aforado de 500 ml
- Mortero y pistilo
- Arena limpia
- Ácido acético glacial
- Matraz aforado de 100 ml.
- Embudo de tallo largo

- Bicarbonato de sodio R.A.
- Indofenol R.A
- Vitamina C. (Para solución estándar).

Procedimiento

La vitamina C deberá extraerse del alimento en solución como, por ejemplo, en un jugo de fruta. El alimento se muele en un mortero con un poco de arena limpia o se homogeniza en una licuadora. Para prevenir la oxidación de la vitamina C durante la extracción, se añade una solución al 5% de ácido acético o una solución al 3% de ácido metafosfórico recién preparado, esto destruye la enzima ácido ascorbico oxidasa.

Tomar 5 g del alimento y homogenizar con 50 ml del ácido hasta la desaparición de grumos usando arena lavada para ayudar a moler la muestra. La vitamina C, se encuentra ahora en solución. Filtrar la muestra en un matraz aforado de 100 ml, lavando cuantitativamente, agregar agua destilada hasta el aforo y mezclar (Pueden presentarse problemas durante la filtración). Cuando la muestra se muele perfectamente es preferible aforar sin filtrar para tener menos pérdida de solución. Filtrar la alícuota.

Para la determinación, usar 10 ml de parte de alícuota.

Solución estándar de vitamina C: preparar una solución en ácido acético al 5% que contenga 1 mg de la solución de vitamina C por ml.

Solución de indofenol: pesar 25 mg de indofenol y 21 mg de bicarbonato de sodio, disolver y aforar a 500 ml con agua destilada.

Para su titulación, tomar 1 ml de la solución estándar de vitamina C, agregar 9 ml de la solución de ácido acético al 5%, poner el colorante en una bureta y titular hasta color rosa persistente (17.5 ml corresponden aproximadamente a 1 mg de vitamina C).

Pipetar 10 ml del extracto dentro de un matraz Erlenmeyer y añadir el colorante con la bureta. El color azul vira al rosa tan pronto se pone en contacto con el ácido e inmediatamente se decolora por la vitamina C presente, continuar la adición del indofenol hasta que persista un color rosa por lo menos durante 10 segundos, esto significa que la cantidad de colorante agregado ha reaccionado con todo el ácido ascorbico presente (2).

Cálculos:

Calcular mg de vitamina C en 100 g de alimento

4.8.2 Determinación de vitamina A (como Retinol) y vitamina E (como α -Tocoferol) en los aceites.

La determinación se realiza en el laboratorio de Investigación de Nutrición del Hospital de Pediatría en el Centro Médico Siglo XXI

Fundamento

La técnica se basa en la saponificación y posterior extracción del retinol y α -tocoferol presentes en la fracción lipídica de la muestra a analizar. Después de la extracción se inyecta en el equipo de HPLC, determinándose espectrofotométricamente cada una de las muestras a su longitud de onda de máxima absorción, la identificación de las muestras se realiza por su tiempo de retención comparándose con un estándar, que se corre antes que las muestras (46).

Equipo y condiciones

- Equipo de HPLC Model Water 474, 486 y 600 (tres módulos)
- Columna C18, 15 cm (Octadecililano)
- Velocidad de flujo 1.5 ml/min.
- Fase móvil Metanol al 100 %
- Sid interno Acetato de Retinol
- Tiempo máximo de corrida 4.5 minutos

Procedimiento

Deben tomarse las siguientes precauciones con la muestra:

- Almacenarla a temperatura de congelación y en atmósfera inerte
- La extracción debe realizarse con disolventes libres de peróxidos
- Realizar la manipulación en ausencia de luz blanca
- Analizar los estándares de alta pureza bajo las mismas condiciones que la muestra

Se toman 100 μ l de aceite perfectamente homogeneizado y se adicionan 500 μ l de Etanol, 100 μ l de ácido Ascórbico al 0.1 % y 150 μ l de KOH (1 g de KOH en 2 ml de H₂O)

Saponificar durante 30 minutos a 60°C. Transcurrido el tiempo se enfría en baño de hielo

Extraer 2 veces en Vortex con 500 μ l de hexano durante 90 segundos con reloj

Separar las capas centrifugando a 2000 rpm durante 15 minutos y juntar las capas de hexano

Lavar 2 veces la capa orgánica con agua y separar las fases

Evaporar a sequedad con corriente de nitrógeno

Recuperar en 100 μ l de etanol en el momento en que se vaya a hacer la determinación.

Calculos:

La determinación se realiza espectrofotométricamente y la cuantificación mediante programa Millennium 2010 (46).

4.9 Determinación de Calcio, Hierro y Zinc.

4.9.1 Determinación por absorción atómica de calcio y zinc.

La determinación se realizó en el laboratorio de Investigación de Nutrición del Hospital de Pediatría en el Centro Médico Siglo XXI

Fundamento

Se hace pasar por la flama la radiación de una fuente externa de luz, que emite la(s) línea(s) espectral(es) correspondiente(s) a la energía necesaria para una transición electrónica del estado normal al estado excitado. Los gases de la flama se consideran como un medio que contiene átomos libres y no excitados, capaces de absorber radiación de una fuente externa, cuando dicha radiación corresponde exactamente a la energía requerida para una transición del elemento investigado de un estado electrónico normal a un estado mayor de excitación.

La radiación no absorbida pasa entonces a través del monocromador, que aísla la línea espectral excitante de la fuente de luz y se envía hacia el detector.

La absorción de radiación de la fuente de luz depende de la población del estado normal, la cual es proporcional a la concentración de la solución rociada en la flama. La absorción se mide por medio de la diferencia entre las señales transmitidas en presencia y ausencia del elemento (48).

Equipo y materiales

- Espectrofotómetro de Absorción atómica Beck Model 220 A
- Lámparas de cátodo vacío
 - Zinc 10 mA
 - Calcio 6 mA

Procedimiento

Calentar 5 µl de muestra a 500° a 550 C hasta obtener cenizas blancas (o a peso constante). Humedecer con 5-10 ml de ácido clorhídrico, hervir 2 minutos, adicionar 50 ml de agua destilada, calentar a BM durante 15 minutos, filtrar recibiendo en un matraz aforado de 100 ml, lavar cuantitativamente y atorn (SOLUCIÓN A).

A partir de la Solución A realizar diluciones con agua desionizada hasta obtener las concentraciones esperadas en el alimento

Es importante que la última dilución en caso del Calcio se realice en óxido de Lantano al 1.0 % para evitar interferencias

Se calibra el aparato con una curva estándar cuyo rango de concentraciones incluya la concentración esperada del mineral en el alimento

En el caso del Zinc las concentraciones de la curva estándar son 0.25, 0.5 y 1.0 ppm

En el caso del Calcio las concentraciones de la curva estándar 1, 2 y 4 ppm

Condiciones del equipo

Condiciones	Calcio	Zinc
Flujo de aire acetileno	6.4 %	6.4 %
Longitud de onda (nm)	422.7	213.9
Corriente (mA)	6	10

Calculos

Trazar la curva estándar de cada elemento

Calcular la concentración a partir de la curva estándar por interpolación

4.9.2 Determinación espectrofotométrica de hierro.

Fundamento

Se basa en la formación de un complejo colorido entre el hierro en solución y la *o*-fenantrolina, cuya longitud de onda de máxima absorción en visible es de 530 nm (2)

Materiales y reactivos

- Solución de *o*-fenantrolina (Disolver 0.1 g en 80 ml de agua a 80°C enfriar y aforar a 100 ml)

Solución de Clorhidrato de hidroxilamina (Disolver 10 g de la sal y aforar a 100 ml) Nota: Cuando no se realicen muchas determinaciones puede prepararse solo la cuarta parte del volumen de los reactivos

- Solución buffer de acetato (Disolver 8.3 g de acetato de sodio anhidro (secado a 100°C), adicionar 12 ml de ácido acético y aforar a 100 ml)

- Solución estándar de hierro (1 ml = 0.01 mg) (Disolver 3.512 g de sulfato ferroso amónico, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua, adicionar unas gotas de HCl y aforar a 500 ml, 10 ml de esta solución se llevan a 1 litro con agua destilada).

Nota. Cuando las determinaciones son pocas se puede preparar solo la décima parte de los volúmenes de los reactivos.

- Espectrofotómetro Sequon-Turner Model 340 (Serie 005948 TF)
- Celdas de vidrio

Procedimiento

Preparación de la curva estándar

En matraces aforados de 100 ml poner de la solución estándar de hierro 0, 5, 10, 20, 25, 30, 40 y 50 ml, adicionar a cada matriz 2 ml de HCl concentrado y aforar a 100 ml con agua destilada. Colocar en tubos de ensaye 10 ml de cada dilución y proceder a desarrollar color.

A cada tubo se adiciona 1 ml de solución de clorhidrato de hidroxilamina, 5 ml de buffer de acetato y 1 ml de solución de O-tenantrolina mezclando después de cada adición de reactivos. Dejar reposar por aproximadamente 15 minutos y después leer a 530 nm en un fotocolorímetro.

De la solución A que se preparó para la determinación de calcio y zinc, tomar 25 ml y pasarlos a un matraz aforado de 100 ml, adicionar 2 ml de HCl concentrado y aforar con agua. Tomar 10 ml pasarlos a un tubo de ensaye y desarrollar color en la misma forma que para los estándares y leer en el espectrofotómetro (2).

Calculos

Se traza la curva estándar que se corrió junto con la muestra. A partir de la curva estándar se interpolan los mg de hierro.

5. Resultados.

Todas las determinaciones de análisis proximal, fracción hexánica (perfil de ácidos grasos) y caracterización de la harina (proteína verdadera, índice calórico) se realizaron por triplicado, solo en las determinaciones de vitaminas, minerales (por absorción atómica), y aminoácidos (por cromatografía en columna), se realizaron una sola vez.

5.1 Caracterización física de las almendras.

Almendra de Mamey.

Tabla 5.1 Proporción de las diferentes partes que forman a la semilla.

Parte	%
Exocarpo	14.5-18
Mesocarpo	68-71.2
Endocarpo	8.1-17.0

Tabla 5.1a. Proporción de la almendra en la semilla.

Parte	%
Endocarpo	25.1-37.4
Almendra	62.3-74.6

Tamaño.

Las medidas de la almendra de acuerdo con la siguiente figura (se midieron 26 almendras frescas con un vernier para determinar sus dimensiones físicas (tamaño promedio y desviación estándar) fueron:

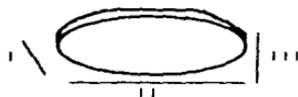


Fig. 5.1

Tabla No. 5.2 Dimensiones de la almendra.

Estadístico	Espesor (cm)		Largo (cm)		Alto (cm)	
	I	II	I	II	I	II
Medio	1.85	1.56	3.56	3.99	1.99	1.99
Desviación estándar	0.523	0.868	0.868	0.445	0.445	0.445

La forma es ovoide, de color amarillo pálido, recubierta por una capa delgada café fibrosa, con olor muy penetrante

Almendra de Capulín.

Se homogenizaron lotes de semillas frescas (Julio 1996) y semillas anteriores (Febrero de 1996), a partir de los cuales se tomó una muestra para su análisis. Se estableció el peso hectolítrico de las semillas. Un análisis para determinar el % de semilla en el fruto mostro que 30 frutos pesaron 67g, por lo que el peso promedio fue de 2.23g para el fruto y de 0.36g y 0.12g para la semilla y la almendra respectivamente. La proporción queda expresada en la tabla 5.3 y 5.3a.

Tabla No. 5.3 Proporción de las diferentes partes que forman a la semilla.

Parte	%
Epicarpijo	4.5
Mesocarpijo	79.5
Endocarpijo	16.0

Tabla No.5.3a Proporción de la almendra en la semilla.

Parte	%
Endocarpijo	66.67
Almendra	33.33

El fruto íntegro tiene un peso de 2.2 g, la cascara de 0.1 g, la semilla de 0.35 g y de 0.12 g la almendra. El porcentaje de la almendra con respecto a la semilla fue de 33.33 % (Todos los datos son medias estadísticas)

Tabla No. 5.4 Peso hectolítrico de la almendra.

Estadístico	No. de semillas	Peso hectolítrico (g)
Medio	214.4	54.84
Desviación estándar	1.05	1.19



Fig.5.2

La almendra es de forma irregular, de color amarillo pálido, con una recubierta de fibra delgada de color café claro

Almendra de Napahtite.

Ya se contaba con la almendra, y como la cantidad era muy pequeña no se realizó el mismo análisis que con la semilla del capulín. La almendra es circular aplanada por un lado, de tamaño del doble de la de Capulín (7 mm de diámetro) y de color marrón, con brillo



Fig. 5.3

5.2 Análisis proximal.

Tabla No. 5.5 Análisis proximal de las tres almendras (% en peso).

Determinación (% en peso)**	Mamey*		Capulín		Napahtite	
	Bases seca	Bases húmeda	Bases seca	Bases húmeda	Bases seca	Bases húmeda
Humedad	--	45.36**	--	4.54	--	3.28
Sólidos totales	100	54.66	100	95.46	100	96.72
Proteína***	11.05	7.13	33.18	31.67	12.03	11.64
Grasa****	48.29	26.38	46.30	44.20	49.48	47.86
Carbón	2.73	1.60	2.72	2.60	2.37	2.29
Fibra	1.98	2.18	2.80	2.67	16.97	16.41
CHON	31.74	17.34	15.00	14.32	19.15	18.52

*La harina de mamey (ver en metodología, obtención de extracto lipídico) tiene una humedad analítica de 3.45 %.

**Los cálculos en base húmeda se realizaron con la humedad residual.

***Para la determinación del contenido de proteína se utilizó el factor de 6.25, pues no se tenía datos sobre las almendras.

****La determinación del contenido de grasa se realizó con heptano (grado reactivo analítico (R.A.)).

5.3 Caracterización de la proteína.

5.3.1 Nitrógeno proteínico (Proteína verdadera).

Tabla No. 5.6 Contenido de nitrógeno proteínico (proteína verdadera) y no proteínico.

Nitrógeno*	Proteínico %	No proteínico %
Mamey	7.12	5.93
Cajón	11.10	2.68
Napalmón	10.82	1.21

*Los resultados están expresados en base seca y se utilizó el factor de 6.25 en la determinación del nitrógeno proteínico.

5.3.2 Perfil de aminoácidos en harina desengrasada.

Más adelante se muestra un aminograma

Tabla No. 5.7 Perfil de aminoácidos en mamey.

Aminoácido	Hidrólisis ácida con fenol		Hidrólisis ácida sin fenol	
	masa, gN	% recovery	masa, gN	% recovery
Metionina	37.8	0.33	74.2	0.69
Triptófano	40.6*	0.56	40.6*	0.56
Leucina	56.5	10.82	419	8.02
Isoleucina	216	2.30	319	3.40
Isoleucina	70.3	5.50	1011	10.79
Histidina	37.4	10.12	387	10.47
Fenilalanina	209	1.77	474	4.02
Valina	304	3.63	285	3.40
Treonina	102	1.20	-	1.20
Cisteína	61.3	0.71	75.5	0.87
Tirosina	18.4	1.42	203	1.57
Ácido aspártico	405	4.26	589	6.19
Ácido glutámico	107.4	10.22	-	10.22
Glicina	530	9.04	718	12.25
Prolina	438	5.33	418	5.08
Serina	566	7.54	486	6.47
Arginina	607	19.51	693	22.28
		96.28		107.48

* Determinación por hidrólisis alcalina.

Tabla No. 5.8 Perfil de aminoácidos en capulín.

Aminoácido	Hidrólisis ácida con fosol		Hidrólisis ácida sin fosol	
	masa gN	% recobro	masa gN	% recobro
Metionina	27.2	0.25	10 ^a	1.00
Triptófano	11.2*	0.43	11.2*	0.43
Isoleuina	248	4.75	430	8.23
Isovalerina	127	1.35	94.2	1.00
Leucina	565	6.03	1290	13.77
Histidina	217	9.87	447	13.03
Fenilalanina	280	3.37	436	1.69
Valina	141	4.07	492	5.88
Treonina	152	1.79	-	1.79
Cisteína	36.7	0.42	50.8	0.59
Tirocina	66.1	0.51	185	1.43
Ácido aspártico	202	2.12	176	1.85
Ácido glutámico	1220	11.61	-	11.61
Glicina alanina	843	14.38	1240	21.15
Prolina	223	2.71	317	3.85
Serina	198	2.84	256	3.41
Arginina	783	23.17	948	31.63
		88.72		123.32

* Determinación por hidrólisis alcalina.

Tabla No. 5.9 Perfil de aminoácidos en naphante.

Aminoácido	Hidrólisis ácida con fosol		Hidrólisis ácida sin fosol	
	masa gN	% recobro	masa gN	% recobro
Metionina	149.0	1.40	34.5	0.32
Triptófano	56.2*	0.75	56.2	0.75
Ileuina	375	7.15	551	9.98
Isovalerina	669	7.14	468	4.99
Leucina	1133	12.09	1502	16.03
Histidina	310	8.39	252	6.82
Fenilalanina	565	4.81	403	3.41
Valina	845	10.16	425	5.08
Treonina	450	5.29	-	5.29
Cisteína	114	1.32	45.4	0.52
Tirocina	147	1.13	124	0.96
Ácido aspártico	2609	27.33	183	1.92
Ácido glutámico	2365	23.50	-	23.50
Glicina alanina	1114	19.10	634	10.92
Prolina	657	7.99	360	4.38
Serina	440	5.86	701	9.14
Arginina	1452	43.46	1295	41.63
		185.97**		144.92

* Determinación por hidrólisis alcalina.

** Tomando en cuenta que como las muestras de naphante y capulín tuvieron un porcentaje de recobro dentro del rango esperado, en el caso de la hidrólisis con fosol, y como todas las muestras se convirtieron una después de la otra, podemos decir que los resultados en el naphante no se debieron a una mala aplicación del método. Por lo tanto, cuando se verificó el factor utilizado en el cálculo del contenido de proteína se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.9a Porcentaje de aminoácidos en la proteína de Naphautu.

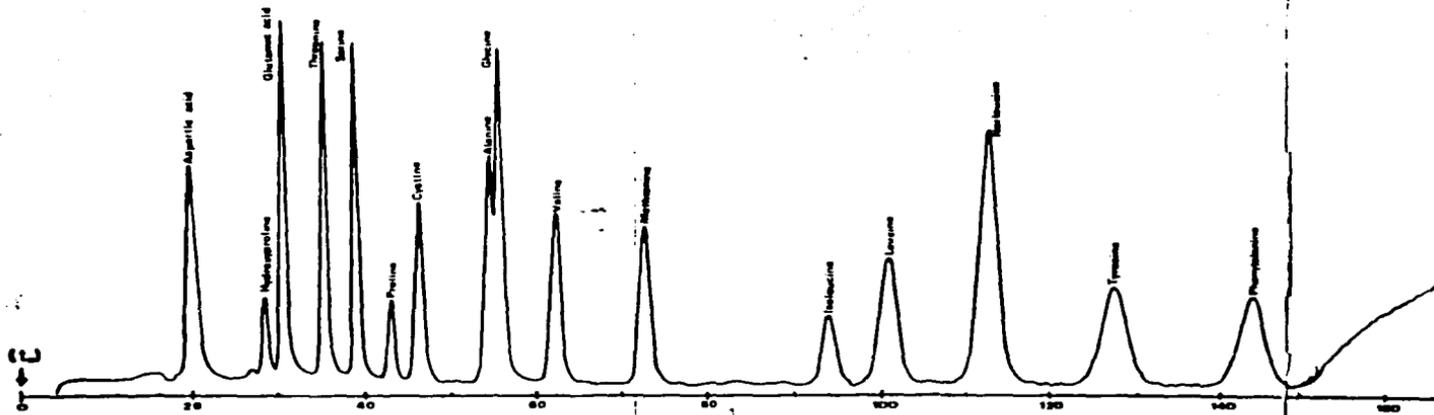
Aminoácido	%	% nitrógeno aportado
Metionina	1.11	0.103
Triptófano	0.42	0.057
Leucina	2.81	0.539
Isoleucina	5.01	0.536
Leucina	8.48	0.910
Histidina	2.32	0.629
Fenilalanina	4.25	0.361
Valina	6.33	0.760
Treonina	3.37	0.398
Cisteína	0.85	0.100
Tirocina	1.10	0.085
Ácido aspártico	19.54	2.052
Ácido glutámico	17.71	1.682
Glicina	4.17	0.780
Alanina	4.17	0.655
Prolina	4.92	0.600
Serina	3.29	0.418
Arginina	10.12	3.26
	100	13.95

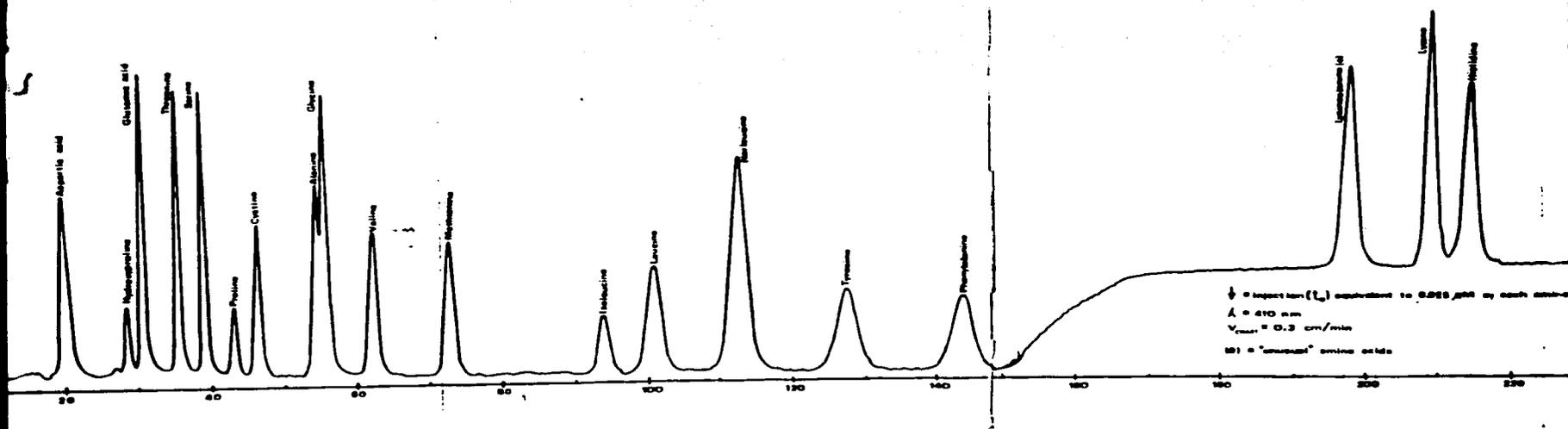
La suma del contenido de nitrógeno aportado por cada aminoácido nos dio un resultado de: 13.95g por cada 100g de proteína de Naphautu. Cuando dividimos 100g de proteína entre 13.95g de nitrógeno tenemos que el factor que debió utilizarse fue 7.17.

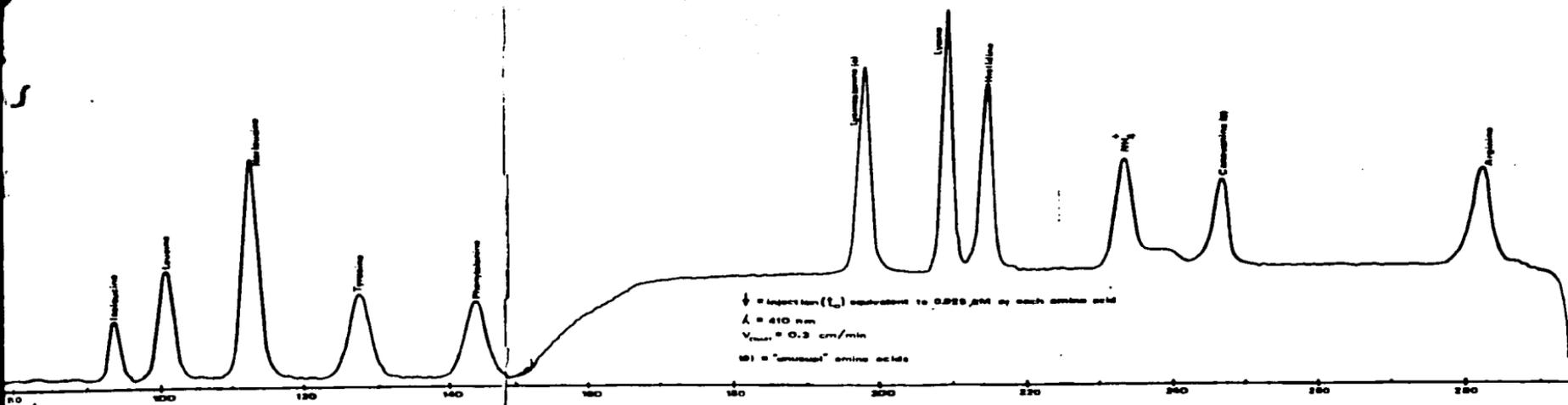
Como la determinación de triptófano se realizó por hidrólisis alcalina, sólo se determinó el contenido de este aminoácido en las muestras. El contenido de triptófano (tabla 5.11) se calculó a partir de los datos (tabla 5.10) y gráfica, de la siguiente curva estándar:

Tabla No. 5.10 Curva estándar de triptófano.

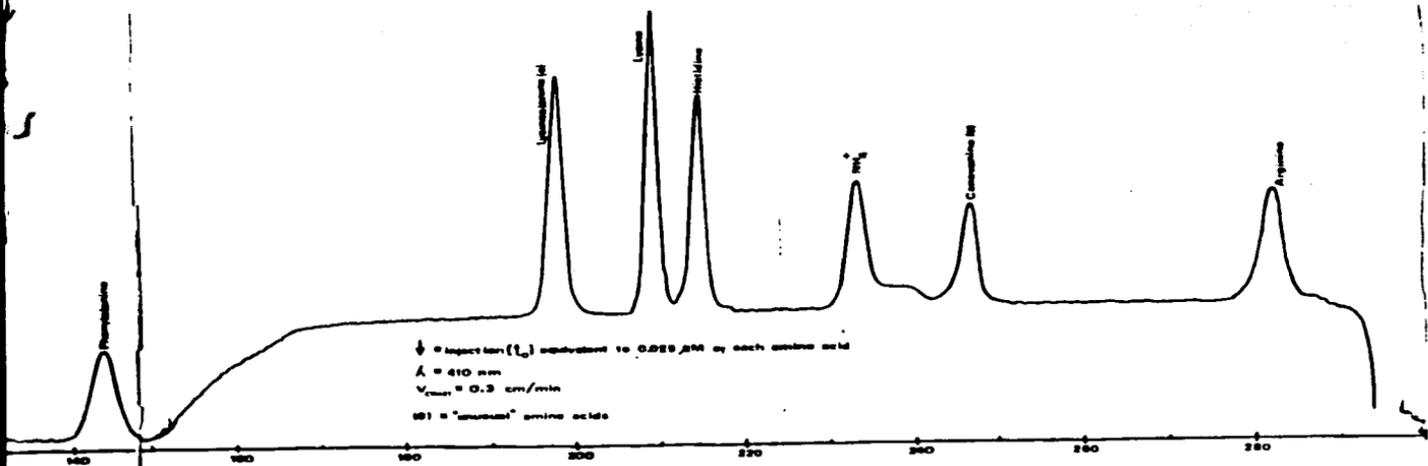
Absorbancia	µg de Triptófano
0.0	0.0
0.069	20.0
0.206	40.0
0.271	60.0
0.5	80.0
0.646	100

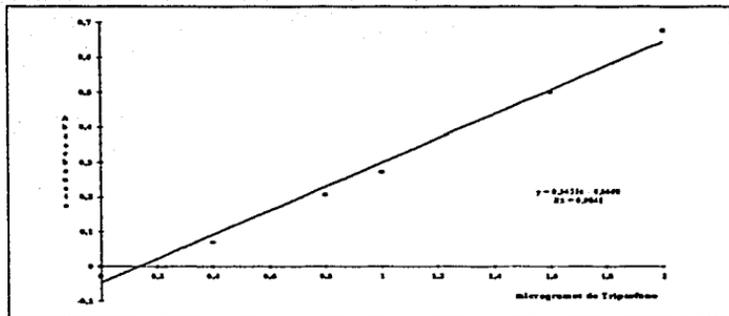






† = injection ($[L_0]$) equivalent to 0.025 μ M of each amino acid
 $\lambda = 410$ nm
 $V_{flow} = 0.3$ cm/min
 (S) = "standard" amino acids





Curva estándar de triptofano.

Tabla No. 5.11 Contenido de triptofano en las tres almendras.

Triptofano	mg/100g*
Mammy	45
Cappella	155
Napachito	97

*Datos expresados en base seca.

5.3.3 Valor químico e índice de aminoácidos indispensables.

El valor químico de las muestras y el índice de aminoácidos indispensables fue calculado considerando la histidina como indispensable para los niños y en adultos sin histidina, que es considerada como no indispensable (29)

Tabla No. 5.12 Valor químico de las tres muestras.

Patrón leche humana (FAO 1985)	Niños (con Histidina)	Adultos (sin Histidina)*
S.Q. (Mammy) ²⁹ no limitante	43.75 Tryptófano	25.71 Metionina Cisteína
S.Q. (Cupula) no limitante	41.15 Metionina Cisteína	22.27 Metionina Cisteína
S.Q. (Naphutte) no limitante	37.8 Tryptófano	27.55 Tryptófano

*La histidina no es esencial para los adultos (29)

**El valor químico (S.Q.) representa el porcentaje del aminoácido en la proteína analizada con respecto al patrón. Por lo tanto no depende de la cantidad de muestra (cantidad de aminoácidos) que se coque, ya que siempre se referirá a un 100% y no como a una suma total de la cantidad de cada aminoácidos (29)

Tabla No. 5.13 IAAF de las tres muestras.

IAAF (Patrón nuevo entero) ²⁹	Niños (con Histidina)	Adultos (sin Histidina)*
Mammy	69.08	58.86
Cupula	52.71	46.4*
Naphutte**	113.1	118.6

*La histidina no es esencial para los adultos (29)

**De acuerdo a los resultados del IAAF del naphutte, la utilización del factor 6.25 para el cálculo de proteína no fue el adecuado, por que hubo una sobreestimación de la cantidad de proteína presente en la muestra, y en la hidrólisis se utilizó una cantidad superior a los 100 mg de proteína. El cálculo del índice de aminoácidos esenciales se realizó utilizando los datos expresados en mg de aminoácido por gramo de nitrógeno (considerando 16% de nitrógeno en 100g de proteína), para la muestra y el patrón. Por lo tanto al tener en mayor cantidad sus aminoácidos la muestra que el patrón (por las razones anteriores), al realizar las operaciones el resultado fue mayor a 100 (43)

Sin embargo cuando el contenido de aminoácidos fue expresado en porcentaje en ambos casos, se hizo un ajuste a un 100%, lo que permitió el cálculo del índice de aminoácidos esenciales en el naphutte. El valor ajustado del IAAF para el naphutte es el siguiente:

IAAF (Patrón nuevo entero)	Niños (con Histidina)	Adultos (sin Histidina)
Naphutte	88.9	85.47

5.4 Caracterización de la fracción lipídica.

5.4.1 Parámetros físicos y químicos.

Los parámetros calculados fueron los más comunes para la identificación de un aceite. Los resultados obtenidos fueron los siguientes

Tabla No. 3.14 Parámetros físicos y químicos de los tres aceites de las almendras.

Determinación	Mamoy	Cajalín	Napalante
Densidad relativa (a 20°C)*	0.9161	0.9225	0.9234
Punto de fusión (intervalo) (a 20°C)*	5.0°C a 48.2°C	-8.0° a 1.0°C	1.1° a 9.1°C
Índice de refracción (a 25°C)*	1.4440	1.4821	1.4631
Color** (Escala I.a.b)	L = 68.1 a = -5.0 b = 26.7	L = 71.9 a = -5.2 b = 18.2	L = 55.1 a = 17.7 b = 37.3
Índice de saponificación (mg KOH/g muestra)	190-191.9	212.04-213.53	183.0-187.0
Índice de yodo (% de yodo absorbido)	74.30-75.57	150.80-153.28	78.16-78.84
Índice de acidez (mg KOH/g muestra)***	0.0	0.0	18.54

*Todas las muestras son líquidas a temperatura ambiente. A pesar de que los aceites de mamoy y napalante tuvieron un amplio rango de fusión.

**La escala utilizada es de tipo tridimensional L: Luminosidad, a: tonalidad y b: color. Entre más alejados del origen sean los valores de estas co-ordenadas los colores se intensifican.

***Cabe recordar que la muestra tiene un largo tiempo de almacenamiento.

5.4.2 Perfil de ácidos grasos.

La identificación de los ácidos grasos se realizó con estándares, por lo que aquellos que no se identificaron fue debido a que no se contaba con sus estándares. Los cromatogramas de cada una de las muestras de aceite se muestran más adelante.

Los resultados son los siguientes:

Tabla No. 5.15 Perfil de ácidos grasos de los aceites de las tres muestras.

Composición (% en peso)	Muestras		
	Mimsey	Capitán	Napalento
Mirístico (14:0)	0.29	-	0.173
Palmitico (16:0)	23.56	3.76	11.73
Estearico (18:0)	8.18	2.76	20.79
Oléico (18:1)	41.11	30.76	57.39
Linoléico (18:2)	21.76	25.57	11.36
α Linoléico (18:3)	2.30	-	0.50
Arquidónico (20:0)	0.43	0.28	0.48
Grasos (20:1)	0.39	-	0.20
2,173 min (18:1)**	0.66	-	-
No identificado (12.10 min.)**	0.72	-	-
No identificado (5.925 minutos)**	0.39	0.299	-
No identificado (6.190 minutos)**	0.72	34.58	-
No identificado (6.951 minutos)**	-	1.80	-

Todos los valores son el promedio de tres determinaciones.

**Se trata del ácido Palmítico que se encuentra también en grasas de origen animal como la leche y el pescado.

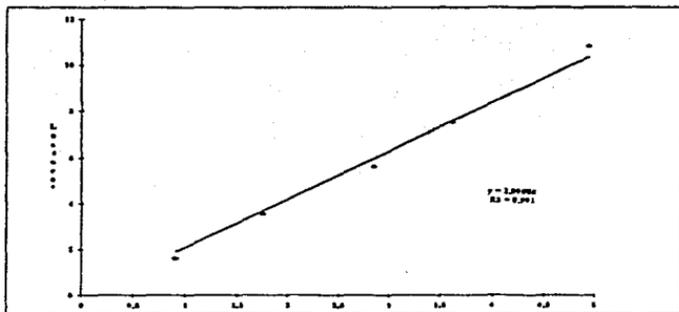
**No se cuenta con los estándares para la identificación.

5.5 Contenido calórico.

Se determinó el contenido calórico en aceite y en harina integral (tanto en rumientes y monogástricos), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No. 5.16 Curva estándar de ácido hexaoleo.

Lectura en el galvanómetro	Energía (Kcal)
1.60	0.9092
3.55	1.7611
5.60	2.8494
7.50	3.6187
10.8	4.9151



*Leídas en el galvanómetro

Curva estándar de ácido benzoico.

Tabla No. 5.17 Contenido calórico en aceite.

Fracción	Mamey	Cajuputi	Nagahuita
Grasa (Kcal/g)	10.17	9.89	10.1

Tabla No. 5.17a Contenido calórico en harina.

Muestra*	Monogástricos (Kcal/g)	Rumiantes (Kcal/g)
Mamey	7.75	7.58
Cajuputi	7.49	7.28
Nagahuita	7.65	6.97

*Datos expresados en base seca.

La determinación de los valores se realiza por interpolación en una curva estándar de ácido benzoico que se corre bajo las mismas condiciones que la muestra.

4015

12.121

4.202

3.202

892.0

646.2

120.2

588.2

501.1

1.422

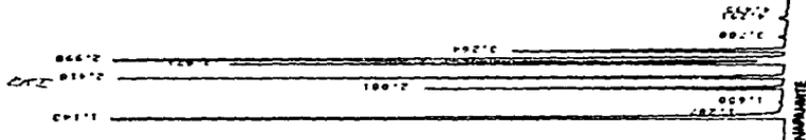
MARNEY

1061 01 NOV 1961 1202124

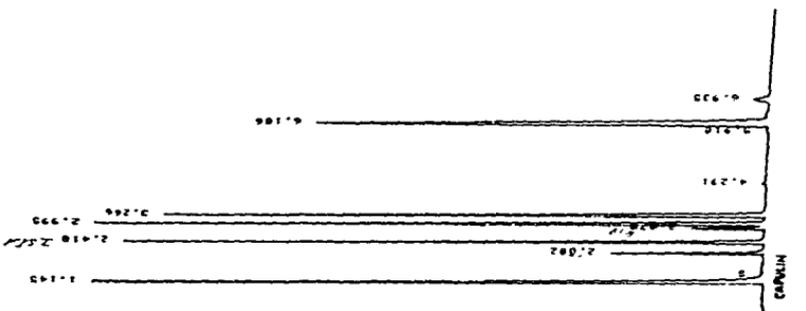
551 8 155

START

57007



STAYT
 * RUN # 126 JUN 15 1961 04:02:12



STAYT
 * RUN # 127 JUN 15 1961 04:12:47

5.6 Vitaminas.

5.6.1 Vitamina C.

La única almendra con vitamina C fue la de maney.

Tabla No. 5.18 Contenido de vitamina C en almendra de maney.

Maney	Base seca (mg/100g)	Base húmeda (mg/100g)
Vitamina C*	16.22	19.8

Los valores se obtienen comparándolos con el título de la solución estándar de vitamina C (2).

5.6.2 Vitaminas A y E.

Las corridas que se realizaron para su determinación en los aceites se muestran más adelante.

Tabla No. 5.19 Contenido de vitaminas A y E en aceites.

Nombre	Maney		Capulín		Sapalíto	
	UI/100ml aceite	UI/100ml aceite	UI/100ml aceite	UI/100ml aceite	UI/100ml aceite	UI/100ml aceite
Retinol	829.46	87.93	83.25	83.25	83.25	83.48
Acetato retinol	83.25	83.25	83.25	83.25	83.25	83.25
Total*	612.65	121.18	146.7	146.7	146.7	146.7
Tocoferol**	0.112	3.269	0.112	0.112	0.112	0.112

**UI: Ixcedrol

*1 UI de α tocoferol equivale a 1.5 UI de vitamina E

*1 UI de retinol equivale a 3.333 UI de vitamina A

Los determinaciones se realizaron en el aceite. Como se cuenta con los datos suficientes se calculó el contenido en almendra también.

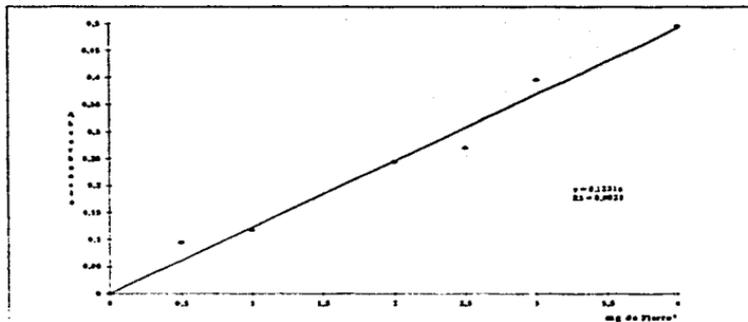
*El α tocoferol es el compuesto con mayor actividad de vitamina E

5.7 Minerales.

El contenido de minerales no fue directamente proporcional a la cantidad de cenizas presentes en la muestra de acuerdo a los siguientes resultados.

Tabla No. 5.20 Curva estándar de Hierro.

Absorbancia	mg de Hierro
0.0	0.00
0.095	0.05
0.118	0.10
0.244	0.20
0.27	0.25
0.395	0.30
0.495	0.40



*Dados multiplicados por 10

Curva estándar de Hierro.

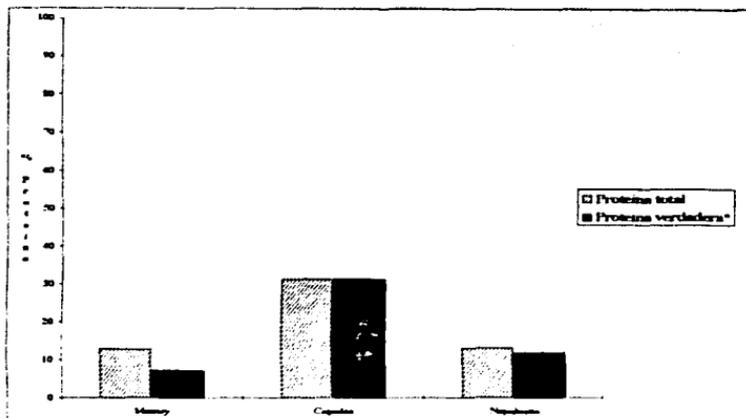
Tabla No. 5.21 Contenido de minerales en las tres muestras.

Mineral	Mamey	Capulín	Naguitito
	Base seca (mg/100g)	Base seca (mg/100g)	Base seca (mg/100g)
Calcio*	143,85	162,34	126,34
Hierro**	16,54	141,94	17,22
Zinc*	1,68	5,04	1,79

*La determinación se hizo por absorción atómica (48)

**Determinación espectrofotométrica. Los valores se obtienen por interpolación en una curva estándar, que se corre al mismo tiempo que la muestra (2).

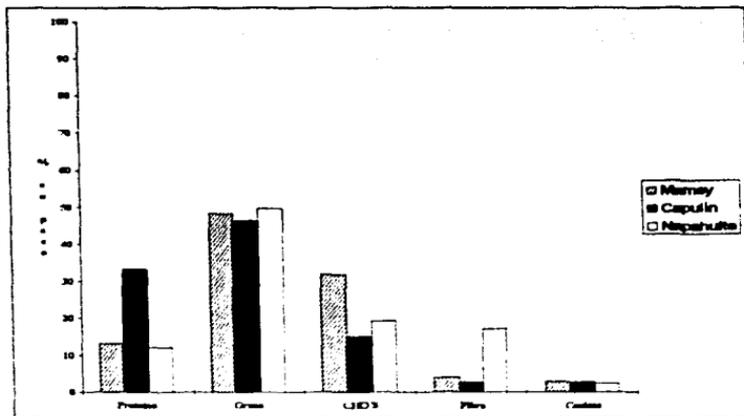
6. Discusión de resultados.



*El porcentaje fue calculado considerando solo el nitrógeno proteico en la muestra.

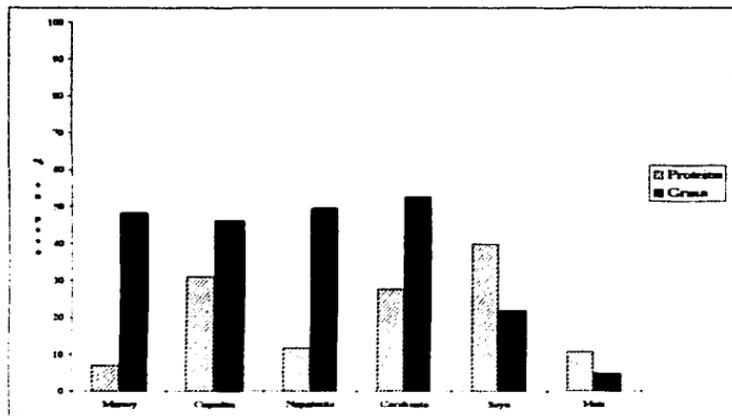
Gráfico 6.1 Contenido de proteína total y proteína verdadera (Base seca).

De lo mencionado en el perfil de aminoácidos y el cálculo del Índice de aminoácidos esenciales en la muestra de napaquite, tenemos que el factor que debe utilizarse para transformar su contenido de nitrógeno a proteína es de 7.17, así tenemos que el verdadero contenido de proteína (como nitrógeno total) es de 13.1% y su contenido de proteína verdadera (considerando solo el nitrógeno proteico) es de 11.77%, así que de ese porcentaje de proteína (nitrógeno total) el 1.32% corresponde a otros compuestos nitrogenados. De acuerdo con la gráfica 6.1 la muestra con un mayor contenido de nitrógeno no proteico fue la de maní, que de su porcentaje de proteína total (considerando el nitrógeno total) el 5.93% corresponde a otros compuestos nitrogenados y la de menor contenido fue la de napaquite con un porcentaje de 1.32 seguida del capulín con un 2.08%.



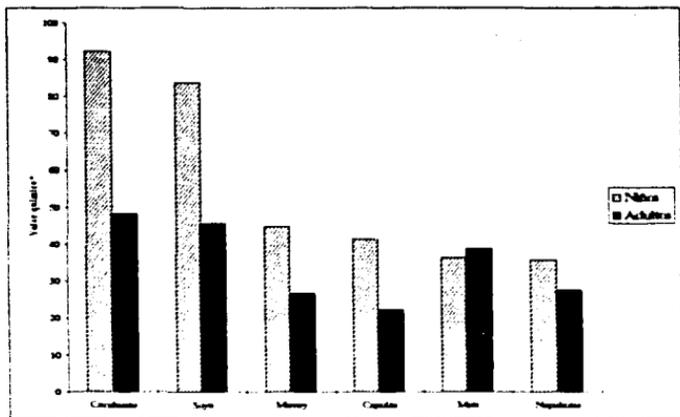
Gráfica No 6.2 Análisis proximal (Base seca).

Las características más importantes que se buscaban en las muestras fueron el contenido de proteína mayor al 25 % y de grasa al 15 %, así tenemos a partir de la gráfica 6.2 que la almendra de capulín tuvo el mayor contenido de proteína (33.18 %) de las tres muestras, pero en cuanto al contenido de grasa la de napaquite fue la de mayor porcentaje (49.48 %) aunque por margen pequeño con respecto al mamey (48.29 %). Otra característica importante en el napaquite fue su alto contenido de fibra (16.97 %), que la hace una muestra con menor digestibilidad para el hombre. En cuanto al contenido de cenizas el porcentaje fue similar para todas las muestras.



Gráfica 6.3 Comparación del contenido de grasa y proteína (Una vez).

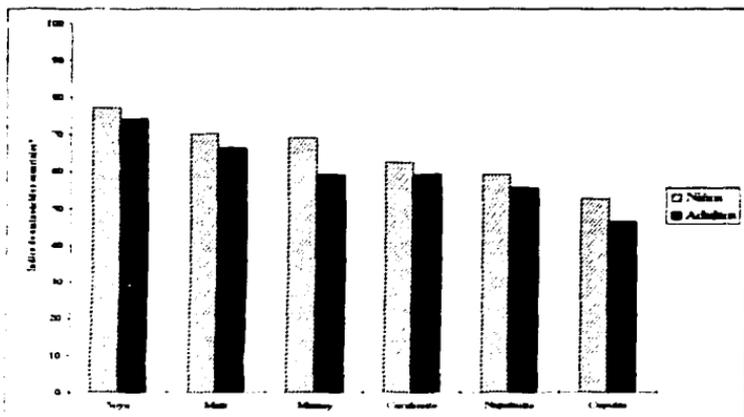
Comparando el contenido de grasa y proteína de las tres muestras con alimentos convencionales tenemos de acuerdo a la gráfica 6.3, que la soya (*Glycine max*) tiene un mayor contenido de proteína (39.89 %) que el capulín que fue la muestra con mayor contenido, mientras que el nopaluito tiene un contenido ligeramente arriba al del maíz (*Zea mays*) (10.79 %) y el mamey es la muestra con el menor contenido. En cuanto al contenido de grasa tenemos que la muestra de cacahuete (*Arachis hypogea*) es la de mayor contenido (52.66%), aunque solo supera al nopaluito y al mamey por un porcentaje de aproximadamente 3:13).



*Pares de la FAO, 1965. *Carra matata*.

Gráfica 6.4 Comparación de valor químico.

Dentro del contenido de proteína de las muestras también es importante saber su valor químico y deficiencia de aminoácidos que presentan. Así tenemos, de acuerdo a la gráfica 6.4 en el caso de los niños que el mamey fue la de S.Q. mayor de las tres muestras (44.74 %), deficiente en triptófano. Sin embargo, dicho valor químico es menor al del cacahuete (92.28 %) con la misma deficiencia en aminoácidos, al de la soya (83.85 %, deficiente en azufrados) y mayor al del maíz (36.35 %, deficiente en lisina). En el caso del capulín su S.Q. fue mayor al del nopalito y al del maíz con deficiencia en aminoácidos azufrados. El nopalito con el menor valor químico fue deficiente en triptófano. En adultos los tres alimentos convencionales tuvieron un valor químico superior al de las tres muestras (cacahuete, 48.33 % y deficiente en azufrados, soya, 45.66 % y deficiente en azufrados y maíz, 38.88 % y deficiente en triptófano). Aquí el nopalito tuvo el mayor S.Q. de las tres muestras con una deficiencia en triptófano, seguido por el mamey, deficiente en azufrados y el capulín también deficiente en azufrados (14).

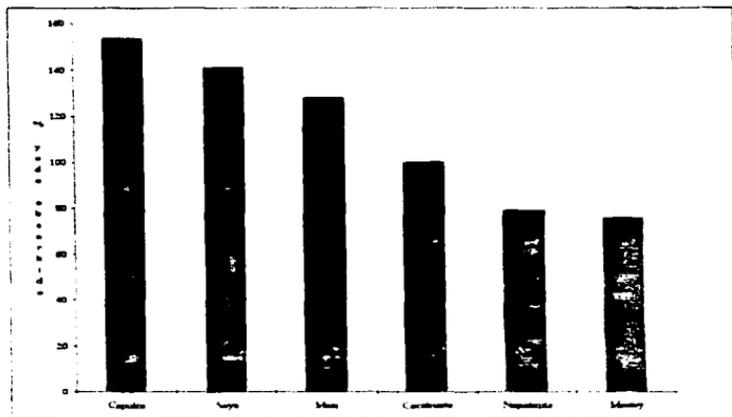


*Fuente: de nuestro estudio.

Gráfica 6.5 Comparación de índices de aminoácidos esenciales.

El Índice de aminoácidos esenciales (IAAE) nos proporciona un dato aproximado del valor biológico de las muestras. De acuerdo a la gráfica 6.5 en el caso de los niños la almendra de mamey tuvo un IAAE mayor (69.08) al de las tres muestras analizadas y al cacahuete (62.47), pero fue menor al calculado para la soya (77.11) y el maíz (70.2). El capulín fue la muestra con el menor IAAE con un valor de 52.73. En adultos la tendencia fue similar (soya, 74.12, maíz, 66.1 y mamey, 58.86), pero este caso fue similar el valor del cacahuete (59.0) al del mamey. Nuevamente el capulín fue la muestra con el menor IAAE.

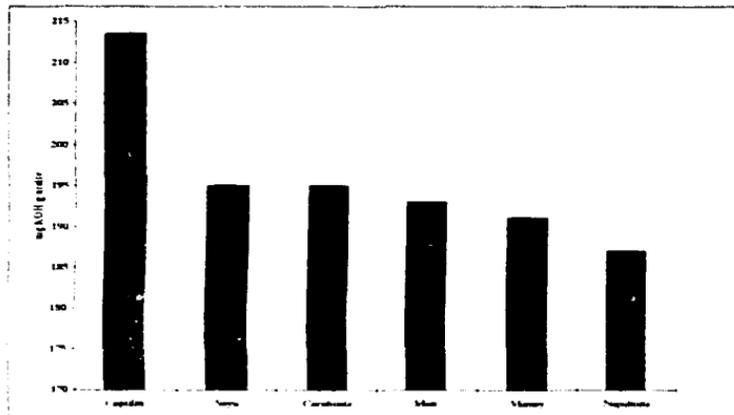
Cabe recordar que las muestras analizadas tuvieron un porcentaje de grasa superior al 15 % para ser consideradas como fuentes de grasa. Dentro de los parámetros que se analizaron en los aceites de las tres almendras es importante determinar si el aceite es secante o no secante (Índice de yodo) ya que esto implica su utilización como un aceite comestible o de uso industrial.



Gráfica 6.6 Comparación del índice de yodo.

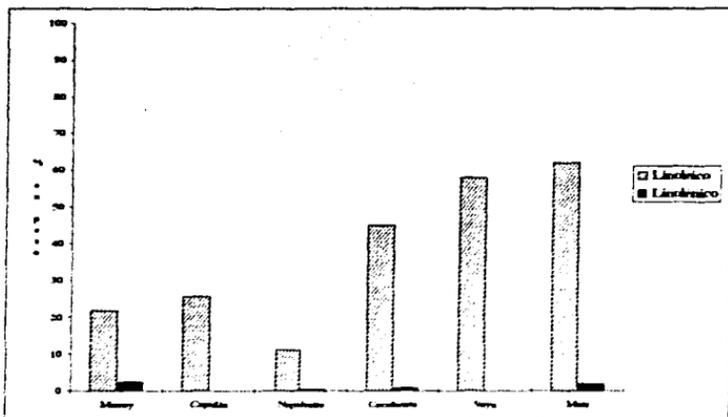
Con base en lo anterior cuando un aceite tiene un índice de yodo (IY) superior al 125 % de yodo absorbido es considerado como secante. En la gráfica 6.6 podemos observar que el aceite de capulín tuvo un IY mayor al 140 % que es mayor al presentado por los aceites de las muestras convencionales, aunque en el caso de la soya (120-141 %) su valor se encuentra en los límites, e incluso es semisecante. Los aceites de nopahuate y mamey tuvieron los menores valores de IY, incluso menor al reportado para

el maíz (103-128 %) y el cacahuete (84-100 %) (39). Esto significa que son aceites no secantes (I.Y. entre 80-110 %), como en el caso de las muestras convencionales.



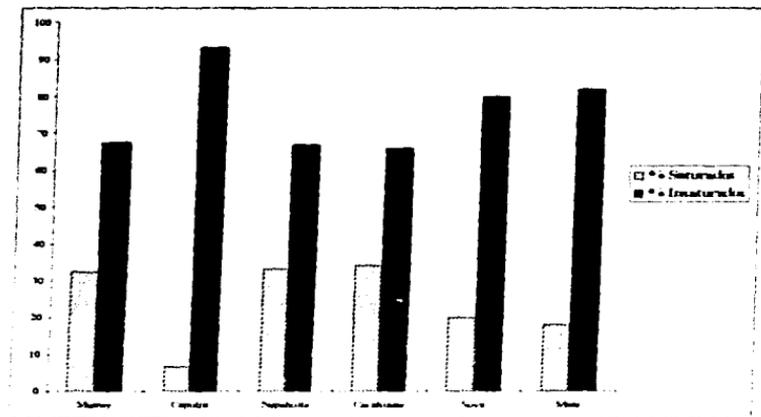
Gráfica 6.7. Comparación del índice de saponificación.

El valor del índice de saponificación (IS) nos proporciona información a cerca de los valores promedio del peso molecular de los ácidos grasos en la muestra (es inversamente proporcional). De acuerdo con este criterio en la gráfica 6.7, tenemos que el aceite de capulín tiene los ácidos grasos con el peso molecular promedio más bajo (150.08-153.28 mg KOH/g muestra) y el naphalite el de mayor (183-187 mg KOH/g muestra), de acuerdo al valor del IS. El mamey tuvo un valor cercano a la, soya, maíz y cacahuete (189-195, 187-193 y 188-195 mg KOH) y el naphalite tuvo el valor ligeramente menor (183-187 mg KOH).



Grafica 6.8 Comparación del contenido de ácidos grasos esenciales.

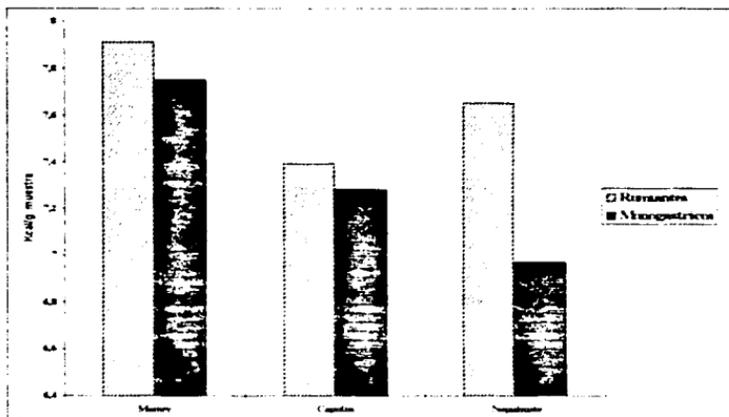
Una de las características nutricionales de los aceites es el aporte de ácidos grasos esenciales a la dieta. Tomando como base este hecho tenemos que de acuerdo a la grafica 6.8 que tanto el capulín como la soya no aportan el ácido α -linolénico, pero su aporte de linoleico es uno de los mayores junto con el maíz (25.57 %, 19.30 % y 34.62 % respectivamente). El aceite de maney es el de mayor aporte de α -linolénico (2.5 %), aunque el de linoleico es uno de los más bajos junto con el aceite de nahuatl que fue el de menor aporte de ambos ácidos comparado con el maíz y el maney (0.5 y 11.36, 2.0 y 62 %, 2.5 y 21.76 % respectivamente).



Gráfica 6.9 Comparación del contenido de ácidos grasos saturados e insaturados.

El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados determina las características reológicas de los aceites, haciéndolos fluidos o semifluidos, llegando incluso a ser sólidos a temperatura ambiente. A partir de esta premisa tenemos que el aceite de capulín debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados (93.2 %) con respecto sus ácidos saturados (6.8 %) es una muestra fluida a temperatura ambiente con un bajo intervalo de fusión (-8° a 1.0°C). Mientras que el mamey y el napsalmito tienen un contenido de ácidos grasos saturados mayor (32.48 % y 33.17 % respectivamente), es importante destacar que el aceite de mamey tiene un intervalo de fusión mayor que el de napsalmito (5.0° a 18.2°C y 1.1°C a 21°C respectivamente), la diferencia entre ambas muestras es el contenido de ácido palmítico, que es mayor en el mamey (23.56 %) con respecto al del napsalmito (11.73 %) (contenido de ácidos grasos saturados similar), por lo que esto quizá sea lo que determine dicha diferencia, ambos son turbios a temperatura ambiente.

De la gráfica 6.9 tenemos que el contenido de insaturados en el capulín es mayor (1.Y. mayor) a cualquiera de las muestras convencionales (soya 83-90, maíz 88-82 y cacahuete 68.1 %). En el caso del aceite de mamey y napahuite el contenido de saturados es similar al del cacahuete (31.9 %) y mayor al reportado para el aceite de maíz (12-18 %).



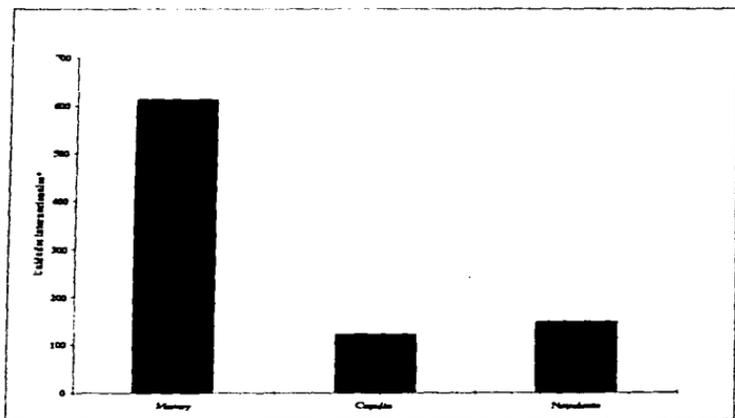
Gráfica 6.10 Comparación del contenido calórico.

El contenido calórico de un alimento representa la energía que puede proporcionar a la dieta y dependiendo de su contenido de fibra este, varía de monogástricos a ruminantes. Así tenemos de la gráfica 6.10 que el mamey tiene el mayor contenido energético (7.91 y 7.75 kcal/g) de las tres muestras en ambos grupos mencionados. Es importante mencionar que en el contenido energético de la grasa no hay una diferencia significativa (mamey 10.17, capulín 9.89 y napahuite 10.1 kcal/g).

Además debido al elevado contenido de fibra del naphuite (16.97 %) su aporte energético en los monogástricos disminuye más que en las otras dos muestras.

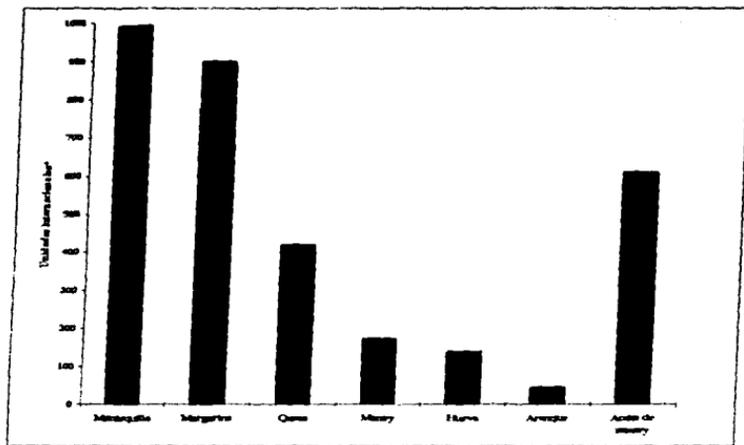
De los parámetros más importantes en el estudio de alimentos "no convencionales" están el contenido de grasa y proteína. Sin embargo, para tener una caracterización bromatológica más completa cuando se decida emplearlos como fuentes alternativas de alimentos, es necesaria la cuantificación de oligoelementos (vitaminas) y microelementos (minerales).

Dentro de las vitaminas determinadas en las muestras, la vitamina C solo se encontró en la almendra de maney en un contenido de 19.8 mg/100g de muestra fresca que la ubica arriba de lo reportado para la lechuga (16 mg), los plátanos (16 mg), similar al del tomate (20 mg) y menor al de las naranjas (50mg) y espinacas (64 mg) (51).



*Como retinal y acetato de retinal

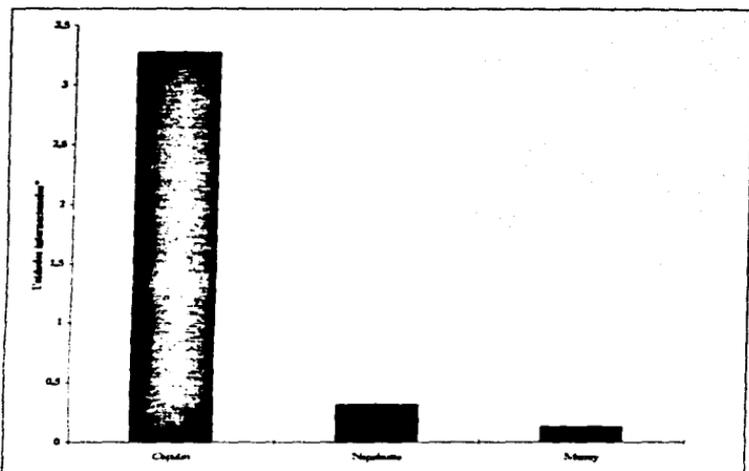
Grafica 6.11 Comparación del contenido de vitaminas A* en scalia.



*Como retinol y acetato de retinol

Gráfica 6-12 Comparación del contenido de vitamina A* en almendra de maney.

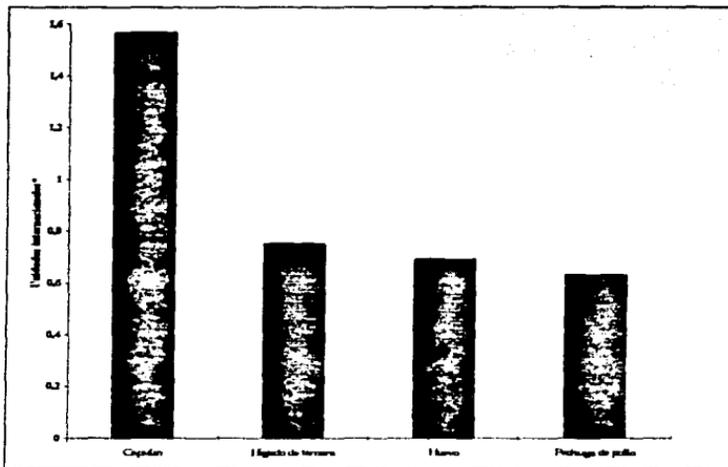
De acuerdo con la gráfica 6-11 le aceite con mayor contenido de vitamina A fue el de maney (612 UI). Comparando (gráfica 6-12) el contenido de vitamina en almendra de maney con las principales fuentes de acuerdo a la bibliografía (51), tenemos que el contenido es mayor al reportado para el huevo y el aneque y menor al del queso. Sin embargo, cuando comparamos el contenido del aceite con la mantequilla y la margarina (995 y 900 UI) encontramos que es cercano



* Como α -tocopherol

Gráfica 6.13 Contenido de vitamina E* en aceites.

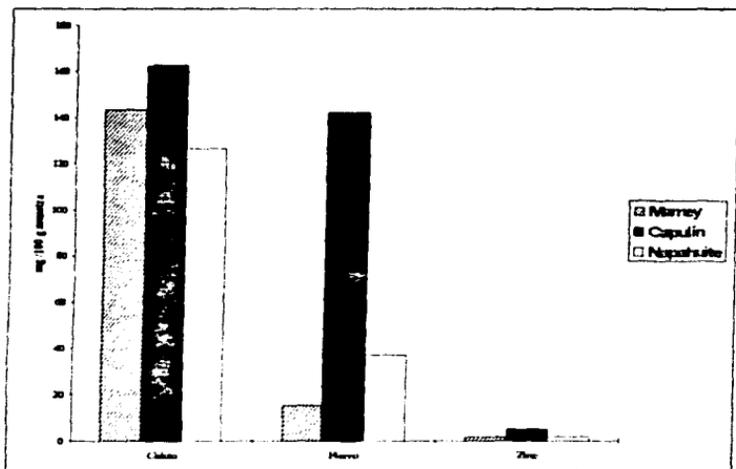
De acuerdo con la gráfica 6.13 el aceite con el mayor contenido de vitamina E fue el de capulín, aunque comparado con otros aceites vegetales como el de girasol y cartamo (118.2 y 86.25 UT) el contenido es muy poco (29).



*Como α -tocopherol

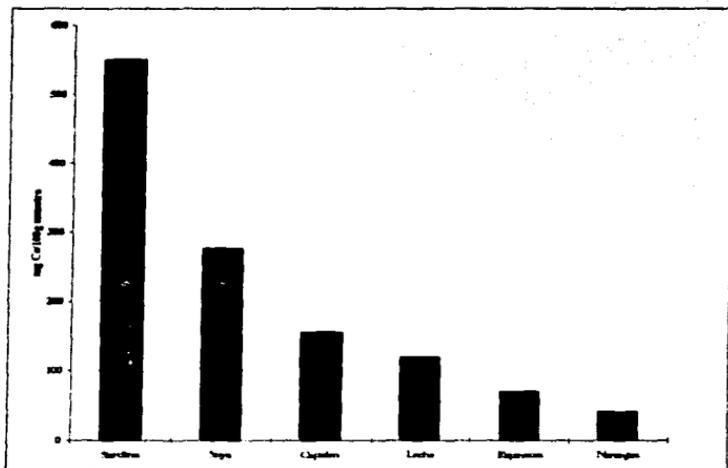
Gráfica 6.14 Comparación del contenido de vitamina E en almendra de capdán*.

Al comparar el contenido presente en almendra con las principales fuentes (Gráfica 6.14) (51), tenemos que es mayor al del hgado de ternera, huevo y pechuga de pollo (0.75, 0.69 y 0.63 UI respectivamente).



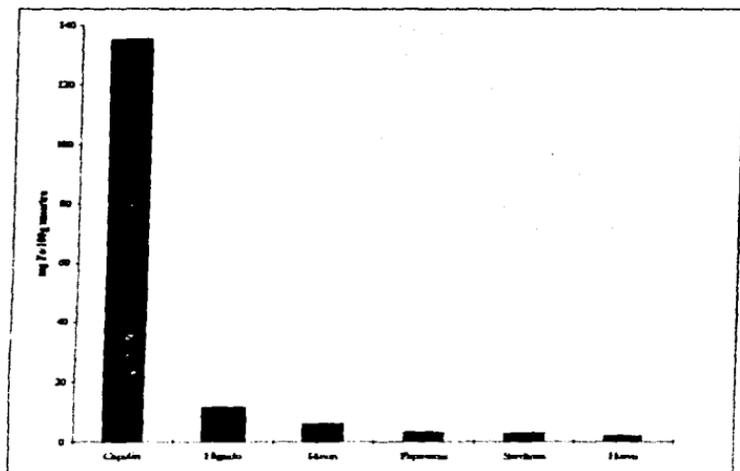
Gráfica 6.15 Contenido de minerales en las tres muestras (Base seca).

Aunque las tres muestras tuvieron un contenido de cenizas similar (mamey 2.93, capulín 2.72 y napañute 2.37 %), de acuerdo con la gráfica 6.15 el capulín fue la muestra con el mayor contenido de calcio, hierro y zinc.



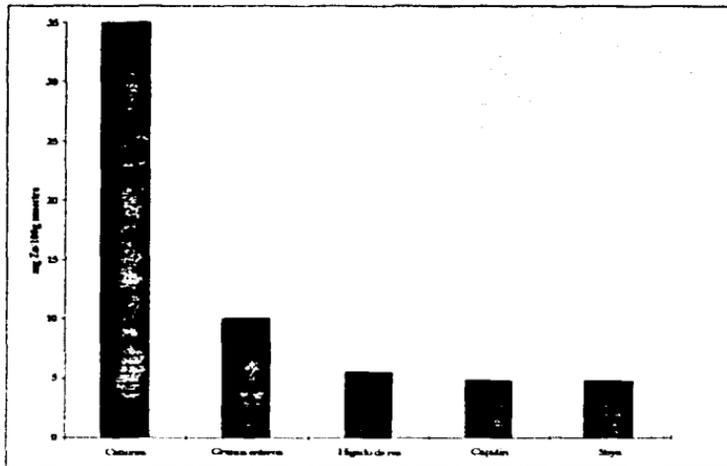
Gráfica 6.16 Comparación del contenido de calcio.

Comparando el contenido de calcio con algunas fuentes (51) encontramos que el capulín tuvo un contenido mayor al de la leche, espinacas y naranjas (120, 70 y 41 mg/100g respectivamente) y menor al de la soya y sardinias (277 y 550mg/100g respectivamente) (51).



Grafica 6.1- Comparacion del contenido de hierro en almendra de capulm.

Otra característica notable en la almendra de capulm es el contenido de hierro (135 mg/100g) que fue mayor al reportado para las algunas fuentes (51) y que va de: hígado 11.4-huevo 2.1 mg/100g (51).



Gráfica 6.18 Comparación del contenido de zinc en alimentos de capulín.

La comparación del contenido de zinc (gráfica 6.18) lo ubico con un contenido similar al de la soya (4.8 mg/100g) y al del hígado de res (5.5mg/100g) y menor a los ostiones y granos enteros (35 y 10 mg/100g) (51)

7. Conclusiones.

- En la proteína de almendra de maney el 45 % del nitrógeno total, fue nitrógeno no proteico
- La almendra de capulín fue la de mayor porcentaje de proteína por lo que es la única que puede considerarse como fuente alternativa
- El factor de conversión de nitrógeno a proteína calculado en el laboratorio en la almendra de napaquite fue de 7.17, y no de 6.28, que originalmente se le había asignado
- La proteína de almendra de maney tuvo una deficiencia de triptofano y de aminoácidos azufrados (en niños y adultos respectivamente). A pesar de ser la de menor contenido en proteína, fue la de mayor valor químico en niños. Su valor químico fue menor al de la soya, maíz y cacahuete (deficiente de triptofano en niños) en ambos casos.
- La proteína de almendra de capulín tuvo una deficiencia de aminoácidos azufrados con el menor valor químico en niños y en adultos. Sin embargo, quizá su deficiencia sea más fácil de cubrir que en el caso del napaquite (niños y adultos) y maney (niños).
- La proteína de almendra de napaquite tuvo el mayor valor químico en adultos, con una deficiencia de triptofano (en niños y adultos). Su valor químico también fue superado por el de la soya, cacahuete y maíz en ambos casos.
- La proteína con el mayor índice de aminoácidos indispensable los correspondió a la de almendra de maney (tanto en niños como en adultos). Fue mayor al del cacahuete en niños y similar en adultos con la que comparte la misma deficiencia de aminoácidos, pero menor al de la soya y maíz en ambos casos.
- El porcentaje de grasa en las tres muestras cubica como fuente alternativa.
- El aceite de maney y napaquite muestran aceites que puede considerarse dentro del grupo de los ácidos Oleico-Linoléico, donde se encuentran todos los aceites comestibles. Mientras que el de capulín se clasifico como un aceite secante, lo que puede ser una restricción para considerarse como fuente alternativa de alimento.
- En el aceite de capulín se encontró un ácido graso insaturado de alto peso molecular.
- Su aporte de ácidos grasos esenciales de los tres aceites fue menor al de los aceites comerciales.
- El contenido de vitamina A en el aceite de maney está ubicado cerca del reportado para la margarina y mantequilla.

- El contenido de vitamina E en el aceite de capulín no lo ubica como una fuente con respecto a los aceites vegetales convencionales, pero su contenido como almendra queda dentro de lo reportado para algunas fuentes de origen animal.
- El aceite de maney y rapahuite podrían destinarse a la industria de las margarinas o como aceite de cocina, ya que no tienen problemas de reversion del sabor por oxidación.
- El aceite de capulín podría destinarse a la fabricación de pinturas o capas protectoras, por alto porcentaje de ácidos grasos insaturados.
- El contenido de hierro en almendra de capulín fue mucho mayor al reportado para algunas fuentes de origen vegetal y animal.
- El contenido de zinc es similar al de la soya y se ubica dentro de lo reportado para fuentes de origen animal.

8. Bibliografía.

1. AMV (Ed). Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestibles, pag 133, 135, 136, 141 y 143. Madrid, España (1987)
2. Aragón, E.; Lucas, B , Manual de Practicas de Laboratorio de Nutricion. Facultad de Quimica. Division de Ingenieria Departamento de Alimentos y Biotecnologia pp-7-11, 33-41 Mexico, D.F. (1991)
3. Arquiza, G ¿ Y ahora que comemos? Rev IC y T (Mexico) 10 (144), 41-43 (1988)
4. Association of Official Agricultural Chemists "Bioassay Methods" pp-1097 Washington D.C. (1990).
5. Barba, A.A., Luna, R.S. Los recursos vegetales de Mexico. Topicos de Investigacion de Posgrado ENEP-Zaragoza, pag. 22-32, Mexico, D.F (1989).
6. Bermejo, J.E. y Leon, J. Cultivos marginados (otra perspectiva de 1492). FAO, Coleccion de Produccion y Proteccion Vegetal No. 26, IX-XII y 3-33 Roma (1992)
7. Boner, M., Chong, Y., Moreno, E., Quintanilla, J. y Torres, F. (Compiladores) El agua y la energia en la cadena alimenticia. PUAL, PUE e Instituto de Investigaciones Economicas, UNAM. pag. 29-38 y 177-208, Mexico, D.F. (1994)
8. Bostid, F.R. (Editor, Coordinador) Lost crops of the Incas. National Academy Press, pp 162-189 Washington, D.C. (1989).
9. Cano, S.D., Gomez, G.A. y Hita, Z.D. Alternativas para los cultivos en zonas semiaridas. Industria Alimentaria. ANUARIO, pag. 38
10. Conca, A.T. Evaluacion quimica y biologica de la grasa cruda y detoxificada de dos semillas de Erythra mexicanas. Tesis de licenciatura. Fac. de Quimica, UNAM, Mexico, D.F. (1995)
11. Coon, J.M. Natural food toxicant (a perspective) Nut Rev. 32, 321-332 (1974)
12. Derache, R. Toxicologia y Seguridad de los Alimentos. Ediciones Omega, S.A., pag. 1-6 y 33-55, Barcelona (1990)
13. Enciclopedia Salvat de la Salud. Tomo I. Alimentacion y Salud. Ediciones Salvat, pag. 122-127. Pamplona, España (1980)
14. FAO. Contenido en aminoacidos de los alimentos y datos biologicos sobre las proteinas. Organizacion de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentacion, pag. 71, 77 y 81 Roma (1970)
15. FAO/OMS. Las grasas y aceites en la nutricion humana. FAO, Coleccion de Alimentos y Nutricion No. 20, pag. 9-10, Roma (1980)

16. Ferrando, F. Alimentos tradicionales y no tradicionales. FAO, Colección de Alimentación y Nutrición No. 2, pag. IX-XI y 83-130 Roma (1980)
17. Flores, N. (Editor) ¿. Producir para la nutrición? Centro de Ecodesarrollo, pag. 13-34 y 243-266, Mexico, D.F. (1988)
18. Giral, F., Sotelo, A., Lucas, B. and De la Vega, A. Chemical composition and toxic factors content in fifteen leguminous seed. *Quar J. Crude Res.* 18 (1), 9-16 (1980)
19. Grande, F.C. Nutrición y salud. Ediciones Temas de Hoy S.A. pag. 11-43. Madrid (1988)
20. Hart, Leslie, Johnstone, Harry. Analisis Moderno de los alimentos. ACRIBLA, S.A. pag. 343 Zaragoza, España (1991)
21. Keyfitz, N. Demographic discord. *The Sciences* 34, 21-27 (1994)
22. Leopold, A.C. and Audrey R. Toxic substances in plants and food habits of earlyman. *Science* 176, 512-514 (1972)
23. Liener, I.E. Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press, pp. 1-5. N.Y. (1980)
24. Martínez, M. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, pag. 71, 79, 157-589. Mexico (1979)
25. Multon, J.L. (Coordinador), Aditivos y auxiliares de la fabricación en las industrias agroalimentarias. ACRIBLA, S.A. Zaragoza (1988)
26. Murphy, D. (Editor) Designer oil crops. VCH, pp. 1-4 and 397-310. N.Y. (1984)
27. Ramos, G.B. Alimentación normal en niños y adolescentes. El Manual Moderno, pag. 120-136, Mexico, D.F. (1986)
28. Ras, C.K. Seed lipid content of the Galegaee, Fabaceae. *Act. Bot. Indica* 143 (2): 156-161 (1986)
29. Robinson S.D. Biotinica y valor nutritivo de los alimentos. ACRIBLA, S.A., pag. 122-137 Zaragoza (1991)
30. Ruvalcaba, J. y Alcázar G. (coordinadores) Huasteca (prácticas agrícolas y medicina tradicional. Arte y Sociedad) Centro de Invest. y Estudios Superiores de Antropología Social, SEP. pag. 11-39, Mexico, D.F. (1993)
31. Smith, Jim. Food additive users Handbook. Van Nostrand reinhold, pp. 163-168. N.Y. (1991)
32. Sotelo, A. Leguminosas silvestres, reserva de proteína para la alimentación del futuro. *Rev. IC y T* (Mexico) 3 (54), 29-32 (1981)
33. Sotelo, A., Lucas, B., Garza, I., and Giral, F. Characteristic and fatty acid content of the fat of seeds of nine wild mexican plants. *J. Agric. Food Chem.* 38, 1503-1505 (1990)

- 34 Sotelo, A., Lucas, B., Uvillo, A. and Ornel, F. Chemical composition and toxic factors content in fifteen leguminous seed (ID. Quart. J. Crude Res. 18 (1), 9-16 (1980).
- 35 Sotelo, A., Lucas, B., Manual de Técnica de Laboratorio. Laboratorio 111 Facultad de Química Ed. E Dpto de Farmacia DEPr UNAM.
- 36 Sotelo, A., Lucas, B., Manual de Determinación de contenido calórico. Laboratorio 111. Facultad de Química Ed. E Dpto de Farmacia DEPr UNAM. México. D.F.
- 37 Soto, J.C. y Sousa, M. Plantas medicinales de la Cuenca del Rio Balsas. Inst. de Biología, UNAM. pag. 7-26, México, D.F. (1995).
- 38 Stewart, K., Whitaker, R. Modern methods of food analysis. AVI. pp- 167-168 (1984).
- 39 Swern, D. (Ed). Bailey's Industrial Oil and Fats Products. John Wiley and Sons, Inc., pp 151, USA (1979).
- 40 Trapaga, Y. y Torres, F. (Coordinadores) El mercado internacional de la agricultura organica. Inst. Invest. Economicas, UNAM, pag. 11-44, México, D.F. (1989).
- 41 Villagrán, J.R. Nuestro país desaprovecha su riqueza florística. gaceta UNAM No. 2498. pag. 16-19, México, D.F. (1990).
- 42 Orozco, F. Analisis químico cuantitativo. S.E. Edición. Porfiria S.A. pag. 343. México D.F. (1967).
- 43 Los alimentos y la salud. Biblioteca científica Salvat. OMS. Pag. 302-313. Barcelona (1989).
- 44 Oser, B. L. in Protein and Amino acid nutrition (Albanese A.A. Editor). Academic Press. pp-281-295. N.Y. (1959).
- 45 Ayllón, M.F. Obtención de un extracto enzimático con actividad de β -glucosidasa a partir de semillas de Capulín (*Prunus serotina*). Tesis de licenciatura. Fac. de Química, UNAM, México (1995).
- 46 Furr, H. and James, A. Training manual for assessing vitamin A status by use of the modified relative dose response assays. 1st Edition (1991).
- 47 Hart, L., Johnston, H. Analisis Moderno de los Alimentos. ACRIBIA. pag. 343 (1991).
- 48 Willard, H. Metodos instrumentales de analisis. Continental S.A. pag. 383. México D.F. (1978).
- 49 Aragon, M., Villa, N. Analisis de alimentos (Practicas de laboratorio). Departamento de alimentos y biotecnología. UNAM. México. pag. 17-21 (1991).
- 50 Escalante, O. Cinética de deshidratación de manees *Citobaccarium sapota* (CACQ) MERR). Tesis de licenciatura. Escuela de Química. Universidad de Motolima, A.C. México (1989).
- 51 Cameron, A., Fox, B. Food Science a chemical approach. Fourth Edition. Great Britain (1982).