



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“CARACTERIZACIÓN PARCIAL DEL FRUTO DE *PARMENTIERA
EDULIS*”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:
PEDRO ANGÓN GALVÁN**

**DIRECTORES DE TESIS:
DRA. NORMA FRANCENIA SANTOS SÁNCHEZ
M. C. CARLOS GUILLERMO HERNÁNDEZ**

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA. JULIO DEL 2006.

Este trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Químico-Biológicas, Laboratorio de Química y Taller de Alimentos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

RESUMEN

En México existe una gran variedad de alimentos autóctonos que cayeron en desuso después de la colonización, tal es el caso del fruto conocido como “cuajilote” (*Parmentiera edulis* D.C.). La planta tiene rendimientos de producción altos y facilidad de cultivo. Aunque ha sido comprobado el efecto hipoglucemiante del cuajilote no se habían realizado estudios de su composición nutrimental. Por lo que en el presente trabajo se llevó a cabo la cuantificación de algunos componentes químicos tales como humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, acidez titulable, intervalo de sólidos, vitamina C, así como los minerales fierro, zinc y cobre. Las determinaciones cuantitativas se hicieron por métodos fisicoquímicos o instrumentales dependiendo del nutrimento en cuestión. Todas las determinaciones se llevaron a cabo para el estado maduro del cuajilote. El fruto evaluado fue recolectado en dos temporadas del año 2005, primavera (abril-mayo) y verano (septiembre), y en tres localidades del estado de Oaxaca: San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán; Santa María Xochitlapilco, Huajuapán; y San Mateo Peñasco, Tlaxiaco. Obteniéndose en los frutos, dependiendo de la zona y temporada, un intervalo de 84.21-87.34 % de humedad, 0.49-0.62 % de cenizas, 0.33-0.42 % de proteína cruda, 0.03-0.04 % de grasa cruda, 3.11-4.25 % de fibra cruda y 8.69-10.63 % de extracto libre de nitrógeno (E.L.N.). La cantidad de vitamina C fue de 23.7-29.8 mg/100 g, Fe 0.39-0.68 mg/100 g, Zn 2.38-6.21 mg/100 g y Cu de 0.96-2.55 mg/100 g.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	i
Índice General	ii
Lista de cuadros	iii
Lista de figuras	iv
1. Introducción	1
Aspectos generales del fruto <i>Parmentiera edulis</i>	2
2. Análisis de fundamentos	6
2.1. Análisis de carbohidratos	6
2.2. Análisis de proteínas	7
2.3. Análisis de grasas	8
2.4. Análisis de fibra	9
2.5. Análisis de vitaminas	10
2.6. Análisis de minerales	11
3. Objetivos	13
3.1. Objetivo general	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. Metodología	14
4.1. Procedimiento general de trabajo	14
4.2. Materiales, reactivos y equipos	15
4.3. Caracterización del estado de madurez	17
4.4. Obtención del fruto en el estado maduro	18
4.5. Selección del fruto	19
4.6. Preparación de la muestra	19
4.7. Caracterización nutrimental	20
4.7.1. Composición proximal	20
4.7.2. Vitamina C	20
4.7.3. Minerales: Fe, Zn y Cu	22
4.8. Análisis estadístico	24
5. Resultados y discusión	25
6. Conclusiones	36
Perspectivas	38
Bibliografía	39
Fuentes de sitios web	41
Anexos y apéndice	42

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Diluciones del cuajilote de los minerales analizados (Fe, Zn y Cu)	23
2. Parámetros fisicoquímicos del cuajilote en cinco estados de madurez	26
3. Composición química (% b.h.) del fruto <i>P. Edulis</i> en estado maduro	28
4. Valor nutritivo de algunas frutas consumidos en México (en 100 g de fruta cruda)	29
5. Vitamina C, Fe, Zn y Cu contenidos en el cuajilote (expresados en mg por 100 g de fruta cruda)	30
6. Vitamina C, Fe, Zn y Cu contenidos en algunos frutos (expresados en mg por 100 g de fruta cruda)	34
7. Valor nutritivo de los frutos control utilizados (en 100 g de fruta cruda)	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Huerta de cuajilotes ubicado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán Oax.	2
2. Árbol <i>Parmentiera edulis</i> adulto	3
3. Desarrollo del fruto (cuajilote) de <i>Parmentiera edulis</i>	3
4. Frutos maduros de cuajilote	4
5. Reacción de DCPI y vitamina C	11
6. Esquema general de trabajo	14
7. Figura de colores establecida para cinco estados de madurez del cuajilote	18
8. Contenido de vitamina C en el cuajilote (mg/100 g)	32
9. Contenido de Fe en el cuajilote (mg/100 g)	32
10. Contenido de Zn en el cuajilote (mg/100 g)	33
11. Contenido de Cu en el cuajilote (mg/100 g)	33
12. Esquema para la determinación de la humedad	45
13. Esquema para la determinación de cenizas	46
14. Esquema para la determinación de grasa cruda	49
15. Esquema para la determinación de fibra cruda	50

1. INTRODUCCIÓN

El fruto conocido como cuajilote (*Parmentiera edulis* D.C.) presenta buenas cualidades agronómicas; se adapta a una gama amplia de condiciones climáticas, tiene rendimientos de producción altos, facilidad de cultivo y se produce todo el año. Además, tradicionalmente los pobladores de la región Mixteca lo han consumido como alimento crudo, hervido y sancochado, atribuyéndole ciertas propiedades medicinales (*vide infra*). Todo ello sin conocer el aporte nutrimental que les proporciona, ya que no existía ningún estudio sobre su composición nutrimental. Por lo que el objetivo general del trabajo fue la cuantificación de algunos macronutrientes y micronutrientes. Para lo cual se implementaron técnicas analíticas para su cuantificación. El cuajilote evaluado fue recolectado en dos épocas del año (abril y septiembre) y en tres zonas de la Mixteca Oaxaqueña (San Miguel Allende Nuchita Huajuapán, Santa María Xochixtlapilco Huajuapán, y San Mateo Peñasco Tlaxiaco) para comparar su contenido nutrimental, y además porque en estas localidades el fruto es abundante. Los criterios para determinar el estado de madurez del fruto a recolectar, se establecieron con una tabla de colores y con parámetros fisicoquímicos. Posteriormente se cuantificó humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno para el cuajilote en el estado maduro del fruto. También se cuantificó espectrofotométricamente la vitamina C y los minerales hierro, zinc y cobre por absorción atómica.

Aspectos generales del fruto *Parmentiera edulis*

El árbol denominado *Parmentiera edulis* D.C. pertenece a la familia Bignonáceae, es propio de Centroamérica. Durante su desarrollo producen frutos comúnmente conocidos como cuajilotes.

Crece en huertos y está asociado con la selva tropical caducifolia y perennifolia; matorral xerófilo, bosques mesófilo de montaña, de encino y pino, Figura 1. Se encuentra en climas cálidos, semicálidos y templados desde los 2 m hasta los 2,240 m de altura sobre el nivel del mar (Pérez *et al.*, 1998).



Figura 1. Huerta de cuajilotes ubicado en San Miguel Allende Nuchita Huajuapán, Oax.

La propagación de la planta de cuajilote se logra fácilmente al plantar los árboles pequeños. El árbol produce frutos dos veces al año, en primavera y verano, teniendo rendimientos altos de producción (aproximadamente 300 kg por árbol) y facilidad de cultivo (Fuente 1).

P. edulis tiene de 4 a 12 m de altura, es de tronco grueso con corteza agrietada y hojas divididas con espinas (Fuente 2). Sus flores salen del tronco o en los extremos de las ramas, y originan frutos alargados, Figura 2.



Figura 2. Árbol *Parmentiera edulis* adulto.

Las flores son grandes, verdoso-blancas y los frutos surcados, de color amarillo, de 5 a 15 cm de longitud y de 3 a 5 cm de diámetro. El tiempo de desarrollo del cuajilote, de una flor a un fruto maduro, es de cuarenta días aproximadamente, Figura 3.



Figura 3. Desarrollo del fruto (cuajilote) de *Parmentiera edulis*.

El sabor de la fruta cruda se asemeja al de la caña de azúcar (Fuente 3). En la Figura 4 se muestran frutos maduros que acostumbra a consumir la gente.



Figura 4. Frutos maduros de cuajilote.

Parte de la población de la región Mixteca consume el fruto *P. edulis* como alimento de forma cruda, sancochada o hervida, algunos el fruto completo y otros solamente desechan parte de la fibra (isles de la parte interna). Se le atribuye ciertas propiedades medicinales como son para el tratamiento de *diabetes mellitus* y otros padecimientos tan diversos como el dolor de cabeza, los cálculos biliares, la sordera y la diarrea (Pérez *et al.*, 1998).

Aunque muchas personas en el campo conocen el uso alimenticio y medicinal de este fruto, no existía un estudio sobre su composición nutrimental, que los impulse a valorarlo y utilizarlo en su beneficio.

A la fecha las investigaciones publicadas sobre el fruto de *P. edulis* son tres, realizadas por dos grupos de investigadores latinoamericanos uno en México y otro en Guatemala. El estudio realizado por personal del Instituto Politécnico Nacional fue la obtención de extractos clorofórmicos de los frutos de *P. edulis*, los que fueron

suministrados a ratones diabéticos. Se encontró que los extractos disminuyeron el nivel de glucosa sanguínea en un 43.75 %, demostrando así la actividad hipoglucemiante de este fruto usado en la alimentación y medicina tradicional para el tratamiento de la diabetes (Pérez *et al.*, 1998). Posteriormente estos mismos investigadores identificaron, por métodos espectroscópicos, la sustancia activa que tiene el efecto hipoglucemiante, que es el lactusin-8-O-metilacrilato (Pérez *et al.*, 2000).

El grupo de investigadores encabezado por Cáceres *et al.*, (1995), realizó un estudio *in vitro* encontrando que los extractos etanólicos del fruto cuajilote presentan actividad antigonorréica.

Por otro lado, el estado de Oaxaca vive una paradoja alimentaria, es rico en gastronomía, pero a la vez 562 de sus 570 municipios padecen inseguridad alimentaria, de moderada a extrema ocupando el segundo lugar a nivel nacional (Fuente 4).

Consecuentemente la búsqueda de alternativas que permitan mejorar la alimentación y aprovechar los recursos de la región Mixteca, ha originado conocer el aporte nutrimental de frutas y hortalizas nativas para poder impulsar su consumo, y que sólo parte de las mismas se consume a nivel local, con su consecuente desperdicio de lo que no se consume, tal es el caso del fruto *P. edulis*.

2. ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS

2.1. Análisis de carbohidratos

El análisis de azúcares en los alimentos persigue dos objetivos fundamentales:

- a) La identificación y cuantificación aproximada de los azúcares presentes en un determinado alimento.
- b) La determinación precisa del contenido en azúcares totales (o del contenido global en glucosa o sacarosa) de un producto por razones legales y nutricionales.

Los métodos disponibles para la determinación cuantitativa de los azúcares de los alimentos se basan principalmente en: a) refractometría, b) polarimetría, c) reducción de cobre, d) cromatografía de intercambio iónico, e) HPLC, f) espectrofotometría con reacciones enzimáticas y g) colorimétricas.

En los análisis proximales para cuantificar carbohidratos la técnica más utilizada, es la cuantificación por diferencia como extracto libre de nitrógeno (E.L.N) (Prasad *et al.*, 2000). A su vez la elección dependerá de varios factores como son: el tipo y el número de muestras, la exactitud, la precisión, la sensibilidad y el tipo de información requerida, el tiempo, los aparatos, la calidad del personal disponible entre otras. Hoy en día la tecnología moderna y los cambios en las legislaciones requieren a menudo de análisis más específicos y sensibles, como son los proporcionados por GC, métodos enzimáticos y especialmente por HPLC (Harold y Egan 1987). En este estudio se utilizó la cuantificación como E.L.N por ser rápido, y además que uno de los intereses del estudio era saber la cantidad total de carbohidratos simplemente.

2.2. Análisis de proteínas

Los métodos para la cuantificación del contenido protéico se basan en distintos principios:

- a) Reacción química del enlace peptídico y posterior medida fotométrica (e.g. método de Biuret).
- b) Reacción química de determinados aminoácidos de la proteína y posterior medida fotométrica (método de Lowry).
- c) Medida de la absorción ultravioleta (determinación de los aminoácidos aromáticos triptófano, tirosina y fenilalanina; los máximos de absorción se encuentran en torno a los 280 nm).
- d) Medida de la turbidez por floculación de la proteína disuelta mediante un precipitante de proteínas, tal como ácido tricloroacético, ácido sulfosalícilico o ferrocianuro de potasio en ácido acético.
- e) Determinación del contenido en nitrógeno (método Kjeldahl), es la técnica más utilizada y confiable para la determinación de nitrógeno orgánico, se incluye en métodos oficiales y reglamentarios y está aprobado por organizaciones internacionales. El método Kjeldahl implica la digestión completa de la muestra con ácido concentrado caliente, en presencia de un ión metálico que actúe como catalizador para convertir todo el nitrógeno de la muestra en ión amonio, añadiendo posteriormente álcali al digerido. El amoniaco del digerido alcalinizado se destila y recolecta en una cantidad estándar de ácido diluido que se titula con álcali estándar para dar el contenido de nitrógeno orgánico de

la muestra ácido-base (Matissek *et al.*, 1998). En este análisis se utilizó el método Macro-Kjeldahl por ser un método oficial.

2.3. Análisis de grasa

La determinación cuantitativa de grasa en un alimento se realiza por lo general por extracción con un disolvente lipófilo. La grasa libre se determina por extracción directa, generalmente se utiliza un agente deshidratante que absorbe la humedad de la muestra y arena que provoca un medio poroso que permite que el disolvente pase con mayor facilidad a través de ésta, extrayendo la grasa presente, por ejemplo el método Soxhlet. En aquellos casos en que las proteínas puedan interferir en la extracción directa, se utiliza el medio ácido para disolver las proteínas y así permitir la separación de la grasa. Tales métodos dan la grasa libre más la combinada, como el método de Mojonier, Weibull Stoldt entre otros específicos para lácteos. Por lo que no hay un solo método aplicable a la determinación de grasa en todos los distintos tipos de productos existentes (Matissek *et al.*, 1998).

La determinación de la grasa implica tres operaciones distintas:

- a) Tratamiento preliminar de la muestra, incluyendo el secado previo, la molienda, la digestión o cualquier combinación de estos.
- b) Separación de la grasa por extracción con un disolvente apropiado o por separación centrífuga.
- c) Cuantificación de la grasa.

La extracción por el método Soxhlet es la más usada para la determinación de grasa cruda en alimentos. Este método requiere de una muestra seca para la extracción con éter de petróleo o éter etílico anhidro. También existen otros métodos para

determinar grasas como el Rose-Gottlieb y Gerber dependiendo del tipo de alimento que se va analizar (Harold y Egan 1987).

En este análisis se utilizó el método Soxhlet, la extracción se realizó con éter de petróleo anhidro por ser el método más utilizado y confiable para determinar grasas en frutas.

2.4. Análisis de fibra

La fibra bruta (FB) es el residuo orgánico lavado, seco y pesado que queda luego de la digestión de la muestra desengrasada, con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio sucesivamente. Aunque la fibra consta esencialmente de celulosa, está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados, por lo que la cantidad obtenida depende del procedimiento analítico empleado y ahí la importancia de utilizar siempre el mismo método. Existen diversos métodos analíticos para determinar el contenido de fibra y su composición. Los resultados muestran diferencias entre sí, ya que según el método se tienen en cuenta o no los diferentes componentes de la fibra. El método analítico, generalmente reconocido, para determinar la cantidad total de fibra es el denominado AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Este método incluye la determinación de lignina y almidón resistente. En los países británicos está muy extendido el método Englyst, que calcula el contenido total de fibra excluyendo la lignina y el almidón resistente; por ello, presenta valores más bajos que el método AOAC. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales está limitado (Harold y Egan 1987).

En este estudio se utilizó el método de Pearson, adecuándose a los equipos y reactivos con los que cuenta la Universidad.

2.5. Análisis de vitaminas

Muchas vitaminas son componentes lábiles y las cantidades a medir en el procedimiento analítico final, frecuentemente ascienden sólo a unos pocos microgramos. Por lo que durante la manipulación y subsiguiente análisis de la muestra, se deben tomar precauciones adicionales, para asegurar que factores tales como el pH, calor, luz, aire u oxígeno no destruyan las vitaminas y que su recuperación en los alimentos sea buena (Matissek, 1998).

Los métodos descritos para la determinación de la vitamina C, son el titulométrico, espectrofotométrico, amperiométrico y técnicas como electroforesis capilar y cromatografía líquida para determinar el ácido L-dehidroascórbico (Hernández *et al.*, 2006).

Se utilizó el método espectrofotométrico en este trabajo, al medir la concentración de la sal sódica 2,6-dicloroindofenol (DCPI), por contar con el equipo, reactivos, ser rápido y confiable.

En la Figura 5 se muestra el esquema de reacción del DCPI y vitamina C, en donde la vitamina C es un agente antioxidante y reduce al DCPI el cuál absorbe a 520 nm.

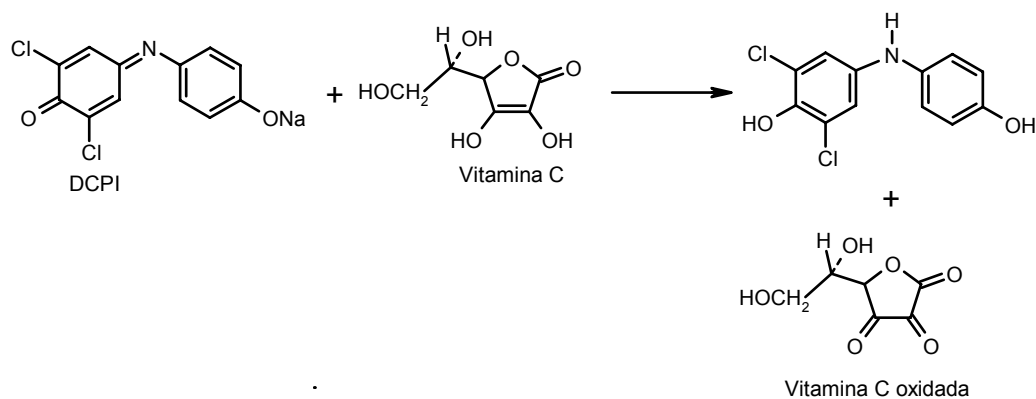


Figura 5. Reacción de DCPI y vitamina C.

2.6. Análisis de minerales

La determinación de los niveles de nutrientes inorgánicos de los alimentos tiene dos objetivos, el primer objetivo consiste en obtener los minerales de forma concentrada, separados de cuanta fuente de interferencia sea posible, lo que se consigue destruyendo la materia orgánica del alimento por oxidación húmeda (H_2SO_4 concentrado, etc.) o incineración seca, eligiendo condiciones que reduzcan al mínimo las pérdidas y se obtengan los elementos a medir en la forma más fácilmente manipulable para su posterior determinación.

El segundo objetivo es la determinación de los elementos individuales, lo cual puede hacerse por varias técnicas mencionadas más adelante (Matissek *et al.*, 1998).

Para la determinación de Fe la técnica más utilizada es la espectrofotometría de absorción atómica (atomic absorption spectrophotometry, AAS), (Yaman y Kaya, 2005).

Existen otras técnicas actuales para determinar multielementos en frutas como la espectrofotometría de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) (Özcan *et al.*, 2005). También la técnica de espectrometría de masa de

plasma-argón de acoplamiento inductivo de alta resolución (HR-ICPMS) (Gundersen *et al.*, 2001). El ICPMS se puede utilizar para la determinación cualitativa y cuantitativa de uno o más elementos en muestra de materia. Dado que el ICPMS se adapta fácilmente a los análisis multielementales, se adecua a la rápida caracterización y análisis semicuantitativo de varios tipos de materiales complejos que aparecen en la naturaleza, los límites de detección son mejores que los de emisión óptica de ICP y compite con los límites de detección de la espectroscopía de absorción atómica electrotérmica (Skoog *et al.*, 2001).

En este estudio se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica, por contar con el equipo, los estándares y permitir la cuantificación de los tres minerales analizados, además ser un método oficial.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Cuantificar algunos macronutrientes y micronutrientes del fruto de *Parmentiera edulis*.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar nutrimentalmente al cuajilote en dos épocas del año y en tres zonas.
- Establecer los criterios de evaluación para fijar el estado de madurez del fruto.
- Caracterizar fisicoquímicamente al cuajilote, incluyendo humedad, cenizas, proteína, cruda, grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.
- Cuantificar la vitamina C por un método espectrofotométrico.
- Cuantificar los minerales Fe, Zn y Cu presentes en el fruto por el método de absorción atómica.

4. METODOLOGÍA

4.1. Procedimiento general de trabajo

El proyecto de investigación se dividió en seis etapas: 1) Recolección preliminar del fruto en la localidad de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, para establecer una figura de colores; 2) Implementación de una figura de colores del cuajilote con parámetros fisicoquímicos para determinar cinco estados de madurez; 3) Recolección del fruto en un estado de madurez (maduro) para su análisis nutricional, en tres localidades en sus dos temporadas de producción, con base en la figura de colores; 4) Medición de parámetros fisicoquímicos del fruto en el estado maduro; 5) Preparación de la muestra y 6) Determinación de cada uno de los nutrimentos para el estado maduro del cuajilote, Figura 6.

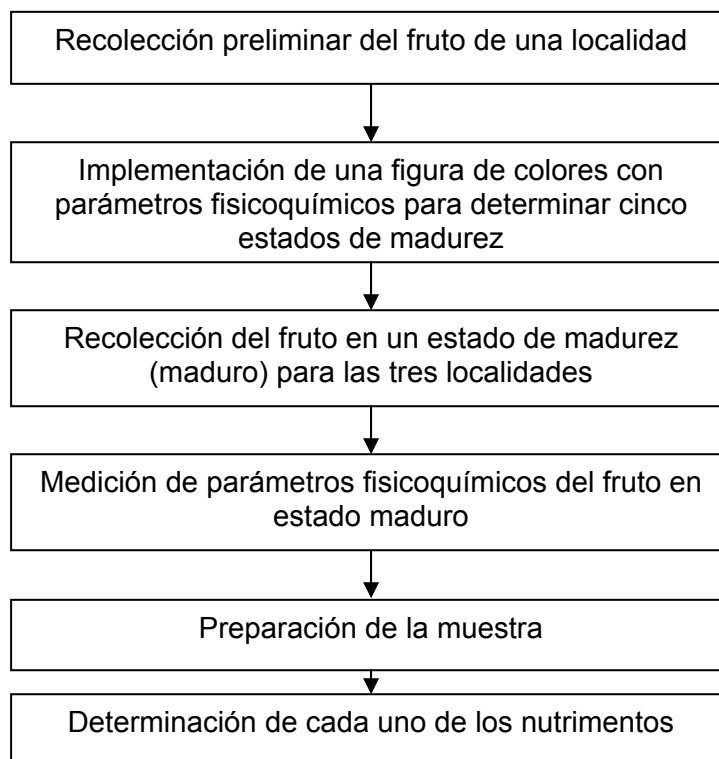


Figura 6. Esquema general de trabajo.

4.2. Materiales, reactivos y equipo

Preparación de la muestra:

- Molino de aspas (Tor-Rey)
- Refrigerador (Nieto)
- Recipientes de plástico
- Frascos de polietileno con tapa de 200 mL, 500 mL y 1 L
- Cuchillo

Determinación de parámetros fisicoquímicos

- Refractómetro de Abbe (Vista C10)
- Penetrómetro (Mc Cormick)
- Potenciómetro (Conductotronic)
- Licuadora (Ostericer)
- Pipeta Pasteur, cuchillo, bureta de 50 mL, vasos de precipitados
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Fenolftaleína (1 % w/v de fenolftaleína en etanol al 95 % v/v)

Determinación de los análisis proximales:

- Mufla (Thermolyne 1400 FB 1415M)
- Estufa de convección de aire (Ribosa)
- Campana de extracción de humos
- Equipo Kjeldahl, Soxhlet
- Parrillas de calentamiento
- Material de cristalería de laboratorio en general
- Papel reflujo

- Ácido sulfúrico concentrado, ácido clorhídrico concentrado, metanol, acetona, éter de petróleo, hidróxido de sodio, granallas de zinc, sulfato de cobre (II) pentahidratado, sulfato de potasio anhidro, solución indicadora mixta (Rojo de metilo / Anaranjado de metilo), papeles filtros marca Whatman No 42.

Para la vitamina C:

- Espectrofotómetro UV-vis (Perkin-Elmer Lambda 35)
- Centrífuga (Solbat MOD J-12)
- Agitador para tubos de ensaye (type 16700 Mixer)
- Licuadora Ostericer
- Material de cristalería en general de laboratorio
- Solución de ácido oxálico (w/v, 0.4 % en agua), stock de ácido ascórbico (1000 ppm en solución de ácido oxálico), solución de buffer de acetato (300 g acetato de sodio anhidro + 700 mL de agua desionizada + 1000 mL de ácido acético glacial), solución de la sal sódica 2,6-dicloroindofenol (DCPI) (12 mg de DCPI en 1000 mL de agua desionizada), soluciones de estándares de ácido ascórbico (10, 20, 30, 40 y 50 ppm) en solución de ácido oxálico.

Para minerales:

- Espectrofotómetro de absorción atómica de lámpara de cátodo hueco (GBC 932 AA)
- Mufla (Thermolyne 1400 FB 1415M)
- Campana de extracción de humos
- Parrilla de calentamiento
- Crisoles, matraces aforados, embudos de vidrio, cajas petri, papel reflujo y papel filtro marca Whatman No 40

- Ácido clorhídrico al 20 %, agua desionizada, ácido nítrico al 2 y 10 %, stock de Fe (J T. Baker), Zn (Hycel) y Cu (J T. Baker, Cu en 0.3 M HNO₃). Soluciones de estándares de Fe, Zn (0.4, 1.0 y 1.5 ppm) y Cu (1, 2 y 5 ppm), soluciones preparadas a partir de los stock y agua desionizada.

4.3. Caracterización del estado de madurez

Los frutos fueron recolectados para la determinación de los estados de madurez, en San Miguel Allende Nuchita Huajuapán. Se seleccionaron veinte frutos para cinco estados de madurez, y fueron obtenidos de varios árboles, separándolos de acuerdo al color y con base en la experiencia de las personas (Assis *et al.*, 2001). Al mismo tiempo se tomaron fotografías a los frutos en cinco estados de madurez, para hacer la simulación de los colores con el programa Corel draw, estableciendo una figura de colores del cuajilote, Figura 7.

Una vez establecida la figura de colores, se les determinó los parámetros fisicoquímicos, a los frutos, en cada estado de madurez: Firmeza (anexo A), °Brix (anexo B) y acidez (anexo C), todo ello con el fin de determinar parámetros mensurables adicionales (Hernández *et al.*, 2006). El estado de madurez cuatro fue el recolectado para el análisis nutrimental, pues es el que cotidianamente consumen las personas.

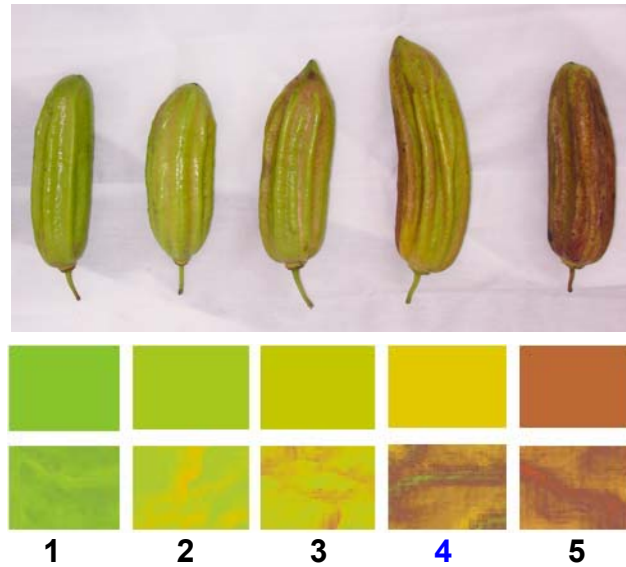


Figura 7. Figura de colores establecida para cinco estados de madurez del cuajilote.

4.4. Obtención del fruto en estado maduro (estado cuatro)

El fruto se obtuvo en el año 2005 en dos temporadas, en primavera (abril y mayo) y en otoño (septiembre), en tres lugares de la región Mixteca Oaxaqueña, San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, a una altura de 1380 m sobre el nivel del mar y temperatura promedio de 23 °C, San Mateo Peñasco, Tlaxiaco, a una altura de 2040 m sobre el nivel del mar y temperatura promedio de 17 °C y Santa María Xochitlapilco, Huajuapán, a una altura de 1600 m sobre el nivel del mar y temperatura promedio de 20 °C (Fuente 5 y 6).

Para la selección de la cantidad de frutos maduros (estado cuatro) a recolectar de cada zona, se utilizó el método estadístico aleatorio de proporciones, ecuación 1 (Cochran, 1993).

Los cálculos se realizaron, mediante la fórmula siguiente.

$$n = (\sigma^2 N p q) / (\varepsilon^2 (N - 1) + \sigma^2 pq) \quad (\text{Ec.1})$$

En donde:

σ = nivel de confianza (1.96)

N = universo o población (cantidad de fruta)

p = probabilidad a favor (50 %)

q = probabilidad en contra (50 %)

ε = error de estimación (10 %)

n = tamaño de la muestra

4.5. Selección del fruto

Los frutos recolectados de las tres diferentes zonas, fueron 60, 45 y 30 frutos por temporada, seleccionados en primera instancia por la similitud en coloración, establecido previamente (Figura 7), en el estado cuatro.

Posteriormente, se les determinó °Brix y firmeza a cada fruto, y de manera aleatoria acidez, y se descartaron aquellas muestras que salieron del intervalo para el estado cuatro (fruto maduro) previamente fijado en la tabla de parámetros fisicoquímicos de los cinco estados de madurez (Cuadro 1).

4.6. Preparación de la muestra

Los frutos recolectados se lavaron con agua corriente y destilada, dejándolos escurrir, posteriormente se eliminaron los extremos y se procedió a cortarlos en mitades, cuartos y octavos. Los trozos de los frutos así partidos se molieron en un molino de aspas automático. El producto triturado se homogeneizó manualmente y se vació en recipientes de plástico con tapa de rosca de 100, 250, y 500 g de capacidad, se rotuló y conservó en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AOAC, método 922.02).

Posteriormente la muestra recibió el tratamiento correspondiente dependiendo del nutrimento a analizar de acuerdo a las técnicas seleccionadas.

4. 7 Caracterización nutrimental

4.7.1 Composición proximal. Se determinó por los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997) y en el caso de las proteínas y fibra cruda por el método de Pearson, (1986). Se tomó como referencia frutos de guayaba.

Los análisis proximales para el fruto de cuajilote fueron:

- Humedad (método 925.09), por secado de la muestra en la estufa a 100 °C hasta peso constante, anexo A.
- Cenizas (método 923.03), midiendo la masa del residuo resultante de la incineración a 550 °C hasta la pérdida total de la materia orgánica, anexo B.
- Proteína cruda (método 954.01), por el método de Kjeldahl, usando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína, anexo C.
- Grasa cruda (método 920.39), lípidos libres extraídos con éter de petróleo con un sistema Soxhlet, anexo D.
- Fibra cruda (Pearson, 1986), residuo obtenido tras el tratamiento con ácido y álcali, anexo E.
- Carbohidratos totales. Cuantificados por diferencia como E.L.N, diferencia en % del resto de los componentes, donde $E.L.N = 100 \% - \% \text{ proteínas} - \% \text{ fibra cruda} - \% \text{ grasa cruda} - \% \text{ cenizas}$.

4.7.2. Vitamina C. Fue cuantificada por el método de espectrofotometría UV/vis (Hernández *et al.*, 2006 y Nedime *et al.*, 1997).

Una mezcla de 250 g de fruta y 250 mL de una solución de ácido oxálico (w/v 0.4 %), se homogeneizó en una licuadora a máxima velocidad, por 2 min. La mezcla se dejó en reposo resguardada de la luz, por 20 min. La mezcla anterior se centrifugó a máxima velocidad por 25 min. (Hernández *et al.*, 2006).

El espectrofotómetro UV/Vis se ajustó a cero con agua desionizada (blanco1). Fue leída la absorbancia de una mezcla de solución de ácido oxálico (1 mL) + solución buffer de acetato (1 mL) + solución DCPI (8 mL), se anotó la absorbancia como L1. Enseguida el equipo se ajustó otra vez a cero con una mezcla de solución estándar de ácido ascórbico de 10 ppm (1 mL) + solución buffer de acetato (1 mL) + agua desionizada (8 mL) (blanco2). Se leyó la absorbancia de una mezcla del estándar de ácido ascórbico de 10 ppm (1 mL) + solución buffer de acetato (1 mL) + solución DCPI (8 mL) registrándose la absorbancia como L2. Aquí L1 es la absorbancia de todo el DCPI, y L2 el DCPI que queda después de la reacción con ácido ascórbico. L2 fue evaluado de forma similar para los otros estándares de solución de ácido ascórbico (20, 30 y 40 ppm). L1-L2 es el valor de las absorbancias para cada estándar como producto de la reacción. La gráfica estándar fue construida por la absorbancia (L1-L2) contra la concentración (ppm) de los estándares de las soluciones de ácido ascórbico.

Para la medida de absorbancia de la solución de las muestras, el espectrofotómetro fue ajustado a cero con la mezcla de solución de la muestra (cuajilote) (1 mL) + solución buffer de acetato (1 mL) + agua desionizada (8 mL). Se leyó la absorbancia de solución de la muestra (1 mL) + buffer de acetato (1 mL) + DCPI (8 mL), esta es la absorbancia L2 de la muestra solución. L1-L2 representan el valor de la absorbancia de la muestra; fue sustituido este valor de absorbancia en la ecuación de la recta de

la gráfica de calibración para conocer la concentración de la muestra. Todas las mediciones fueron leídas a 520 nm. Es importante señalar que las muestras estuvieron cubiertas con papel aluminio y fueron homogenizadas por un aparato agitador por 10 s, después de la agitación se esperó 15 s para leerlas. Se utilizó la guayaba como control por ser una fruta rica en esta vitamina y por haber sido utilizada en los análisis proximales.

4.7.3 Minerales. En primera instancia el material de vidrio fue tratado, empleado para la cuantificación de minerales, de la siguiente manera: se lavó con agua de la llave y con una solución de jabón alcalino usando una esponja y se enjuagó, enseguida se sumergió en HNO₃ al 10 % por 1 h y se enjuagó con agua destilada, nuevamente fue sumergido en agua destilada a 40 °C durante 1 h. Posteriormente se volvió a sumergir en HNO₃ al 2 % y se enjuagó con agua desionizada y se sumergió en agua desionizada a 40 °C durante 30 min, finalmente se secó y guardó.

La muestra se depositó en charolas de papel reflujo y se secó en una estufa de aire a 80 °C durante 24 h. Después se pesaron 2 g de muestra en un crisol (los cuales previamente fueron llevados a peso constante) y se llevaron a una parrilla de calentamiento a máxima temperatura para carbonizar la muestra en un lapso de 1 h en una campana de extracción de humos. Posteriormente, la muestra fue incinerada a 550 °C por 8 h hasta obtener una ceniza blanca. Las cenizas se colocaron en un vaso de precipitados con una espátula cuidadosamente y se les adicionó 10 mL de HCl al 20 % (el crisol se enjuagó con parte de este volumen). Se colocó una tapa de caja de petri sobre el vaso de precipitados para evitar pérdidas de la muestra, se llevó a cabo la digestión por 30 min, con ebullición suave. El resultado de la digestión

se filtró por gravedad con papel Whatman, el filtrado se recogió en un matraz aforado de 25 mL, el papel filtro se lavó con agua desionizada hasta llegar al aforo. La muestra aforada se refrigeró en un intervalo de 5 a 10 °C en el refrigerador para su posterior determinación por absorción atómica.

Los estándares de Fe, Zn y Cu, se leyeron a 248, 325 y 214 nm respectivamente, en el espectrofotómetro de absorción atómica con una flama de aire-acetileno. Después se leyeron las muestras, dependiendo del mineral a cuantificar con sus diluciones adecuadas para el intervalo de trabajo del instrumento (*vide infra*), Cuadro 1 (Nedime *et al.*, 1997).

Se utilizó la zanahoria como control por tener en proporciones considerables los tres minerales y además la técnica fue similar a la reportada por Nedime *et al.*, (1997), donde determinan Fe, Zn, y Cu para *Daucus carota*.

Cuadro 1. Diluciones del cuajilote de los minerales analizados (Fe, Zn y Cu).

Fruta	Dilución		
	Fe	Zn	Cu
1	-	1:17	1:4
2	-	1:27	1:9
3	-	1:12	1:1
1'	-	1:30	1:4
2'	-	1:17	1:6
3'	-	1:8	1:4

Donde:

1 = cuajilote de secas recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (abril, 2005)

2 = cuajilote de secas recolectado en Santa María Xochitlapilco, Huajuapán, Oax. (mayo, 2005)

3 = cuajilote de secas recolectado en San Mateo Peñasco, Tlaxiaco, Oax. (mayo, 2005)

1' = cuajilote de temporada recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

2' = cuajilote de temporada recolectado en Santa María Xochitlapilco, Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

3' = cuajilote de temporada recolectado en San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Oax. (septiembre, 2005)

4.8. Análisis estadístico

Se realizó un estudio estadístico de los resultados que se obtuvieron para determinar las medidas de tendencia central y dispersión de los resultados (\pm D.S), así también se realizó un análisis de varianza y análisis de comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS) (Montgomery, 1991). Cada una de las determinaciones se realizó por triplicado y una réplica. El coeficiente de variación de los análisis fue de un orden de 4-10 % (Onianwa *et al.*, 2001).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del estado de madurez

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos para los 5 estados de madurez para el establecimiento de la figura de colores, se enlistan en el Cuadro 2. Al analizar estadísticamente los resultados se encontró que el análisis de varianza indica diferencia significativa para $P < 0.05$ para los cinco estados de madurez para todos sus parámetros fisicoquímicos, el comportamiento general que se observó indica que la coloración del fruto va desde un verde intenso hasta un amarillo rojo manchado, de acuerdo a diferentes autores, el cambio de color del fruto lleva consigo la maduración y suele estar provocado por la degradación de la clorofila, lo que hace visibles los pigmentos que antes estaban encubiertos como los carotenos (amarillos) y antocianos (rojos) (Vollmer *et al.*, 2001). En el caso de los valores de firmeza obtenidos, éstos disminuyen al ir madurando los frutos de cuajilote, por la degradación de los hidratos de carbono poliméricos, especialmente de las sustancias pécticas y las hemicelulosas, lo cual debilita las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas unas células a otras (Vollmer *et al.*, 2001). El contenido de °Brix aumentó al madurar el fruto, lo cual era de esperarse, por la casi total conversión del almidón en azúcares más simples. Estas transformaciones tienen el doble efecto de alterar tanto el sabor como la textura del fruto, con la ventaja de que el aumento del contenido de azúcares simples los hace más dulces e incrementa su aceptabilidad (Wills *et al.*, 1997). En lo referente a la acidez evaluada en el cuajilote (expresado como mg de ácido cítrico/100 g de fruta) se encuentra con valor

elevado en el fruto verde y declina en el período de actividad metabólica máxima en el curso de la maduración debido a que los ácidos orgánicos son metabolizados o convertidos en azúcares.

La determinación de firmeza, °Brix y acidez titulable, permitió detectar diferencias en los cinco estados de madurez, facilitando clasificar al fruto para el estado maduro (estado cuatro), necesario para determinaciones de macronutrientes y micronutrientes en este trabajo.

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos del cuajilote en cinco estados de madurez.

Estado de desarrollo de la fruta	Color	Firmeza (kg m/s ²)	Rango de sólidos (°Brix)	Acidez titulable (mg ácido cítrico/100 g de fruta)
1 (verde)	Verde intenso	>118	<6.9	<40
2 (inmaduro)	Verde claro	109-118	7.0-8.0	40-45
3 (parcialmente-maduro)	Amarillo-verdoso	99-108	8.0-10.4	55-60
4* (maduro)	Amarillo rojo-manchados no intensos	78-98	10.5-13.0	45-55
5 (muy maduro)	Amarillos rojo manchados muy intensos	<78	>13.0	42-46

*El fruto fue recolectado en el estado de madurez cuatro, para su análisis nutricional en tres zonas y dos temporadas.

Obtención del fruto

Con el muestreo estadístico que se aplicó al utilizar la ecuación 1 (Cochran, 1993) se obtuvieron 60, 45 y 30 frutos (en el estado cuatro) por temporada, que correspondieron a las 3 áreas de cultivo seleccionadas, la de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, la de Santa María Xochitlapilco, Huajuapán, y la de San Mateo Peñasco, Tlaxiaco. Cada lote recolectado de frutos se utilizó para la caracterización nutrimental. El peso promedio de la fruta de cuajilote de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán fue de 250.6 ± 41.7 g, el de Santa María Xochitlapilco, Huajuapán fue de 197.75 ± 30.9 g, y el de San Mateo Peñasco, Tlaxiaco fue de 219.3 ± 33.2 g. Como resultado de la molienda y homogenizado del fruto de cuajilote se obtuvo una pulpa de color amarilla-verdosa.

Composición proximal

La composición proximal de los frutos de cuajilote recolectados en las diferentes zonas y temporadas se muestran en el Cuadro 3. La humedad, cenizas, proteínas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y E.L.N, están reportados en porcentaje de base húmeda (% b.h.), representado el promedio (\pm desviación estándar).

Al analizar estadísticamente los resultados se encontró que el análisis de varianza indica diferencia significativa para $P < 0.05$. El análisis de comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS) nos muestra las diferencias entre las zonas y temporadas donde las letras iguales no indican diferencia significativa para ($P < 0.05$) contenidos entre los componentes presentes en el fruto.

En el caso de las diferencias entre zonas y temporadas estas se atribuyen, a las condiciones ambientales (temperatura, sol, lluvia) y de cultivo.

Cuadro 3. Composición química base húmeda (% b.h.) del fruto *P. edulis* en estado maduro.

Fruta	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Fibra cruda (%)	E.L.N (%)
1	85.21±0.09 ^a	0.61±0.15 ^{a,b}	0.40±0.15 ^{a,b}	0.04±0.01 ^a	3.89±0.35 ^a	9.86±0.75 ^a
2	86.33±0.10 ^b	0.58±0.17 ^c	0.35±0.15 ^{c,d}	0.03±0.00 ^b	3.81±0.46 ^b	8.89±0.88 ^b
3	84.85±0.11 ^a	0.60±0.13 ^a	0.41±0.11 ^{a,e}	0.04±0.02 ^a	4.25±0.49 ^c	9.86±0.86 ^a
1'	87.34±0.14 ^c	0.49±0.15 ^d	0.33±0.17 ^f	0.03±0.00 ^b	3.11±0.42 ^d	8.69±0.91 ^c
2'	85.80±0.11 ^d	0.54±0.18 ^e	0.35±0.12 ^d	0.03±0.03 ^b	3.33±0.33 ^e	9.95±0.77 ^d
3'	84.21±0.18 ^f	0.62±0.15 ^b	0.42±0.12 ^{b,e}	0.04±0.02 ^a	4.08±0.48 ^f	10.63±0.96 ^f

Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los frutos de cuajilote.

Donde:

1 = cuajilote de secas recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (abril, 2005)

2 = cuajilote de secas recolectado en Santa María Xochixtlapilco, Huajuapán, Oax. (mayo, 2005)

3 = cuajilote de secas recolectado en San Mateo Peñasco, Tlaxiaco, Oax. (mayo, 2005)

1' = cuajilote de temporada recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

2' = cuajilote de temporada recolectado en Santa María Xochixtlapilco, Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

3' = cuajilote de temporada recolectado en San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Oax. (septiembre, 2005)

Los frutos de cuajilote analizados para las diferentes zonas y temporadas presentaron una humedad en un intervalo de 84.21 a 87.34 % semejante al grupo de las frutas (Belitz y Grosch, 1997). Considerándose un alimento perecedero por su alto contenido de humedad. El intervalo de cenizas obtenido fue de 0.49 a 0.62 % representando el contenido total de minerales (residuo obtenido tras la incineración) (Fennema, 2000). En el contenido proteico se observa un intervalo de 0.33-0.42 %, para todos los frutos el contenido de proteínas fue siempre más alto que el contenido de grasas. El contenido de grasas es de 0.03-0.04 %. Todos estos valores son similares a las frutas reportadas por Chávez y Hernández (1992).

En el Cuadro 4 se muestra el valor nutritivo de algunos frutos consumidos en México reportados en la literatura.

Cuadro 4. Valor nutritivo de algunos frutos consumidos en México (en 100 g de fruta cruda).

Fruta	Carbohidratos (%)	Fibra (%)
Cuajilote ^b (<i>Parmentiera edulis</i>)	8.7-10.6	3.1-4.3
Caña de azúcar ^a (<i>Saccharum officinarum</i>)	17.2	1.9
Mango criollo ^a (<i>Mangifera indica</i> L)	9	1.1
Manzana ^a (<i>Malus silvestris</i>)	16.5	2.1
Melón ^a (<i>Cucumis melo</i> L)	6.3	1.0
Mandarina ^a (<i>Citrus nobilis deliciosa</i> Swingle)	12	0.3
Mamey ^a (<i>Calocarpum mammosum</i> Pierre)	16.2	4.5

^a Valores reportados (Chávez y Hernández, 1992). ^b Valores encontrados en este trabajo.

Es importante resaltar el contenido de fibra cruda del cuajilote que fue de 3.11 a 4.25 % siendo mayores a los reportados por Chávez y Hernández (1992), para la manzana (2.1 %), caña de azúcar (1.9 %), siendo similar a la del mamey (4.5 %). Cabe señalar que estos frutos son los más ricos en fibra cruda, de manera que el cuajilote es buena alternativa de fibra cruda en la alimentación humana.

El E.L.N. (carbohidratos) del cuajilote fue de 8.69 a 10.63 %, siendo mayores a los por Chávez y Hernández (1992), para el melón (6.3 %) y para el mango criollo (9 %), pero menores a los de la manzana (16.5 %) y caña de azúcar (17.2 %). En esta fracción se encuentra parte de la cantidad de pectinas, hemicelulosa, celulosa y otros carbohidratos que no son cuantificados con la fibra cruda (García-Luna, 2003).

Sabiendo que las frutas contienen una cantidad razonable de carbohidratos, podemos decir que el cuajilote la tiene comparado con los frutos antes mencionados en el Cuadro 4.

Determinación y cuantificación de vitamina C, Fe, Zn y Cu

En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de vitamina C, Fe, Zn y Cu del fruto de las diferentes zonas y temporadas. El reporte de la concentración elemental es expresado en (mg/100 g de fruta cruda) y es el promedio (\pm desviación estándar) de seis muestras.

Cuadro 5. Vitamina C, Fe, Zn y Cu contenidos en el cuajilote (expresados en mg por 100 g en fruta cruda).

Fruta	Vitamina C	Fe	Zn	Cu
1	24.8 \pm 0.06 ^a	0.68 \pm 0.01 ^a	4.77 \pm 0.01 ^a	2.23 \pm 0.05 ^a
2	23.7 \pm 0.05 ^b	0.58 \pm 0.02 ^b	6.21 \pm 0.02 ^b	2.55 \pm 0.04 ^b
3	29.6 \pm 0.07 ^c	0.42 \pm 0.03 ^c	2.98 \pm 0.03 ^c	1.21 \pm 0.02 ^c
1'	29.8 \pm 0.06 ^d	0.39 \pm 0.05 ^d	2.97 \pm 0.02 ^c	0.96 \pm 0.01 ^d
2'	25.2 \pm 0.08 ^e	0.45 \pm 0.00 ^e	3.87 \pm 0.04 ^d	1.64 \pm 0.04 ^e
3'	26.1 \pm 0.04 ^f	0.42 \pm 0.04 ^c	2.38 \pm 0.04 ^e	1.59 \pm 0.02 ^f

Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los frutos de cuajilote.

Donde:

1 = cuajilote de secas recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (abril, 2005)

2 = cuajilote de secas recolectado en Santa María Xochitlapilco, Huajuapán, Oax. (mayo, 2005)

3 = cuajilote de secas recolectado en San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Oax. (mayo, 2005)

1' = cuajilote de temporada recolectado en San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

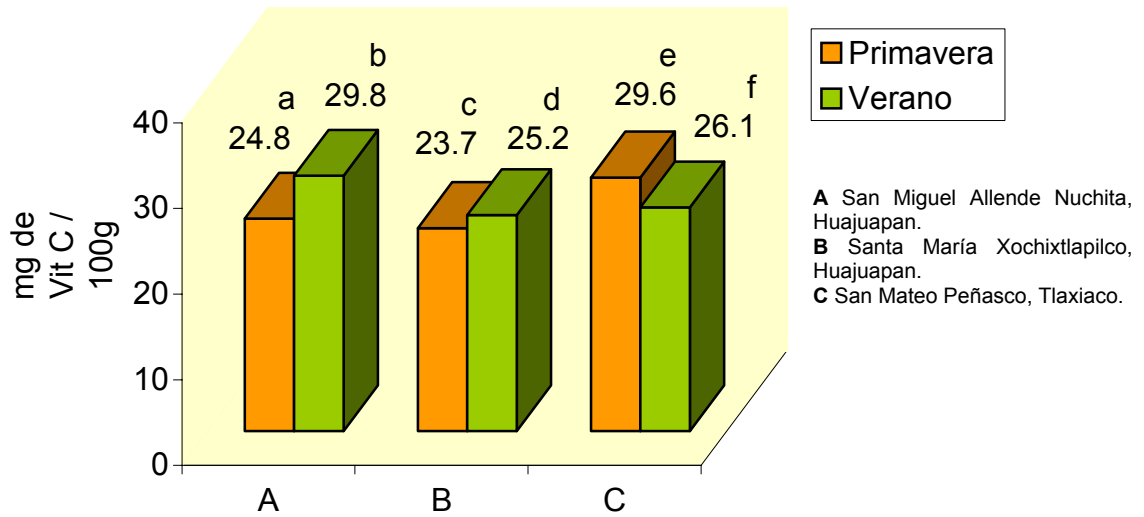
2' = cuajilote de temporada recolectado en Santa María Xochitlapilco Huajuapán, Oax. (septiembre, 2005)

3' = cuajilote de temporada recolectado en San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Oax. (septiembre, 2005)

El análisis de varianza indicó diferencia significativa para $P < 0.05$ es decir que la zona y época del año afectó de manera significativa el contenido de minerales presentes en el cuajilote. Algo similar encontraron Nergiz y Engez (2000), los cuales realizaron un estudio en una misma variedad de aceitunas, en diferentes cultivares en 4 meses al encontrar los resultados siguientes para Cu (8.4, 3.5, 2.8, 2.3 ppm), Zn (10, 5.8, 4.5, 6.7 ppm) y Fe (8.1, 5.8, 5.6, 11.4 ppm). Estas variaciones fueron originadas por la distribución de elementos en el suelo, así como condiciones ambientales y de agua durante su cultivo.

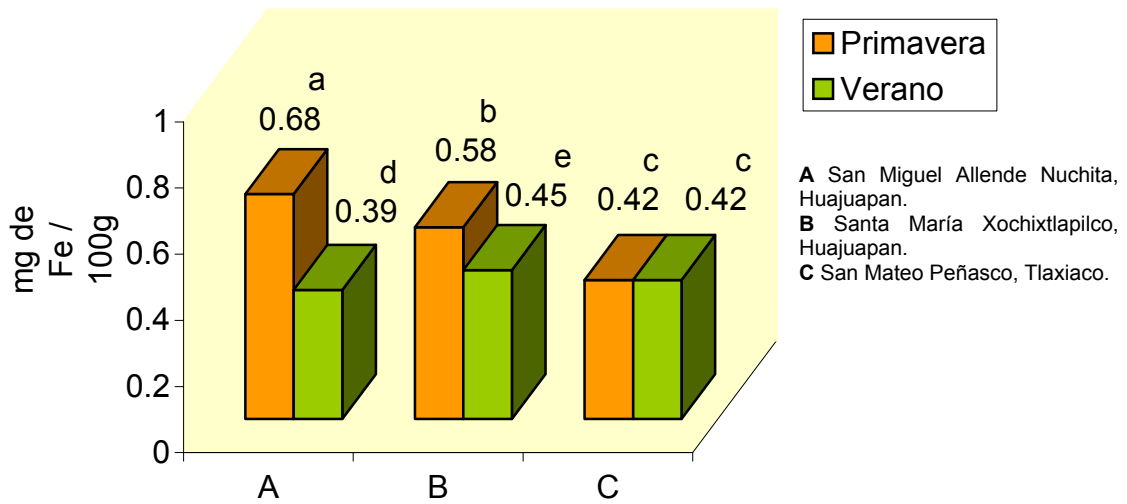
El análisis de comparativo de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS) nos dice las diferencias entre las zonas y temporadas, donde las letras iguales no indican diferencia significativa para $P < 0.05$ contenidos en los frutos de cuajilote reportados en el Cuadro 5.

En las Figuras, 8, 9, 10 y 11, se representa el contenido de micronutrientes expresados en mg/100 g de fruta fresca para las tres poblaciones y dos temporadas, San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán (A), Santa María Xochitlapilco, Huajuapán (B), y San Mateo Peñasco, Tlaxiaco (C) y dos temporadas del año, primavera y verano.



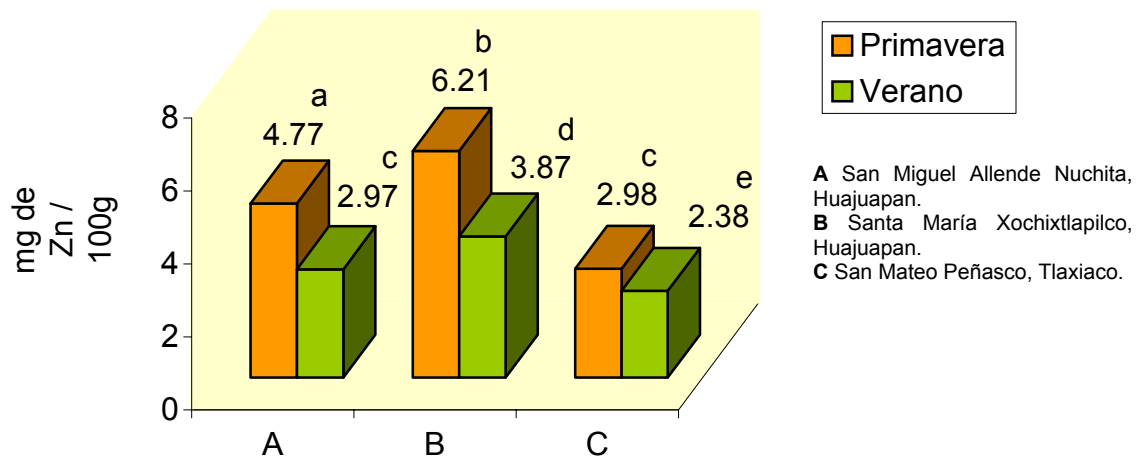
a-b Letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística (P<0.05)

Figura 8. Contenido de vitamina C en el cuajilote (mg/100 g).



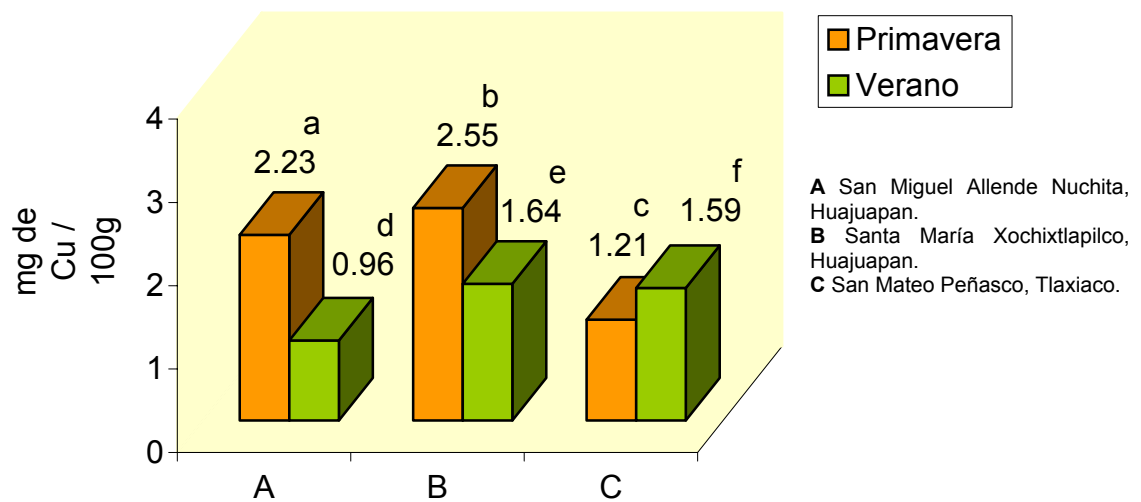
Letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística (P<0.05)

Figura 9. Contenido de Fe en el cuajilote (mg/100 g).



Letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística (P<0.05)

Figura 10. Contenido de Zn en el cuajilote (mg/100 g).



Letras diferentes en las columnas indican diferencia estadística (P<0.05)

Figura 11. Contenido de Cu en el cuajilote (mg/100 g).

Se observa en las gráficas que para todos los micronutrientes hubo diferencia estadística, en las zonas y temporadas para (P<0.05), con excepción para la

concentración de Fe en la zona de San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Figura 9 y Zn en la zona de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán y San Mateo Peñasco Tlaxiaco, Figura 10.

En el Cuadro 6 se presentan los valores de vitamina C, Fe y Zn contenidos en algunos frutos (expresados en mg por 100 g de fruta cruda).

Los frutos de cuajilote presentaron cantidad baja de vitamina C en un intervalo de 23.7 a 29.8 mg/100 g, comparados a los reportados por Chávez y Hernández (1992), en el Cuadro 6, para la guayaba (242-272 mg/100 g) y naranja (51 mg/100 g).

El valor de Fe obtenido fue de 0.39 a 0.68 mg/100 g, es semejante a los reportados por Nedime *et al.*, (1997), para uvas (0.55-0.79 mg/100 g), guayaba (0.30-0.70 mg/100 g) Cuadro 6, por lo tanto el cuajilote se encuentra dentro de los frutos que contienen concentraciones altas de este mineral.

Cuadro 6. Vitamina C, Fe, Zn y Cu contenidos en algunos frutos (expresados en mg por 100 g de fruta cruda).

Fruta	Vitamina C	Fe	Zn	Cu
Cuajilote ^d (<i>Parmentiera edulis</i>)	23.7-29.8	0.39-0.68	2.38-6.21	0.96-2.55
Pera ^a (<i>Pirus communis</i>)	0.29-0.40	0.29-0.40	0.16-0.19	0.11-0.18
Membrillo ^a (<i>Cydonia vulgaris</i>)	13-14	0.31-0.33	0.32-0.54	0.21-0.28
Guayaba ^b (<i>Psidium guajava L</i>)	242-270	0.30-0.70	0.23-0.23	0.01 ^c
Naranja agria ^b (<i>Citrus aurantium L</i>)	51	0.2-0.8	0.05	0.02 ^c
Uvas ^a (<i>Vitis vinifera</i>)	4-6	0.55-0.79	0.17-0.30	0.09-0.18

^a Valores reportados (Nedime *et al.*, 1997). ^b Valores reportados (Chávez y Hernández, 1992). ^c Valores reportados (Onianwa *et al.*, 2001). ^d Valores encontrados en este trabajo.

Lo más importante a resaltar del cuajilote es el contenido de Zn encontrado de 2.38 a 6.21 mg/100 g y Cu de 0.96 a 2.55 mg/100 g, superior a los reportados por Chávez y Hernández (1992), para cualquier fruta, verdura, oleaginosa y en el caso de las leguminosas sus valores son semejantes para unas zonas del cuajilote analizado, pero el contenido es mayor en el caso del cuajilote de temporada de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán y Santa María Xochitlapilco, Huajuapán.

Con base en los datos reportados para frutas por Chávez y Hernández (1992), podemos decir que el contenido de Cu y Zn del cuajilote fue de 5 a 8 veces mayor a cualquier otra fruta y el Fe encontrado en el cuajilote lo ubica como un fruto alto en este mineral. Por todo lo anterior, el cuajilote podría ser una alternativa de alimentación por su alto contenido de estos minerales y fibra.

Además se ha relacionado que concentraciones altas de Fe y Zn condicionan la vitamina C. Esta relación inversa se encontró en el cuajilote (Nedime *et al.*, 1997). Es importante señalar que estos valores de minerales encontrados en el fruto de *P. edulis* son considerados por la FDA una fuente de nutrientes alta (Miller-Ihli, 1996).

CONCLUSIONES

- Se realizó una caracterización parcial del cuajilote al cuantificar macronutrientes (análisis proximal) y micronutrientes (vitamina C, Fe, Zn y Cu) en dos temporadas del año 2005, primavera (abril-mayo) y verano (septiembre), y en tres localidades del estado de Oaxaca: San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán; Santa María Xochixtlapilco, Huajuapán; y San Mateo Peñasco, Tlaxiaco.
- Los frutos analizados del estado de madurez cuatro (maduro), presentaron las siguientes características fisicoquímicas: una coloración amarillo rojo manchados no intensos, un intervalo de firmeza de 78.4 a 98 (kg m/s²), un intervalo de sólidos 10.5 a 13.0 (°Brix) y una acidez titulable de 45 a 55 (mg ácido cítrico/100 g de fruta).
- Se obtuvo la siguiente composición proximal dependiendo de la zona y temporada, un intervalo de 84.21 a 87.34 % de humedad, 0.49 a 0.62 % de cenizas, 0.33 a 0.42 % de proteína cruda, 0.03 a 0.04 % de grasa cruda, 3.11 a 4.25 % de fibra cruda y 8.69 a 10.63 % de extracto libre de nitrógeno (E.L.N.).
- De manera general se obtuvo mayor contenido de macronutrientes y micronutrientes en los meses de abril y mayo.
- Para los micronutrientes, dependiendo de la zona y temporada, se obtuvo un intervalo de vitamina C de 23.7 a 29.8 mg/100 g, Fe 0.39 a 0.68 mg/100 g, Zn 2.38-6.21 mg/100 g y Cu de 0.96 a 2.55 mg/100 g.

- El análisis de varianza indicó que al comparar los frutos analizados para las diferentes zonas y temporadas existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para los macronutrientes y micronutrientes. Siendo la zona San Mateo Peñasco, Tlaxiaco, la que presentó menos variación de micronutrientes de una temporada a otra.
- Se obtuvo mayor contenido de carbohidratos y fibra cruda para la zona de San Mateo Peñasco, Tlaxiaco.
- Para los micronutrientes se obtuvo mayor contenido en fierro para la zona de San Miguel Allende Nuchita, Huajuapán. Y el mayor contenido de zinc y cobre se obtuvo en la zona de Santa María Xochitlapilco, Huajuapán.

PERSPECTIVAS

Los siguientes puntos pueden ser tomados en consideración para complementar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Una consideración adicional es la cuantificación de vitamina A, en el fruto de *P. edulis*, por presentar este una coloración amarilla, lo que sugiere presencia de esta vitamina.

También llevar a cabo la cuantificación de la fibra dietética en el fruto de *P. edulis*, debido a que el porcentaje de fibra bruta fue relativamente alto, y con esto determinar adicionalmente la calidad de la fibra.

Debido a la alta concentración de micronutrientes fierro, zinc, y cobre, convendría cuantificar fitatos y oxalatos para tener un indicativo preliminar de su biodisponibilidad.

Adicionalmente, para completar la concentración de micronutrientes en el fruto de *P. edulis*, se cuantificarían los minerales sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo.

Por presentar el fruto un contenido alto de micronutrientes y fibra, se podría elaborar un producto nutritivo para aprovechar estos componentes.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. **1997**. 15th ed. William Horwits. Washington, D.C. USA.

Assis S.A., Lima D.C., Oliveira de F.O.M.M. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chem.* **2001**, 74, 133-137.

Belitz H., Grosch W. Química de los alimentos. **1997**. Editorial Acribia, 2^a ed. España.

Cáceres A., Menéndez H., Méndez E., Cohobón E., Samayoa E., Jauregui E., Peralta E., Carrillo G. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. *J. Ethnopharmacol.* **1995**, 48, 85-88.

Chávez M., Hernández M., Roldan A. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. **1992**. INNSZ, 2^a ed. México.

- Cochran W. Técnicas de muestreo. **1993**. Editorial Continental, 1ª ed. México.
- Fennema O.R. Química de alimentos. **2000**. Editorial Acribia, 2ª ed. España.
- García-Luna I. Caracterización fisicoquímica y funcional de residuos de mango criollo (*Mangifera indica* L) y su incorporación en galletas. **2003**. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca.
- Gundersen V., McCall D., Bechmann I.E. Comparison of major and trace element concentrations in danish greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Cv. Aromata F1) cultivated in different substrates. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, 49, 3808-3815.
- Harold D., Egan. Análisis químico de alimentos de Pearson. **1987**. Editorial Continental, 1ª ed. México.
- Hernández Y., Lobo G.M., González M. Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. *Food Chem.* **2006**, 96, 654-664.
- Nedime D., Doğan S., Yaşar D. Ascorbic acid and element contents of foods of trabzon (Turkey). *J. Agric. Food Chem.* **1997**, 45, 2085-2087.
- Nergiz C., Engez Y. Compositional variation of olive fruit during ripening. *Food Chem.* **2000**, 69, 55-59.
- Matissek R., Schnepel F., Steiner G. Análisis de alimentos. **1998**. Editorial Acribia, 2ª ed. España.
- Miller-Ihli N.J. Atomic absorption and atomic emission spectrometry for the determination of the trace element content of selected fruits consumed in the United States. *J. Food Comp. Anal.* **1996**, 9, 301-311.
- Montgomery D. Diseño y análisis de experimentos. **1991**. Editorial Iberoamericana, 2ª ed. México.
- Onianwa P.C., Adeyemo A.O., Idowu O.E., Ogabiela E.E. Copper and zinc contents of Nigerian foods and estimates of the adult dietary intakes. *Food Chem.* **2001**, 72, 89-95.
- Özcan M., Haciseferoğullari H., Marakoğlu T., Arslan D. Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: some physical and chemical properties. *J. Food Eng.* **2005**, 69, 409-413.
- Prasad N.N., Siddalingaswamy M., Parameswariah P.M., Radhakrishna K., Rao R.V., Viswanathan K.R., Santhanam K. Proximate and mineral composition of some processed traditional and popular Indian dishes. *Food Chem.* **2000**, 68, 87-94

Pearson D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. **1986**. Editorial Acribia, 1ª ed. España.

Pérez-Gutiérrez R.M., Pérez-González C., Zavala-Sánchez M.A., Pérez-Gutiérrez S. Actividad hipoglucemiante de *Bouvardia terniflora*, *Brickellia veronicaefolia* y *Parmentiera edulis*. *J. Salud Pública de México*. **1998**, 40, 354-358.

Pérez R.M., Pérez C., Zavala M.A., Pérez S., Hernandez H., Lagunes F. Hypoglycemic effects of lactucin-8-O-methylacrylate of *Parmentiera edulis* fruit. *J. Ethnopharmacol.* **2000**, 71, 391-394.

Skoog D.A., Holler J.F., Nieman T.A. Principios de análisis instrumental. **2001**. Editorial McGraw Hill, 5ª ed. México.

Vollmer G., Josst G., Schenker D., Sturm W., Vieden N. Elementos de Bromatología descriptiva. **2001**. Editorial Acribia, 1ª ed. España.

Yaman M., Kaya G. Speciation of iron (II) and (III) by using solvent extraction and flame atomic absorption spectrometry. *J. Anal. Chem. Acta.* **2005**, 540, 77-81.

Wills R.H., Lee T.H., McGlasson W.B., May E.G, Graham D. Fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. **1997**. Editorial Acribia, 2ª ed. México.

FUENTES DE SITIOS-WEB

1. Desertrropicals.com http://www.desertrropicals.com/Plants/Bignoniaceae/Parmenteria_edulis.html
2. http://www.podernatural.com/Plantas_%20Medicinales/Plantas_C/p_cuajilote.htm
3. Eco-tierra consultaría para el desarrollo regional ecológico <http://www.ibw.com.ni/~eco/PrVerdur.htm#Introducción>
4. UNAM 16 octubre 2004. Noticias voz e imagen de Oaxaca http://www.noticias-oax.com.mx/articulos.php?id_sec=1&id_art=21972&id_ejemplar=551
5. <http://mapserver.Inegi.gob.mx/geografía/espanol/estados/oax/temper-totmens.cfm>

6. Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Oaxaca 2002.<http://www.mexicantextiles.com/library/mixtecalta/tlaxiaco.info.pdf>

ANEXOS Y APÉNDICE

ANEXO A

DETERMINACIÓN DE FIRMEZA

Se aseguró que la aguja indicadora de presión del penetrómetro se encontrará marcando cero. Se apuntó el penetrómetro y se situó la cabeza del puntal contra la zona de la fruta. Se aplicó una presión constante hacia abajo, hasta que el puntal penetró la carne del fruto, hasta la marca de profundidad del puntal. Finalmente se retiró el puntal y se anotó la lectura en la carátula del penetrómetro, hasta un dígito decimal.

ANEXO B

DETERMINACIÓN DE °BRIX

Se utilizó el refractómetro de Abbe, primeramente se calibró con agua destilada dando un valor de cero en la escala de °Brix. Se secó la superficie del prisma con papel suave, depositando 2 gotas del jugo del fruto con una pipeta Pasteur. Previamente se cortó con un cuchillo en forma de círculo la piel de la fruta y se exprimió el fruto, para obtener unas gotas del jugo, para su medición.

ANEXO C

DERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

Se cortó parte del fruto, se licuó y se filtró a través de gasas. En un vaso de precipitados de 100 mL, se agregaron 5 mL del jugo filtrado, 5 mL de agua destilada y tres gotas de fenolftaleína. Con una bureta llena de NaOH 0.1 N, lentamente se tituló la muestra con agua, moviendo continuamente la solución en el vaso de precipitado hasta el cambio de coloración rosado, registrando la cantidad de NaOH utilizado. La acidez titulable (TA) se calculó, como ácido cítrico utilizando el factor de conversión de 0.0064 de ácido cítrico con la siguiente fórmula.

$$TA = (\text{mL de NaOH} \times N \text{ (de NaOH)} \times \text{factor del ácido} \times 100) / (\text{mL de jugo})$$

ANEXO D

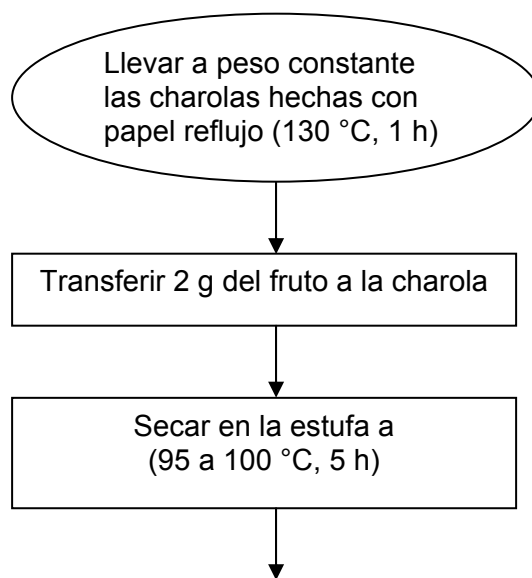
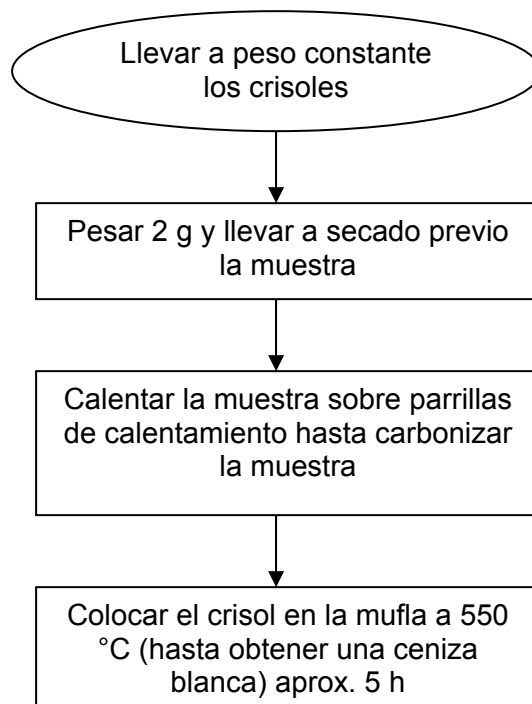




Figura 12. Esquema para la determinación de la humedad.

ANEXO E



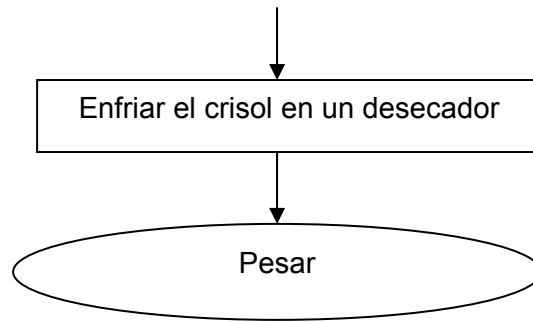


Figura 13. Esquema para la determinación de cenizas.

ANEXO F

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA BRUTA (Método macro-Kjeldahl)

1.-Digestión

En el fondo de un matraz seco, se agregaron unas perlas de ebullición, 1 g de sulfato de cobre (II) pentahidratado y 10 g de sulfato potásico anhidro seguido de 1 g de cuajilote (seco y deshidratado) evitando la deposición en las paredes.

Posteriormente se agregó 25 mL de ácido sulfúrico y se colocó en la campana en un soporte sostenido por el cuello en forma inclinada, llevándolo a calentamiento con un mechero; en un principio suavemente hasta que cesó la espuma, después

vigorosamente hasta que el líquido quedó claro y de un color azulado (cielo) sin desprendimiento de gas.

Lo obtenido de la digestión se dejó enfriar, después se agregó 50 mL de agua destilada, mezclando y se dejó enfriar.

2.-Destilación

En un matraz Erlenmeyer de 500 mL se agregó 50 mL de HCl 0.1 N y 4 gotas de indicador mixto (Rojo de metilo/anaranjado de metileno)

El contenido del Kjeldhal se pasó al matraz de destilación con todo y perlas, enjuagando varias veces hasta completar 500 mL.

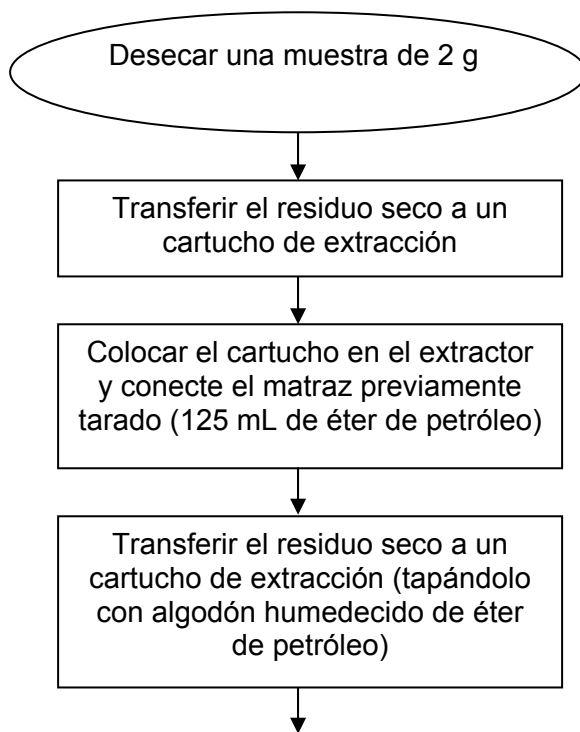
Se montó un aparato de destilación el cual se armó de la manera siguiente:

- a) El matraz unido por la perilla Kjeldhal, y ésta a su vez a un refrigerante.
- b) El extremo del refrigerante se introdujo en el matraz que contenía la solución de HCl, que sirvió para el destilado quedando las uniones bien ajustadas con tapones de corcho y mastick.
- c) Se le añadieron tres granallas de Zn y 100 mL de solución de hidróxido de sodio (33 g/100 de solución) descendiendo por el cuello del matraz de destilación cuidadosamente evitando el mezclado de las dos capas en el matraz.
- d) El sistema de destilación se conectó inmediatamente llevando a destilación la muestra.
- e) Después de 2.5 h se destilaron 150 mL retirando el matraz Erlenmeyer.
- f) El blanco se preparó de la misma forma que el procedimiento anterior, pero sin la muestra de cuajilote.

3.-Titulación

Finalmente, el destilado se tituló con NaOH 0.1 N para valorar el exceso de HCl.

ANEXO G



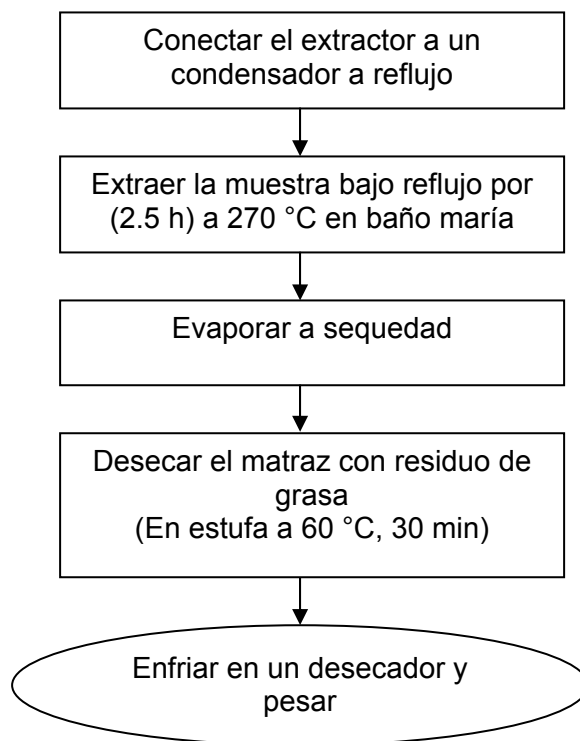
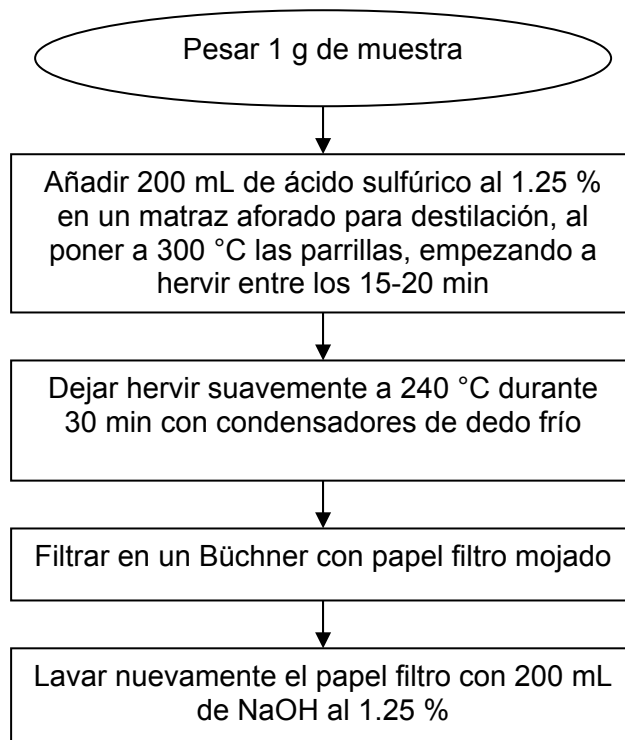


Figura 14. Esquema para la determinación de grasa cruda.

ANEXO H



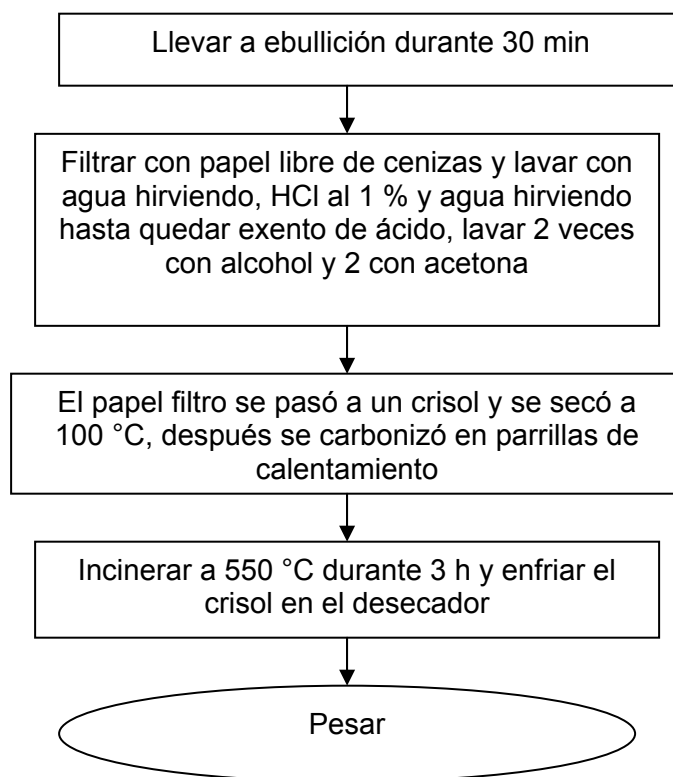


Figura 15. Esquema para la determinación de fibra cruda.

ANEXO H

Fórmulas utilizadas para los cálculos de análisis proximales:

HUMEDAD

Peso (g) de la muestra = W_1

Pérdida de peso (g) = W_2

Humedad (%) = $(W_1 / W_2) \times 100$

CENIZAS

Masa en g del crisol vacío = m_1

Masa en g del crisol con la muestra tras la incineración = m_2

Peso de la muestra en g = P

Cenizas (%) = $((m_2 - m_1) / (P)) \times 100$

PROTEÍNA BRUTA

Peso en g de la muestra problema = W

Volumen en mL de solución de NaOH requerido para la prueba en blanco = V_1

Volumen en mL de solución de NaOH requerido para la muestra problema = V_2

Normalidad de NaOH = N

$$\text{Proteína bruta (\%)} = ((v_2 - v_1) \times N \times 1.4 \times 6.25) \times 100$$

GRASA CRUDA

Peso en g de la muestra antes de la desecación = W_1

Peso en g del matraz sin grasa = W_2

Peso en g del matraz con grasa = W_3

$$\text{Grasa cruda (\%)} = ((W_3 / W_2) / W_1) \times 100$$

FIBRA BRUTA

Peso en g de la muestra = W_1

Peso en g de la materia insoluble = W_2

Peso en g de las cenizas = W_3

$$\text{Fibra bruta (\%)} = ((W_3 / W_2) / W_1) \times 100$$

CARBOHIDRATOS (E.L.N.)

E.L.N = 100 % - % proteínas - % fibra cruda - % grasa cruda - % cenizas.

Apéndice A

Cuadro 7. Valor nutritivo de los frutos control utilizados (en 100 g de fruta cruda).

Estándar	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	E.L.N (%)	Vit.C mg	Fe mg	Zn mg	Cu mg
Guayaba ^a	86.4±0.08	0.73±0.014	0.65±0.017	0.54±0.01	4.2±0.036	6.48±0.76	298±0.01	-	-	-
Guayaba ^b	86.1	-	0.8	0.6	4.6	7.8	270	-	-	-
Zanahoria ^a	88.9	-	-	-	-	-	-	0.29±0.01	0.52±0.02	0.11±0.03
Zanahoria ^c	90.4	-	-	-	-	-	-	0.38-0.80	0.4-3.6	0.14-0.14

^a Valores encontrados en este trabajo. ^b Valores reportados (Chávez y Hernández, 1992). ^c Valores reportados (Nedime *et al.*, 1997).