



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



Departamento de Exámenes Profesionales

"MANUAL DE ANALISIS PARA FRUTAS, HORTALIZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS"  
(Revisión Bibliográfica)

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERA EN ALIMENTOS**  
P R E S E N T A N :  
**ILEANA OCHOA ORTEGA**  
**IRMA MAGALY RIVAS SERNA**

ASESOR: DRA. SARA ESTHER VALDES MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

m340569

2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

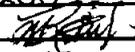
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: L. Magaly Rivas Sierra  
Heana Ochoa Ortega

FECHA: 27 Sep. 2004

FIRMA: 



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Manual de análisis para frutas, hortalizas y productos derivados

(Revisión Bibliográfica)

que presenta la pasante: Ileana Ochoa Ortega
con número de cuenta: 9955444-8 para obtener el título de:
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 6 de septiembre de 2004

PRESIDENTE Dra. Sara Esther Valdés Martínez

VOCAL QFI. Leticia Zúñiga Ramírez

SECRETARIO IBQ. Saturnino Maya Ramírez

PRIMER SUPLENTE IA. Sandra Margarita Rueda Enriquez

SEGUNDO SUPLENTE Dra. María Andrea Trejo Márquez



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 INSTITUTO NACIONAL  
 DE ESTADÍSTICA Y CENSO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

**ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS**

J. D. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de  
 Exámenes Profesionales

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE**

**ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán**

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

**"Manual de análisis para frutas, hortalizas y productos derivados"  
 (Revisión Bibliográfica)**

que presenta la pasante: **Irma Magaly Rivas Serna**  
 con número de cuenta: **9609629-9** para obtener el título de :  
**Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 6 de septiembre de 2004

<b>PRESIDENTE</b>	<b>Dra. Sara Esther Valdés Martínez</b>	
<b>VOCAL</b>	<b>OPF. Leticia Zúñiga Ramírez</b>	
<b>SECRETARIO</b>	<b>IBQ. Saturnino Maya Ramírez</b>	
<b>PRIMER SUPLENTE</b>	<b>IA. Sandra Margarita Rueda Enríquez</b>	
<b>SEGUNDO SUPLENTE</b>	<b>Dra. María Andrea Trejo Márquez</b>	

## **AGRADECIMIENTOS**

**A nuestra querida Universidad Nacional Autónoma de México por formarnos como profesionistas y enseñarnos a amar a nuestro país.**

**En especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por la excelente calidad académica de cada uno de sus docentes que han contribuido a nuestra formación. Con todo respeto y admiración. ¡Mil gracias!**

**A la Dra. Sara E. Valdés agradecemos su invaluable ayuda, orientación, tiempo y apoyo para la realización de este trabajo. Con toda nuestra admiración.  
¡Gracias!**

**A los profesores: QFI. Leticia Zúñiga, IBQ. Saturnino Maya, IA. Sandra Rueda y Dra. Andrea Trejo, integrantes del jurado por sus valiosas observaciones en el mejoramiento de nuestro trabajo.**

**-ILEANA y MAGALY-**

### **A MIS PADRES GILBERTO Y LUZ MARÍA**

Por su apoyo incondicional en todo momento y por la confianza que depositaron en mí. Papá, no tengo palabras para agradecer todo lo que has hecho por mí. Esta tesis te la dedico a ti con todo mi amor y admiración! Mamá, gracias por darme la vida y por ser un ejemplo de fortaleza. Eres una mamá maravillosa! Le doy gracias a Dios por tenerlos aquí conmigo. ¡Los amo muchísimo!

### **A MIS HERMANOS ERÉNDIRA Y GILBERTO**

Gracias por el apoyo, confianza, peleas, comprensión y paciencia que siempre me han dado. Gracias por no dejar de creer en mí y por darme un ejemplo a seguir. Este logro también es de ustedes.  
¡Los quiero muchísimo!

### **A MI TÍA**

Gracias por el cariño, confianza y los consejos que siempre me has brindado. Gracias por tu ayuda y por estar con nosotros en todo momento. ¡Te quiero mucho!

### **A MIS ABUELOS**

Güelo, Yeya<sup>†</sup> y Nana<sup>†</sup>  
Por su apoyo moral y cariño brindado... ¡Gracias!

### **A MI TÍO Y FAMILIA OCHOA**

Gracias a todos y cada uno por su apoyo y hoy deseo compartir mi felicidad con ustedes que son mi familia.  
¡Gracias!

### **A MAGALY**

Demon te agradezco tu amistad, tu comprensión, tu ayuda, tu sinceridad, tu compañía, tu apoyo en los momentos difíciles, tu paciencia en todas las veces que llegué tarde, las horas de estudio, las pláticas de "trabajo" en la biblioteca y todos aquellos momentos irrepetibles que pasamos para llegar hasta este día. ¡Gracias!

**-ILEANA-**

### **A MIS PADRES IRMA Y RAÚL**

Por el cariño y paciencia que me tienen. Por ser un ejemplo de honradez y lucha. Por sus consejos y apoyo incondicional. Por su tiempo e impulso en los momentos difíciles. Por haberme brindado la oportunidad de lograr uno de mis más grandes anhelos, mi carrera profesional. ¡Gracias por ser mis papás! Los quiero mucho.

### **A MI HERMANO OMAR**

Por aguantarme todo este tiempo.  
Por hacerme perder la paciencia.  
Estoy orgullosa de ti  
¡Gracias, te quiero mucho!

### **A MI FAMILIA (abuelitos, tíos y primos)**

¡Gracias! por brindarme su amistad, apoyo y consejos.

### **A MIS AMIGOS Y PROFESORES**

Que de alguna forma han contribuido a mi formación personal y profesional.

### **A ILEANA**

China, gracias por confiar en mí para realizar conjuntamente este proyecto. Por tu amistad, cariño, paciencia, empeño, compromiso e ideas. Gracias por escucharme siempre.

**-MAGALY-**



# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Particulares	8
<b>4. GENERALIDADES</b>	<b>10</b>
4.1. Definición de frutas y hortalizas	10
4.2. Clasificación de frutas	11
4.2.1. Clasificación por su estado	11
4.2.2. Clasificación por su naturaleza	11
4.2.3. Clasificación botánica	12
4.3. Clasificación de hortalizas	18
4.3.1. Clasificación botánica	18
4.3.2. Clasificación según su parte comestible	19
4.3.3. Clasificación de acuerdo a su temperatura	20
4.3.4. Clasificación de acuerdo a su tolerancia de sales	20
4.4. Composición química de frutas	21
4.4.1. Constituyentes minerales	22
4.4.1.1. Agua	22
4.4.1.2. Sales minerales	22
4.4.2. Constituyentes orgánicos	23
4.4.2.1. Carbohidratos	23
4.4.2.2. Proteínas	27
4.4.2.3. Lípidos	27
4.4.2.4. Ácidos	28
4.4.2.5. Vitaminas	29
4.4.2.6. Pigmentos	30
4.5. Composición química de hortalizas	32
4.5.1. Carbohidratos	32
4.5.2. Proteínas	33
4.5.3. Grasa	33
4.5.4. Minerales	33
4.5.5. Vitaminas	34
4.5.6. Ácidos	35
4.5.7. Agua	36
4.6. Aporte nutrimental de frutas	37



4.7. Aporte nutrimental de hortalizas	39
4.8. Propiedades sensoriales de las frutas	42
4.8.1. Sabor	42
4.8.2. Color	42
4.8.3. Textura	43
4.8.4. Aroma	44
4.9. Propiedades sensoriales de las hortalizas	45
4.9.1. Sabor y aroma	45
4.9.2. Color	46
4.9.3. Textura	47
4.10. Métodos de conservación	48
4.10.1. Irradiación	48
4.10.2. Refrigeración	49
4.10.3. Congelación	49
4.10.4. Atmósferas Modificadas	50
4.10.5. Deshidratación	50
4.10.6. Liofilización	51
4.10.7. Enlatado	52
4.10.8. Altas Presiones	53
4.10.9. Campos Eléctricos Pulsantes de Alta Intensidad	53
4.10.10. Campos Magnéticos Oscilantes	53
4.10.11. Pulsos Luminosos	54
4.10.12. Conservación por Métodos Químicos	54
4.11. Alteración en frutas y hortalizas	58
4.11.1. Características generales de los microorganismos	58
4.11.1.1. Temperatura	58
4.11.1.2. pH	59
4.11.1.3. $a_w$	59
4.11.1.4. Oxígeno	60
4.11.2. Alteración de frutas	61
4.11.2.1. Frutas frescas	62
4.11.2.2. Frutas en trozos	63
4.11.2.3. Frutas congeladas	63
4.11.2.4. Frutas enlatadas	64
4.11.2.5. Frutas deshidratadas	64
4.11.2.6. Zumos y concentrados de frutas	65
4.11.3. Alteración de hortalizas	66
4.11.3.1. Hortalizas crudas	67
4.11.3.2. Hortalizas congeladas	68
4.11.3.3. Hortalizas enlatadas	69
4.11.3.4. Hortalizas deshidratadas	69
4.11.3.5. Hortalizas fermentadas y acidificadas	70

**5. CONTROL DE CALIDAD 72****6. MÉTODOS DE ANÁLISIS 80**



<b>7. ANÁLISIS DE FRUTAS, HORTALIZAS Y SUS DERIVADOS</b>	<b>83</b>
7.1. Análisis Químico Proximal	83
7.2. Análisis Sensorial	94
7.3. Análisis de Pesticidas	103
7.4. Análisis Microbiológico	111
7.5. Análisis de Adulteraciones	121
<b>8. DISCUSIÓN</b>	<b>123</b>
<b>9. CONCLUSIÓN</b>	<b>124</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>125</b>
Hemerografía	170
Páginas electrónicas	177
<b>ANEXO</b>	<b>181</b>
1 Medios Microbiológicos	181
2 Lista de Abreviaturas	184



## ÍNDICE DE TABLAS

No. Tabla	Nombre	Página
Tabla 1	Clasificación de las empresas procesadoras de frutas y hortalizas.	3
Tabla 2	Familias en las que se clasifican las hortalizas.	18
Tabla 3	Tolerancia de algunas hortalizas a la salinidad.	20
Tabla 4	Composición química aproximada de algunas frutas frescas	21
Tabla 5	Composición de frutas crudas.	23
Tabla 6	Contenido en azúcares de diversas frutas.	25
Tabla 7	Composición de los ácidos de las drupas y pomos.	29
Tabla 8	Composición de frutas crudas.	30
Tabla 9	Contenido en vitaminas de las hortalizas.	34
Tabla 10	Ácidos orgánicos de las hortalizas.	35
Tabla 11	Datos Nutricionales de frutas crudas.	38
Tabla 12	Datos Nutricionales de hortalizas crudas.	41
Tabla 13	Clasificación de alimentos enlatados de acuerdo a su pH.	52
Tabla 14	Productos derivados de las hortalizas.	56
Tabla 15	Productos derivados de las frutas.	57
Tabla 16	Grupos de microorganismos alterantes de los alimentos según sus temperaturas cardinales de crecimiento.	59
Tabla 17	Hongos que causan alteración en las hortalizas crudas.	67
Tabla 18	Alteración de las hortalizas causadas por bacterias.	68
Tabla 19	Diferencias entre Control de Calidad y los Sistemas de Aseguramiento de la Calidad.	74
Tabla 20	Las fracciones de Análisis Químico Proximal.	83
Tabla 21	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Frutas y Hortalizas frescas.	84
Tabla 22	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Jugos.	86
Tabla 23	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Productos Deshidratados.	86
Tabla 24	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Purés de Jitomate y Salsa Catsup.	87
Tabla 25	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Conservas, Mermeladas y Jaleas.	87
Tabla 26	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Productos Enlatados.	87
Tabla 27	Técnicas para el Análisis Químico Proximal de Productos Congelados.	88
Tabla 28	Técnicas Complementarias para el análisis de Frutas y Hortalizas frescas.	88
Tabla 29	Técnicas Complementarias para el análisis de Jugos.	91

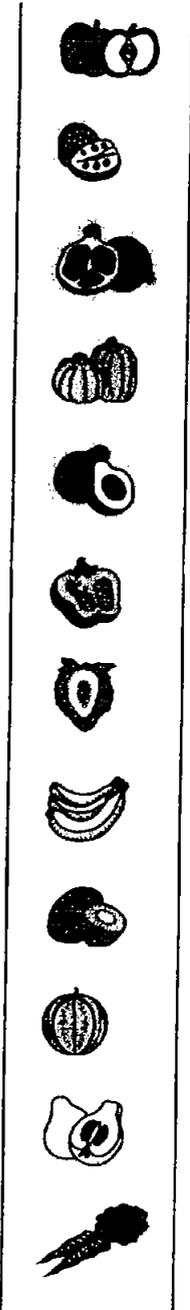


Tabla 30	Técnicas Complementarias para el análisis de Productos Deshidratados.	91
Tabla 31	Técnicas Complementarias para el análisis de Purés.	92
Tabla 32	Técnicas Complementarias para el análisis de Conservas, Mermeladas y Jaleas.	92
Tabla 33	Técnicas Complementarias para el análisis de Productos Enlatados.	93
Tabla 34	Técnicas Complementarias para el análisis de Productos Congelados.	93
Tabla 35	Análisis Subjetivos vs. Objetivos.	95
Tabla 36	Cambios en la textura de alimentos durante el almacenamiento.	99
Tabla 37	Pruebas de Textura.	101
Tabla 38	Tipos de pesticidas y sus objetivos.	103
Tabla 39	Persistencia de productos fitosanitarios en cultivos de hortalizas.	106
Tabla 40	Técnicas de análisis para pesticidas Carbamatos.	108
Tabla 41	Técnicas de análisis para pesticidas Organofosforados.	109
Tabla 42	Técnicas de análisis para pesticidas Organoclorados.	110
Tabla 43	Análisis Microbiológicos para frutas y hortalizas.	113
Tabla 44	Pruebas físicas sencillas para detectar adulteraciones.	122
Tabla 45	Técnicas para detectar adulteraciones en Jugos de frutas.	123
Tabla 46	Técnicas para detectar adulteraciones en Mermeladas y Purés.	125
Tabla 47	Comparación entre 4 métodos para el análisis de carbohidratos.	134
Tabla 48	Ventajas y desventajas de métodos utilizados para determinación de proteína.	137
Tabla 49	Ventajas y desventajas de las Pruebas Empíricas, Fundamentales e Imitativas.	143



## ÍNDICE DE FIGURAS

No. Figura	Nombre	Página
Figura 1	Frutos de avellano y de tamarindo (aquenio y vaina o legumbre)	12
Figura 2	(a) Frutos tipo drupa de los que la parte comestible es la semilla. (b) Algunos frutos de tipo drupa.	13
Figura 3	(a) Poliaquenio de la fresa. (b) Polidrupa de zarzamora y de frambuesa.	14
Figura 4	Fruto en balausta: granada roja	14
Figura 5	Variación de la intensidad respiratoria de un fruto climatérico (1) y de un fruto no climatérico (2) durante el crecimiento, la maduración y la senescencia.	17
Figura 6	Procedencia de algunas hortalizas.	19
Figura 7	Interacción entre productor y consumidor.	77
Figura 8	Tipos de análisis de frutas y hortalizas.	81



# INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas y partes de algunas plantas constituyen el alimento básico para la humanidad, desde la comunidad primitiva. En la fase temprana de la agricultura el hombre no dominaba el proceso de cocción y comía principalmente hortalizas en forma natural que formaron evidentemente la base de la alimentación junto con los granos molidos con agua. Con el invento de la preparación de la tortilla y del pan fue cuando empezó la historia de los granos, lo que dio lugar a un desplazamiento relativo de las hortalizas.<sup>45</sup>

Sin embargo, las hortalizas ya habían ganado su lugar y acompañan desde aquel entonces la comida de prácticamente todos los pueblos del mundo.<sup>45</sup>

Se estima que a nivel mundial las frutas constituyen aproximadamente el 75% del consumo total de alimentos.<sup>20</sup>

En México el consumo de plátano, manzana, naranja, limón y aguacate ocupa 2/3 del consumo total de alimentos, con un promedio de 2.4% para la población de escasos recursos económicos. Estos datos revelan la necesidad de promover un consumo más variado e incrementarlo entre la población de escasos recursos.<sup>20</sup>

De los 20 millones de hectáreas dedicadas actualmente a la agricultura en México, el 3.5% se encuentra ocupado con hortalizas, el 6.4% con frutas y alrededor del 0.02% con plantas ornamentales.<sup>20</sup>

La industria procesadora de frutas y hortalizas tiene una función importante en el sector alimentario, dado que permite la conservación de estas materias primas mediante diversos procesos de transformación.<sup>20</sup>

La industria mexicana procesadora de frutas y hortalizas tiene una producción que rebasa los 650 millones de dólares y se compone de aproximadamente 1,734 empresas localizadas en 12 estados de la República.<sup>20</sup>

De acuerdo con el catálogo de actividades económicas, las empresas procesadoras de frutas y hortalizas se agrupan en cuatro clases (tabla 1)

**Tabla 1. Clasificación de las empresas procesadoras de frutas y hortalizas.**

	<b>RAMO</b>	<b>% del TOTAL DE EMPRESAS</b>
2011	Productos deshidratados.	5.5
2012	Productos congelados, conservas, encurtidos, jugos y mermeladas.	49.0
2013	Ates, jaleas, frutas cubiertas o cristalizadas y otros dulces regionales.	37.7
2014	Salsas, sopas y otros alimentos colados y envasados.	7.8

Fuente: BOSQUEZ, Molina Elsa. Fundamentos y aplicaciones del procesamiento técnico de frutas y hortalizas. México, UAM Iztapalapa, 1999. p.p. 22.

Los productos hortofrutícolas se destinan a los mercados nacionales y a los de exportación. La oferta de hortalizas para el mercado de exportación se mantiene durante todo el año, pero es en el ciclo otoño-invierno cuando se ofrece más del volumen total anual. La industria de hortalizas frescas está concentrada en un grupo relativamente pequeño de grandes productores, localizados en el noroeste del país de donde se obtiene la mayoría de las exportaciones, siendo Sinaloa el principal exportador seguido por Baja California y Sonora.<sup>20, 128</sup>

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) ha tenido sus ganancias para productores de frutas y hortalizas mexicanos en Estados Unidos en por lo menos 10 productos que han logrado un crecimiento superior al 40 por ciento en el volumen de sus exportaciones hacia ese país.<sup>127</sup>

En hortalizas los productos que han ganado terreno desde 1994 son brócoli, pimiento morrón, espárragos, tomate fresco, calabaza y pepino, mientras que las frutas mexicanas que se han consolidado son limón, melón, sandía y mango. Destaca el jitomate, ya que México vende a Estados Unidos 670 mil toneladas y entre 1994 y 2001 las exportaciones mexicanas de este producto crecieron 80.6%.<sup>226</sup>

Las exportaciones de jugos de frutas y hortalizas ascendieron a 176.6 millones de dólares, registrando una tasa de crecimiento anual del 28.4% para el período 1993-1998.<sup>226</sup>



Destacan las exportaciones de jugo de naranja concentrado y jugos de los demás frutos con una participación promedio del 65% en las

exportaciones. El principal destino de las exportaciones es Estados Unidos (70%) y en menor grado Brasil y Francia.<sup>226</sup>

La exportación de jugos requiere del cumplimiento de cierta normatividad en cuanto a su contenido (ingredientes), grado de concentración, niveles de ciertos contaminantes, así como la información nutricional que debe contener la etiqueta del jugo en envase.<sup>226</sup>

La calidad del producto es el factor clave para exportar frutas y hortalizas, para ello se exige el cabal cumplimiento de regulaciones de higiene, tamaños, agroquímicos, entre otros.<sup>226, 228</sup>



# JUSTIFICACIÓN



## 2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los factores principales en el desempeño de una industria alimentaria es la calidad de sus productos. Existe una tendencia mundial hacia hacer más estrictas las expectativas de los clientes teniendo en cuenta la calidad y seguridad alimentaria.<sup>77</sup>

Como ya se ha mencionado, las frutas, hortalizas y sus derivados son productos que no solo se destinan al mercado interno, sino que también en los últimos años ha crecido su demanda en el mercado exterior.<sup>77</sup>

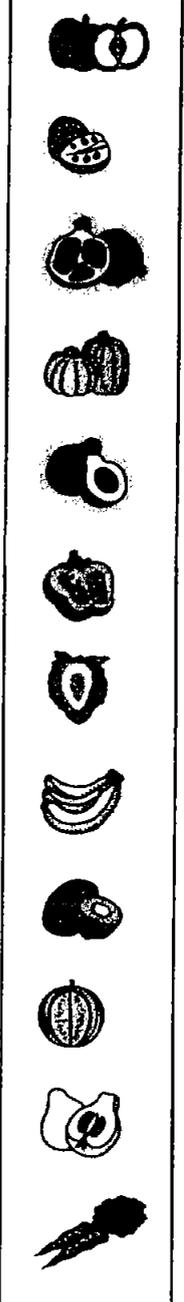
Para mantener estas exportaciones y penetrar a nuevos mercados, es necesario seguir las leyes y reglamentos nacionales e internacionales que han uniformado las exigencias de calidad e inocuidad en estos productos. A fin de controlar el cumplimiento de las normas de calidad, es necesario contar con un estricto análisis de estos productos o un Análisis de alimentos.<sup>77</sup>

El Análisis de alimentos es una rama importante de la ciencia y tecnología de alimentos, ayuda a la economía y eficiencia de la producción, manufactura y venta de alimentos, y provee información de la calidad, seguridad y valor nutricional de los alimentos para el consumidor.<sup>77</sup>

El objetivo de analizar los alimentos es disminuir los riesgos que puedan representar para los consumidores.<sup>122</sup>

El análisis de alimentos se lleva a cabo por varias razones. En laboratorios relacionados con la industria las principales razones son para el apoyo del control de calidad y monitoreo continuo de la composición de los ingredientes, materias primas y alimentos manufacturados, evaluación de productos de la competencia, y en el desarrollo de nuevos productos. En laboratorios oficiales las razones principales para el análisis de alimentos incluyen el cumplimiento de leyes, regímenes de tratados de importación/exportación y estudios de composición.<sup>77</sup>

La recopilación de la información completa y actualizada sobre las frutas, hortalizas y productos derivados de ellas para la elaboración de un manual será una herramienta para todas aquellas personas que deseen conocer las posibilidades de análisis aplicadas a las frutas y hortalizas, tanto para cumplir con normas nacionales como internacionales, como para investigación relacionada con las frutas y las hortalizas.



# OBJETIVOS



## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un manual de análisis para frutas y hortalizas, mediante investigación y recopilación de técnicas en diversas fuentes bibliográficas, para aplicarlo como una guía para personas que deseen conocer diferentes opciones de análisis en estos productos.

### **3.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Recopilar información bibliográfica, hemerográfica y en direcciones electrónicas, para conocer la situación actual de la industria frutícola y hortícola en México, así como conceptos y generalidades de las frutas y hortalizas.
2. Investigar con base en normas, libros y artículos, los diversos métodos y técnicas oficiales y no oficiales para el análisis de frutas y hortalizas, así como los productos derivados de ellas.



# GENERALIDADES



## 4. GENERALIDADES

### 4.1. DEFINICIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Existen diversas definiciones de frutas y hortalizas entre éstas:

"Las frutas son los ovarios maduros de una flor; la porción comestible de la mayoría de las frutas es la parte carmosa del pericarpio o estructura de la planta que rodea a las semillas".<sup>35, 95</sup>

Con el nombre de hortalizas se designan las partes comestibles de plantas herbáceas. Comprende aquellas partes de los vegetales que, en estado fresco, sin desecar al aire, crudas, cocidas, conservadas o preparadas de diversas formas, sin extracción de componentes esenciales, se utilizan directamente para el consumo humano.<sup>13, 118</sup>

La distinción importante entre frutas y hortalizas se realiza basándose en su utilización práctica: aquellas partes de la planta que se consumen generalmente como uno de los platos principales de una comida se consideran corrientemente como hortalizas; las que usualmente se comen solas o como postre se consideran frutas.<sup>95</sup>

En términos comunes, fruta es la porción pulposa comestible, más o menos dulce, de una planta, y en este sentido se usará el término en este trabajo.<sup>50</sup>



## 4.2. CLASIFICACIÓN DE FRUTAS

Las frutas se clasifican según su estado, naturaleza o bótánica.

### 4.2.1. POR SU ESTADO:

- **Frescas:** destinadas al consumo inmediato sin sufrir tratamiento alguno que afecte a su estado natural.<sup>13</sup>
- **Procesadas:** para aprovechar las frutas a largo plazo, es necesario transformarlas empleando diferentes métodos de conservación, tales como: irradiación, refrigeración, congelación, deshidratación, atmósferas modificadas, liofilización, enlatado, conservación por métodos químicos etc. Estos métodos consisten en cambiar la materia prima, de tal forma que los organismos putrefactores y las reacciones químicas y enzimáticas no puedan desarrollarse.<sup>108</sup>

### 4.2.2. POR SU NATURALEZA:

- **Carnosas:** aquellas cuya parte comestible posee en su composición al menos un 50% de agua, entre éstas están:<sup>13</sup>

**Baya.** Todo el pericarpio se vuelve suave y carnoso (como el tomate, el plátano, la sandía, la naranja).

**Drupa.** El exocarpio y el mesocarpio son suaves y carnosos, el endocarpio se vuelve duro y pétreo (hueso). Dentro del hueso de ordinario hay una semilla (algunas veces dos o tres) (durazno).

**Pomo.** El fruto verdadero son las paredes y los lóculos del corazón y la porción carnosa es el receptáculo y el cáliz engrosados que rodean el corazón.<sup>43</sup>

- **Secas:** aquellas cuya parte comestible posee en su composición menos de un 50% de agua (almendra, avellana, nuez, piñón).

**Frutos dehiscentes.** Se abren a lo largo de una o más juntas definidas.<sup>13</sup>

**Frutos indehiscentes.** Llegando a la madurez estos frutos no se abren por uniones o poros definidos.<sup>43</sup>



- Oleaginosas: aquellas que son empleadas para la obtención de grasa y para el consumo humano (aceituna, cacahuete, coco, girasol, ajonjolí).<sup>13</sup>

#### 4.2.3. BOTANICA:

La clasificación botánica que de los distintos frutos puede hacerse comprende una serie muy grande de tipos:

1. Frutos simples o monocárpicos: Son aquellos que provienen de una sola flor, cuyo ovario está formado de un solo carpelo.

**Aquenio.** Es un fruto seco indehiscente, que encierra una sola semilla, la cual no está soldada al pericarpio, del que se puede separar con facilidad. Ejemplo: avellano.

**Legumbre o vaina.** Es un fruto seco dehiscente que contiene varias o numerosas semillas. La dehiscencia se realiza en forma longitudinal por dos suturas, una dorsal y otra ventral, formándose dos valvas. Ejemplo: el tamarindo. (Figura 1)

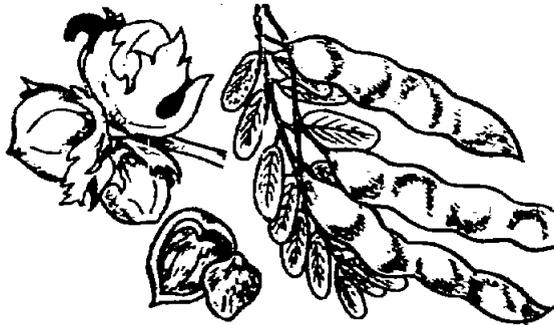


Figura 1. Frutos de avellano y de tamarindo (aquenio y vaina o legumbre)

**Drupa.** Es un fruto de mesocarpio carnoso y endocarpio duro y leñoso al que se llama hueso, el cual encierra por lo general una sola semilla, pero en ocasiones dos. En este fruto se observan con gran claridad todas las partes típicas del pericarpio. Ejemplos: durazno, ciruelo, chabacano, cerezo, mango, olivo, capulín, nogal, almendro, etc.

En estos dos últimos el mesocarpio está poco desarrollado y en la madurez se seca y se desprende dejando libre al hueso que lleva en su interior a la semilla, que es la parte comestible.<sup>24</sup> (figura 2)

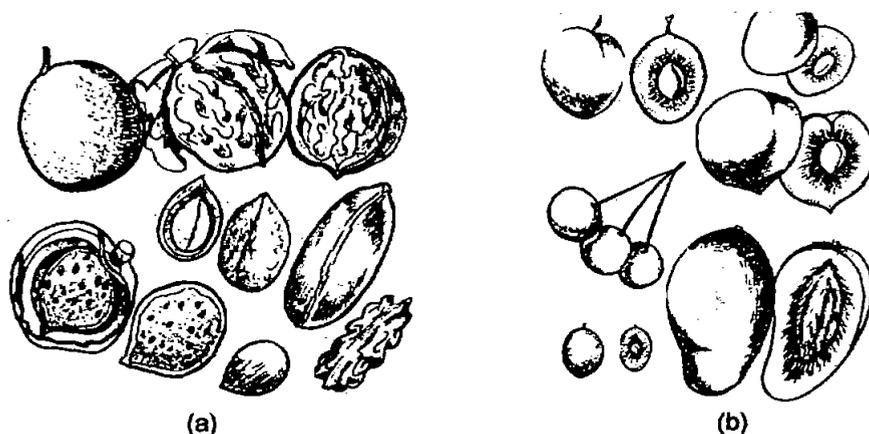


Figura 2. (a) Frutos tipo drupa de los que la parte comestible es la semilla: nogal de Castilla, nogal pecanero, pistache y almendra. (b) Algunos frutos de tipo drupa: mango, ciruela, aceituna, durazno, chabacano y cerezas.

2. Frutos agregados o múltiples. Son aquellos formados por la unión de varios frutos simples, que provienen de una misma flor y permanecen distintos y libres entre sí.

**Poliaquenio.** Es un conjunto de aquenios en número variable. Ejemplo: fresa. Este poliaquenio de la fresa recibe el nombre de eterio y está formado por muchos aquenio que se encuentran sobre un receptáculo carnoso.

**Polidrupa.** Está constituido por un conjunto de drupas sobre un receptáculo seco. Ejemplos: zarzamora y frambuesa.<sup>24</sup> (figura 3)

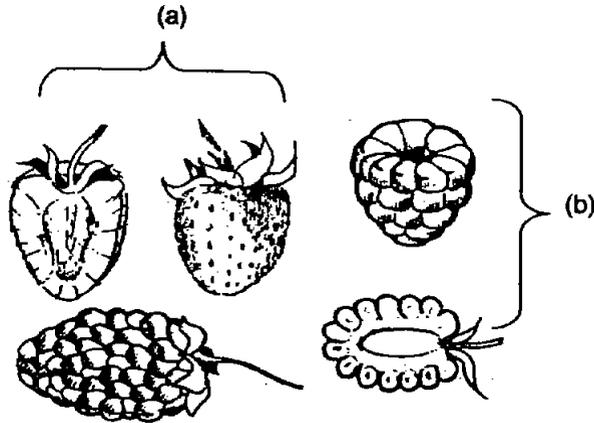


Figura 3. (a) Poliaqueno de la fresa. (b) Polidrupa de zarzamora y de frambuesa.

3. Frutos sincárpicos o soldados. Son aquellos que provienen de una sola flor que posee un ovario formado por dos o varios carpelos soldados entre sí.

**Balausta.** Es un fruto seco, con dehiscencia parcial e irregular que se produce al romperse el pericarpio coriáceo en partes no previstas. Tiene una cavidad única dividida por falsos tabiques membranosos. A ellos se encuentran adheridas las semillas, que son numerosas y se encuentran cubiertas de sacos que contienen jugo azucarado, de color rojo. Ejemplo: granado (figura 4).

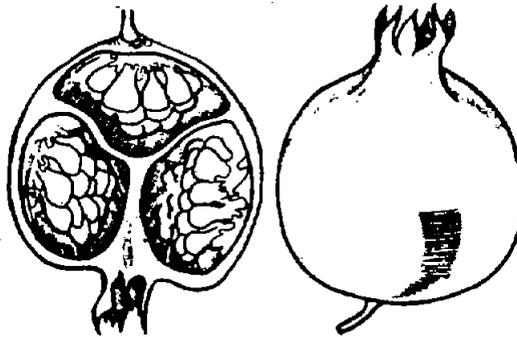


Figura 4. Fruto en balausta: granada roja



**Pomo.** Es un fruto carnoso que contiene varias semillas llamadas pepitas, las que se hallan en el interior de un endocarpio membranoso. La zona externa del fruto, la que ocupa el mayor volumen y constituye la parte comestible no proviene del ovario, sino del desarrollo del receptáculo. La parte interna del fruto, junto con las semilla, a la que se llama corazón, constituye el fruto propiamente dicho, ya que se deriva de las paredes del ovario. Ejemplos: peral, manzano y membrillo.

**Baya.** Es un fruto carnoso en el cual sólo se distingue una sola cavidad, ya que los tabiques de separación correspondientes a los carpelos desaparecen con el desarrollo y la maduración. Contiene numerosas semillas que se encuentran distribuidas en el interior o en la masa del mesocarpio, ya que no existe el endocarpio. Ejemplos: vid, nopal, guayabo, grosella, plátano, etc.

**Pepónide.** Es un fruto muy semejante a la baya, aunque generalmente de mayores dimensiones y que suele poseer un epicarpio duro que encierra una gran masa de mesocarpio en cuya parte más interna se encuentran las semillas que son muy numerosas. Ejemplos: papayo, melón y sandía.

**Hesperidio.** Es un fruto con epicarpio grueso, de consistencia blanda que posee glándulas abundantes que contienen aceites esenciales. El mesocarpio, que suele ser esponjoso, es delgado y de color claro. El endocarpio es jugoso y constituye la mayor parte del fruto, encontrándose dividido en numerosos gajos o segmentos que pueden separarse unos de otros con facilidad. En el interior de los gajos se encuentran los sacos de jugo, que se prolongan de manera filiforme desde el lugar que ocupan hasta la parte más interna del segmento, en la cual se encuentran numerosas semillas. Ejemplo: naranjo y todos los cítricos.<sup>24</sup>

4. Frutos compuestos o infrutescencias. Son aquellos que se forman a partir de ciertas inflorescencias, cuyas diversas partes florales se modifican en distintas maneras, se desarrollan conjuntamente y en forma global dan la apariencia de ser un solo fruto, aun cuando en realidad son muchos.

**Sicono.** Está formado por la reunión de numerosas aquenios de tamaño reducido que se encuentran situados en el interior de un receptáculo parcialmente hueco, carnoso, abierto al exterior únicamente por un orificio situado en la parte opuesta al pedúnculo. Ejemplo: higuera.

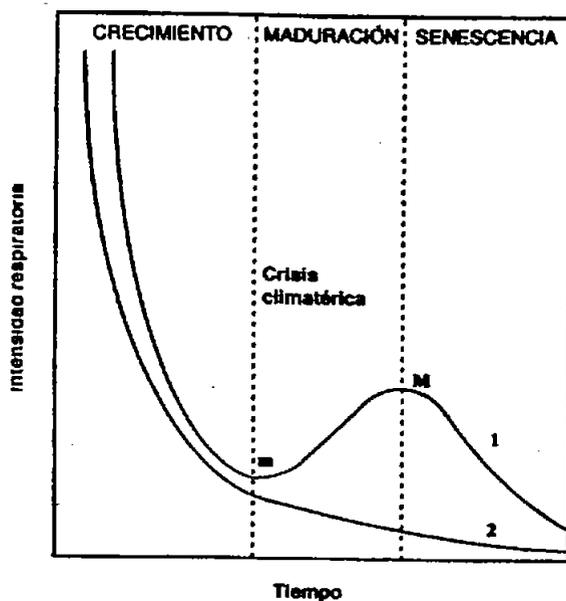


**Sorositis.** Este tipo de infrutescencia está formado por la reunión de numerosos frutos carnosos, soldados entre sí, de reducido tamaño cada uno, agrupados alrededor de un eje también carnoso. Ejemplos: piña, guanábana, chirimoya, etc.<sup>24</sup>

**5. Comportamiento climatérico.** El término climatérico es el período, en la vida de ciertas frutas, durante el cual se inician una serie de cambios bioquímicos, por la producción autocatalítica de etileno, marcando el cambio del desarrollo a la senectud, y que llevan consigo un aumento en la respiración y conducen a la maduración.<sup>7,28</sup>

**Frutos climatéricos.** Estos frutos tienen una maduración organoléptica rápida, conocida como climaterio. A veces, la respiración y la producción de calor aumentan de forma extrema, al igual que la producción de etileno, y durante este período la fruta se ablanda y desarrolla su sabor y aroma característicos. Las frutas climatéricas suelen haber almacenado almidón, aunque no siempre, y durante el climaterio estas reservas se hidrolizan y se transforman en azúcar por vía de las enzimas amilolíticas. El pico climatérico surge en la planta o bien durante la maduración, después de la cosecha. Algunas de las frutas pertenecientes a este grupo son el melocotón, manzana, pera, tomate, algunos melones, aguacate, plátano, etc.<sup>7,28</sup>

**Frutos no climatéricos.** Estos frutos no ofrecen una fase de maduración organoléptica rápida. Maduran lentamente, unidos a la planta de procedencia, y su calidad como producto comestible no mejora tras la recolección. Las frutas no climatéricas tienen una actividad respiratoria relativamente baja, que declina lentamente tras la maduración. Si se almacenan en presencia de etileno, éste sólo acentúa el proceso de senescencia, en el que se producen cambios en la coloración (de verde a amarilla), se incrementa la susceptibilidad a las enfermedades y se desarrollan aromas anómalos. Pertenecen a este grupo las uvas, cerezas, fresas, higos, piñas.<sup>7,28</sup> La figura 5 muestra las curvas clásicas de maduración de frutas climatéricas y no climatéricas.



**Figura 5.** Variación de la intensidad respiratoria de un fruto climatérico (1) y de un fruto no climatérico (2) durante el crecimiento, la maduración y la senescencia. (m, mínimo climatérico; M, máximo climatérico)



### 4.3. CLASIFICACIÓN DE HORTALIZAS

Las hortalizas se pueden reagrupar según su naturaleza botánica, sus características biológicas, por la importancia o la composición de las reservas alimenticias que poseen, por la utilización que de ellas se hace, por su aptitud para la conservación o para la transformación, etc.<sup>117</sup>

#### 4.3.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

A continuación en tabla 2 se agrupan las más importantes hortalizas según las familias a las que pertenecen:

Tabla 2. Familias en las que se clasifican las Hortalizas.

FAMILIA	HORTALIZAS
<i>Chenopodiaceae</i>	Espinaca, acelga, remolacha roja
<i>Compositae</i>	Lechuga, alcachofa
<i>Convolvulaceae</i>	Camote
<i>Cruciferae</i>	Repollo blanco, colirábano, repollo colorado, brócoli, col de bruselas, col china, coliflor, rábano, nabo.
<i>Cucurbitaceae</i>	Pepino, melón, sandía
<i>Dioscoreaceae</i>	Ñame
<i>Gramineae</i>	Maíz dulce
<i>Leguminosae</i>	Haba, frijol, chicharos, arveja, chícharo
<i>Liliaceae</i>	Espárrago, yuca, mandioca, cebolla de bulbo, ajo, cebolla de tallo, poro
<i>Umbeliferae</i>	Apio-nabo, apio blanco, zanahoria.

Fuente: SEP. Manuales para educación agropecuaria: Hortalizas. México, Ed. Trillas, 1983. p.p. 11-12



### 4.3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS HORTALIZAS SEGÚN SU PARTE COMESTIBLE

**Raíz:** Betabel, zanahoria, rábano, jicama, nabo, yuca, camote

**Tallo:** Espárrago, colinabo.

**Bulbo:** Cebolla, ajo

**Tuberculosis:** Papa

**Hojas:** Lechuga, col, espinaca, acelga, berro, cilantro, perejil, mostaza

**Flores:** Coliflor, brócoli, alcachofa

**Semillas:** Chicharo, maíz dulce, haba. <sup>107, 119, 120</sup>

En la figura 6 se esquematiza la clasificación de las hortalizas acorde a su parte comestible.

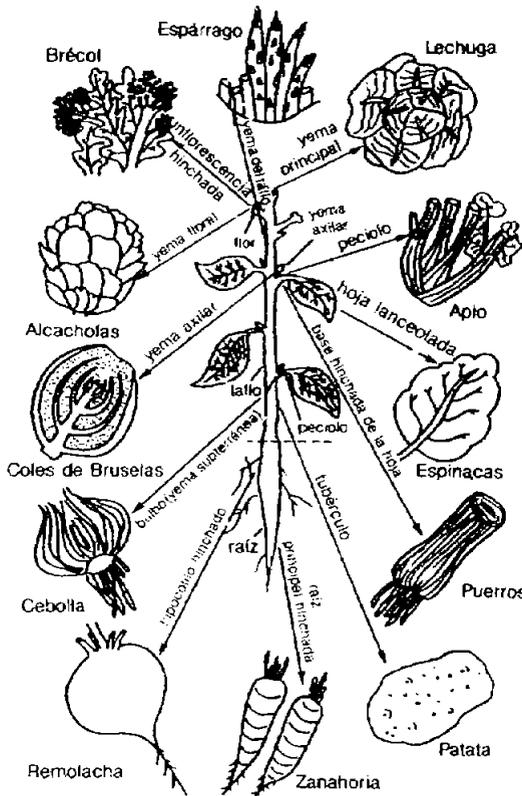


Figura 6. Procedencia de algunas hortalizas.



### 4.3.3. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU TEMPERATURA

1. Hortalizas de clima frío, cuya temperatura media mensual debe ser de 15° a 18°C. Ejemplo: cebolla, ajo, poro, zanahoria, apio, cilantro, perejil, betabel, acelga, espinaca, quelite.

2. Hortalizas de clima cálido, cuya temperatura media mensual oscila entre 18° y 30°C. Ejemplo: chícharo, jicama, papa, verdolaga, calabacita.<sup>120</sup>

### 4.3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS HORTALIZAS DE ACUERDO A LA TOLERANCIA A SALES

Los valores que se muestran en tabla 3, deben considerarse solamente como una guía, debido a los diferentes reportes que aparecen, los cuales muchas veces se contradicen. La tolerancia de dichas hortalizas a la salinidad depende del clima, condiciones de suelo y prácticas de manejo.<sup>120</sup>

Tabla 3. Tolerancia de algunas hortalizas a la salinidad.

<b>ALTA</b> (7680 ppm a 6400 ppm)	<b>MEDIANA</b> (6400 ppm a 2560 ppm)	<b>BAJA</b> (2560 ppm a 640 ppm)
Betabel Espárrago Espinaca	Brócoli Col Coliflor Papa Zanahoria Cebolla	Rábano Apio Nabo

Fuente: VALADEZ LÓPEZ, A. Producción de Hortalizas. México, Ed. Limusa, 1994. p.p. 39.



## 4.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FRUTAS

Las características y propiedades de las frutas dependen, en gran parte, de su composición química. Los componentes fundamentales son azúcares, polisacáridos y ácidos orgánicos, mientras que los compuestos nitrogenados y los lípidos son escasos. Además, algunos componentes secundarios poseen gran importancia debido a su valor sensorial (pigmentos y compuestos aromáticos) y a su valor nutritivo (vitaminas y minerales).<sup>18,54</sup>

En la tabla 4 se muestra la composición química de algunas frutas.

**Tabla 4.** Composición química aproximada de algunas frutas frescas (en % del peso fresco de la porción comestible)

	AGUA	PROTEÍNA	CARBOHIDRATOS	LÍPIDOS	FIBRA
<b>Albaricoque</b>	87.6	0.8	9.5	Tr	2.1
<b>Cereza</b>	83.7	0.8	13.5	0.5	1.5
<b>Ciruela</b>	86.3	0.6	11	Tr	2.2
<b>Fresa</b>	89.6	0.7	7	0.5	2.2
<b>Higo</b>	80.3	1.2	16	Tr	2.5
<b>Limón</b>	98.4	0.3	1.3	Tr	0
<b>Mandarina</b>	88.3	0.8	9	Tr	1.9
<b>Manzana</b>	85.7	0.3	12	Tr	2
<b>Melocotón</b>	89	0.6	9	Tr	1.4
<b>Melón</b>	92.4	0.6	6	Tr	1
<b>Naranja</b>	88.6	0.8	8.6	Tr	2
<b>Pera</b>	86.7	0.4	10.6	Tr	2.3
<b>Piña</b>	86.8	0.5	11.5	Tr	1.2
<b>Plátano</b>	75.1	1.2	20	0.3	3.4
<b>Sandía</b>	94.6	0.4	4.5	Tr	0.5
<b>Uva</b>	82.3	0.6	16.1	Tr	0.9

Nota: Tr = trazas

Fuente: ASTIASARÁN, Iciar. Alimentos. Composición y Propiedades. España, Ed. McGraw-Hill, 2000. p.p. 193.

Los elementos constituyentes de la fruta se pueden dividir en dos grandes grupos: constituyentes minerales y constituyentes orgánicos.



#### 4.4.1. CONSTITUYENTES MINERALES

Proporcionan el medio de sostén de todos los constituyentes del fruto.

##### 4.4.1.1. AGUA

La importancia admitida por este constituyente mineral tiene fundamento al ser el medio que permite englobar en solución otras sustancias, como azúcares, taninos, pigmentos, sales minerales, ácidos y otras. El contenido en agua de una determinada fruta varía en razón de diferencias estructurales. Puede verse afectado también por las condiciones de cultivo, que influyen en la diferenciación estructural. El porcentaje medio de agua en el fruto suele oscilar entre valores de 75-95%, variando según su estado de desarrollo y, lógicamente, según las especies y variedades.<sup>7, 54</sup>

##### 4.4.1.2. SALES MINERALES

Las frutas contienen diversos elementos minerales esenciales (tabla 5), aunque las hortalizas son mucho más ricas en minerales que las frutas. El mineral más abundante es el potasio y se halla combinado con varios ácidos orgánicos.<sup>7</sup>

El contenido mineral suele variar considerablemente con el área en que la fruta se ha cultivado. El calcio se halla siempre en las sustancias pécticas de la pared celular de las frutas; el magnesio en las moléculas de clorofila y el fósforo puede jugar un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos. En general, los elementos minerales contribuyen de una manera destacada a la calidad de las frutas y derivados de las mismas. Por ejemplo, el calcio puede influir en la textura y en la vida útil de las frutas.<sup>7</sup>

En la tabla 5 se muestra la composición mineral de algunas frutas.



**Tabla 5. Composición de frutas crudas**  
(100 gramos de ración comestible).

	<b>CALCIO (mg)</b>	<b>FÓSFORO (mg)</b>	<b>HIERRO (mg)</b>
<b>Manzanas</b>	7	10	0.3
<b>Albaricoque</b>	17	23	0.5
<b>Plátano</b>	8	26	0.7
<b>Toronja</b>	16	16	0.4
<b>Limón</b>	26	16	0.6
<b>Melón</b>	14	16	0.4
<b>Naranja</b>	41	20	0.4
<b>Durazno</b>	9	19	0.5
<b>Pera</b>	8	11	0.3
<b>Fresa</b>	21	21	1.0

Fuente: CHARLEY, Helen. Tecnología de Alimentos. México, Ed. Limusa, 1999. p.p. 649.

#### **4.4.2. CONSTITUYENTES ORGÁNICOS**

La proporción en que estos constituyentes se encuentran en el fruto oscila entre el 10 y el 15%. Este grupo acoge los carbohidratos, las proteínas, los lípidos, los ácidos, las vitaminas y los pigmentos.<sup>54</sup>

##### **4.4.2.1. CARBOHIDRATOS**

Son los elementos componentes del fruto más importantes debido a la gran influencia que tienen sobre las propiedades organolépticas.<sup>54</sup>

Los azúcares propios de cada fruto son variables en función de la especie, el desarrollo de la fruta y el estado de madurez.<sup>54</sup>

Los carbohidratos no siempre permanecen en una proporción constante en el fruto, sino que se encuentran en continua evolución, degradándose y formando nuevos productos, ya que constituyen la principal fuente de energía para el desarrollo del fruto.<sup>54</sup>



Los azúcares aumentan en proporción a medida que avanza el estado de maduración. En el caso de la sacarosa, siempre va en aumento hasta el punto de recolección, una vez cortado el vínculo con el árbol, la sacarosa experimenta un tenue aumento para luego ir decreciendo paulatinamente hasta la práctica desaparición.<sup>54</sup>

El azúcar que incide más directamente sobre la propiedad organoléptica del sabor del fruto es la sacarosa, la presencia máxima de este azúcar se sitúa en el momento de plena madurez fisiológica.<sup>54</sup>

### Monosacáridos

Además de glucosa y fructosa, cuya concentración puede ser muy diferente de unas especies a otras, existen en las frutas otros monosacáridos presentes sólo en cantidades traza. En las primeras semanas del crecimiento de los frutos la concentración de glucosa es mayor que la de fructosa, pero más tarde la glucosa apenas varía, mientras que la fructosa aumenta constantemente, incluso después de la recolección.<sup>18, 96</sup>

En general, en las frutas con hueso es mayor la proporción de glucosa que la de fructosa. Esta relación se invierte en el caso de las frutas tipo pomo, como las manzanas o las peras. Otros monosacáridos (galactosa, arabinosa y xilosa) se encuentran en cantidades mínimas en algunas frutas, como los cítricos. La galactosa es el azúcar presente en mayor cantidad en naranja, nectarina y plátano. La arabinosa, siempre se encuentra en pequeñas cantidades en pera, nectarina y melocotón.<sup>13, 185</sup>

### Oligosacáridos

La sacarosa es el oligosacárido dominante en las frutas, como se muestra en la tabla 6. En los melocotones, las nectarinas y los albaricoques, el azúcar principal es la sacarosa. Existen algunos otros disacáridos, que no poseen importancia cuantitativa. La maltosa se presenta en pequeñas cantidades en uva, plátanos y guayabas. En la uva se ha demostrado también la existencia de milibiosa, rafinosa y estaquiosa. Los demás oligosacáridos sólo se encuentran como trazas. La proporción de azúcares reductores a sacarosa puede ser muy variable. Ciertas especies de frutas no contienen sacarosa (ej. cerezas, uvas, higos), mientras en algunas otras, por el contrario, existen concentraciones superiores a la suma de los azúcares reductores presentes (por ejemplo, albaricoque, melocotón, piña).<sup>7, 18</sup>



**Tabla 6. Contenido en azúcares de diversas frutas**  
(en % de la porción comestible).

	GLUCOSA	FRUCTOSA	SACAROSA
Manzana	1.8	5.0	2.4
Pera	2.2	6.0	1.1
Albaricoque	1.9	0.4	4.4
Cereza	5.5	6.1	0.0
Melocotón	1.5	0.9	6.7
Ciruela	3.5	1.3	1.5
Zarzamora	3.2	2.9	0.2
Fresa	2.6	2.3	1.3
Grosella roja	2.3	1.0	0.2
Frambuesa	2.3	2.4	1.0
Uva	8.2	8.0	0.0
Naranja	2.4	2.4	4.7
Toronja	2.0	1.2	2.1
Limón	0.5	0.9	0.2
Piña	2.3	1.4	7.9
Plátano	5.8	3.8	6.6
Dátil	32.0	23.7	8.2
Higo	5.5	4.0	0.0

Fuente: BELITZ, H.D. Química de los Alimentos. 2ª Ed, España, Ed. Acribia, 1997. p.p. 873.

### Azúcares-alcohol

El D-glucitol (sorbitol) es especialmente abundante en las frutas de la familia de las Rosacea (pomos, drupas), en las ciruelas y las peras se encuentran en cantidades relativamente elevadas, de conocido efecto laxante. Otras frutas, tales como las bayas, cítricos, piña o plátano, no contienen sorbitol, la determinación de éste puede ser importante en la caracterización e identificación de vinos y otros derivados de frutas.<sup>13, 18</sup>



## Polisacáridos

La celulosa, la hemicelulosa y las sustancias pécticas son los componentes esenciales de la pared celular de las frutas.<sup>7</sup>

**Hemicelulosas.** Junto con la celulosa y las pectinas son los principales componentes de las paredes de los frutos. La hemicelulosa más representativa de las peras es la xilosa.<sup>54</sup>

La fibra dietética está constituida, por definición, por las sustancias estructurales de las células vegetales que resisten el ataque de las enzimas digestivas. De ella forman parte los polisacáridos estructurales de la pared celular. Las frutas con un menor contenido en agua, o cuya porción comestible contiene semillas, ofrecen valores de fibra dietética elevados.<sup>13</sup>

**Pectinas.** Se encuentran, principalmente, constituyendo las paredes celulares y espacios intercelulares. Son de una gran importancia en lo que se refiere a textura y a la turgencia de los frutos. En la maduración de éstos las sustancias pécticas experimentan cambios drásticos. De todos los polisacáridos, la fracción péctica es la que mayores modificaciones sufre a lo largo de la maduración; la disminución de las pectinas insolubles viene acompañada del incremento de las solubles. El contenido total en pectinas puede disminuir; esto se debe a que uno de los cambios que se producen durante la maduración es el reblandecimiento de los tejidos, como consecuencia de la degradación de la pared celular. En este reblandecimiento tiene lugar el descenso del contenido de polisacáridos pécticos unidos a la pared y el consiguiente aumento de poliurónicos solubles.<sup>18, 54, 185</sup>

**Almidón.** Si en un principio, en el fruto, el contenido de almidón es elevado no podemos decir lo mismo cuando adquieren la madurez de consumo, ya que en ese momento es prácticamente nula. Se ha degradado y se ha ido simplificando, obteniendo otros azúcares, como disacáridos y trisacáridos. El valor máximo se alcanza durante el periodo de crecimiento. Como regla general, se puede destacar que las variedades que alcanzan máximos bajos de almidón maduran antes que las de máximos más altos. En las manzanas y las peras, en estado de madurez, el almidón está presente sólo en cantidades traza.<sup>54</sup>



#### 4.4.2.2. PROTEÍNAS

Las frutas contienen cantidades relativamente pequeñas de proteínas, suficientes para los procesos vitales de la planta, pero no suficientes para constituir un aporte importante a las necesidades diarias del cuerpo humano.<sup>27</sup>

La mayor parte de esta fracción proteica está constituida por enzimas que regulan tanto el metabolismo de los carbohidratos como el de los lípidos y proteínas, además de estar presentes como reguladores de otros ciclos.<sup>13</sup>

Las proteínas de las frutas están compuestas por aminoácidos, diez de los cuales se clasifican como esenciales para la dieta humana. El contenido en proteínas de las frutas frescas se calcula multiplicando el nitrógeno total por el factor 6.25. Esta cifra se basa en el supuesto de que las proteínas contienen alrededor de un 16% de nitrógeno y que todo el nitrógeno se halla formando parte de proteínas; evidentemente, este criterio no tienen en cuenta otras sustancias nitrogenadas simples, que pueden encontrarse en la fruta. En los cítricos, los tomates y las fresas, abundan sustancias nitrogenadas simples, como la asparagina y la glutamina y los ácidos aspártico y glutámico. En las manzanas y las peras, abunda la asparagina y las naranjas son ricas en prolina.<sup>7</sup>

La concentración en nitrógeno es alta en los frutos jóvenes y disminuye paulatinamente en los frutos maduros, pero la cantidad total de nitrógeno por fruto es cada vez mayor, a medida que aumenta el peso del mismo.<sup>96</sup>

#### 4.4.2.3. LÍPIDOS

Los lípidos del fruto se concentran en las semillas y en la cutícula. Estos son insolubles en agua y se hallan ubicados en la membrana protoplasmática. Entre los ácidos grasos, los más abundantes son el palmítico, el oleico y el linoleico. Sólo los frutos secos contienen cantidades importantes de lípidos, además de las semillas de las frutas tipo drupa o pomo, cuyo aceite tiene cierto interés desde el punto de vista industrial.<sup>13, 54</sup>



Los lípidos más conocidos y estudiados son los que se encuentran en la cutícula que cubre la epidermis de los pomos. Pueden ser de dos tipos: ceras y cutinas.<sup>54</sup>

**Cera.** Las ceras son monoalcoholes de cadena larga, contienen hidrocarburos (parafinas y olefinas), ácidos grasos (normales, hidroxiácidos, etilénicos), cetonas y alcoholes (primario y secundarios), aldehídos, etc. Todos ellos son de peso molecular elevado y son repelentes del agua. El interés de las ceras que recubren la epidermis de los frutos (sobre todo de las manzanas) reside en el control de la transpiración de los frutos y en la protección que ofrecen frente a los agentes atmosféricos y al ataque de insectos y parásitos.<sup>56</sup>

**Cutina.** La cutina se forma con intervención de oxidasas por polimerización de ácidos grasos, que se unen mediante esterificación entre la función ácido y la función alcohol.<sup>54</sup>

#### 4.4.2.4. ÁCIDOS

Desempeñan un rol importante en la vida de los frutos, siendo un factor de resistencia contra los hongos (cambian el medio favorable para el desarrollo del patógeno), y también contribuyen a desarrollar la calidad gustativa y nutricional (ácido ascórbico y ácido málico).<sup>27, 54</sup>

La juventud del fruto está caracterizada por un enriquecimiento progresivo de los ácidos. La maduración, en cambio, es una fase de empobrecimiento de los ácidos. Es esta transformación la que es responsable de la disminución del sabor ácido a lo largo de la maduración. Los ácidos comunes en las frutas son el cítrico, en alta concentración en las frutas cítricas y el ácido principal en los tomates; el málico, el ácido principal en las manzanas y duraznos; los ácidos málico y tartárico en las uvas; y cítrico y málico en la piña.<sup>27, 54</sup> La tabla 7 muestra la composición de los ácidos de ciertas frutas.

Según el estado de maduración, al efectuarse un análisis, los ácidos orgánicos presentan una composición muy diferente. En manzanas, el ácido málico representa el 87% del total de los ácidos dos meses antes de la recolección, pero al recolectarlos no supera el 16% de los ácidos totales. Al ácido cítrico le sucede el fenómeno inverso, ya que dos meses antes de la recolección se encuentra en un 3% del total de los ácidos y un 60% durante la recolecta. Podemos generalizar asegurando que los ácidos alcanzan un máximo y luego disminuyen progresivamente hasta la recolección.<sup>54</sup>



Entre las frutas, las limas y los limones tienen el pH más bajo con un pH de 2.0 a 2.2. Dentro del pH de 3.0 a 3.4 se encuentran las grosellas rojas, ciruelas, manzanas, toronja, chabacanos, zarzamoras y fresas. El pH promedio de los duraznos, frambuesas, naranjas y peras, cae dentro del límite de 3.5 a 3.9. El pH de los plátanos es en promedio de 4.6 y el de los higos es mayor que el de la mayoría de las frutas, excepto la sandía con un pH cercano a 6.<sup>27</sup>

Tabla 7. Composición de los ácidos de las drupas y pomos.

	ACIDO MÁLICO (por 100)	ACIDO CÍTRICO (por 100)	ACIDO QUÍNICO (por 100)
<b>Melocotones</b>	20-94	12-36	16-40
<b>Albaricoque</b>	50-90	10-50	3
<b>Ciruelas</b>	Hasta 90	Hasta 2.5	Hasta 25
<b>Cerezas</b>	Hasta 95	Hasta 2.0	1-2
<b>Manzanas</b>	80-90	10	Hasta 30
<b>Peras</b>	30	60	
<b>Fresas</b>	10	70-90	

Fuente: PRIMO YUFERA, E. Química Agrícola III. Alimentos. España, Ed. Alhambra, 1987. p.p. 252.

#### 4.4.2.5. VITAMINAS

La fruta es fundamental para un aporte de vitaminas en la dieta humana. Las vitaminas más importantes de los frutos son la C y la A. Su contenido es muy variable ya sea por especies, o bien entre variedades. En la tabla 8 se muestra el contenido de vitaminas de algunas frutas.<sup>54</sup>

En el melocotón existe un gradiente del contenido de vitamina C que va desde la piel (parte más rica) hasta la zona carnosa próxima al hueso (zona más pobre). En manzanas el contenido de vitamina C en la piel es superior que el de la pulpa. En peras, la diferencia en vitamina C es más tangible al final de la maduración. En las peras y manzanas la cantidad máxima de vitamina C se forma en la primera fase para luego ir decreciendo paulatinamente.<sup>54</sup>

En algunas frutas (albaricoques, cítricos, higos, etc.) existen vitaminas del grupo B, como biotina y ácido pantoténico. Las vitaminas B<sub>12</sub>, D y los tocoferoles están prácticamente ausentes. En general, son más ricas en vitaminas las variedades coloreadas, las frutas de verano y las frutas expuestas al sol.<sup>1</sup>



**Tabla 8. Composición de frutas crudas  
(100 gramos de ración comestible).**

	Valor de VITAMINA A (U.I.)	TIAMINA (mg)	RIBOFLAVINA (mg)	NIACINA (mg)	ÁCIDO ASCÓRBICO (mg)
<b>Manzana</b>	90	0.03	0.02	0.1	7
<b>Albaricoque</b>	2700	0.03	0.04	0.6	10
<b>Plátano</b>	190	0.05	0.06	0.7	10
<b>Toronja</b>	80	0.04	0.02	0.2	38
<b>Limón</b>	20	0.04	0.02	0.1	53
<b>Melón</b>	3400	0.04	0.03	0.6	33
<b>Naranja</b>	200	0.1	0.04	0.4	50
<b>Durazno</b>	1330	0.02	0.05	0	7
<b>Pera</b>	20	0.02	0.04	0.1	4
<b>Fresa</b>	60	0.03	0.07	0.6	59

Nota: U.I. = unidades internacionales

Fuente: CHARLEY, H. Tecnología de Alimentos. México, Ed. Limusa, 1999.  
p.p. 649.

#### **4.4.2.6. PIGMENTOS**

Son los componentes responsables de la coloración de los frutos. El color constituye uno de los factores organolépticos más atractivos de la fruta y los causantes de este carácter son la clorofila, los flavonoides (antocianinas y flavonoles) y carotenoides. La clorofila verde y los carotenoides amarillos se encuentran en los plástidos de las células, disueltos en la grasa. Los pigmentos flavonoides son solubles en agua y se encuentran en la savia celular, no en los plástidos.<sup>27, 54</sup>

**Clorofila.** La clorofila es el único pigmento en los frutos jóvenes. A medida que la fruta madura, la clorofila se degrada y desaparece formándose los carotenoides y los flavonoides propios de cada especie, siendo ésta la consecuencia directa del cambio del color. Cuando se alcanza la madurez, la clorofila desaparece casi por completo en los melocotones, cerezas y fresas, pero no así de algunas variedades de manzanas, peras y ciruelas, a las que proporciona un color verde característico, que enmascara la presencia de otros pigmentos.<sup>54, 96</sup>



**Antocianinas.** Son constituidas por mono y diglicósidos de una antocianidina. Las antocianinas individuales pueden ser rojas, púrpuras o azules. El color depende de los grupos particulares unidos a la estructura básica y a la posición del carbón al que se unen. Las más importantes son cloruros de pelargonidina, de cianidina, de delphinidina. Dan coloraciones rojizas, moradas o azules.<sup>7, 54</sup>

Las antocianinas se hallan disueltas en el jugo celular, aunque también pueden encontrarse en la piel del fruto. La glucosa, la ramnosa, la galactosa, la arabinosa son los azúcares más frecuentes que forman parte de las antocianinas.<sup>54</sup>

**Leucoantocianidas.** Están íntimamente relacionados con las antocianinas. Normalmente son incoloros, pero pueden llegar a degradar formando compuestos, que proporcionen color rojizo o rosado. Son más abundantes en la piel que en la porción carnosa. Proporcionan astringencia a las frutas que lo contienen.<sup>54</sup>

**Flavonoles.** Son de color amarillo, pero participan muy poco en la coloración amarilla. Se encuentran en forma de glucósidos.<sup>54</sup>

**Carotenoides.** Son los responsables del color rojo y amarillo en las frutas. El melocotón y los albaricoques son ricos en carotenoides. En las frutas coexisten los carotenos, los hidrocarburos y sus derivados oxigenados, las xantofilas. Éstas últimas se encuentran en forma libre, como ésteres, o combinados con azúcares o proteínas. Los carotenoides son más abundantes en la piel de la fruta que en la parte carnosa.<sup>54, 96</sup>



## 4.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HORTALIZAS

La composición química de las hortalizas es variable de unas especies a otras. Sin embargo, como grupo, cabe hacer algunas consideraciones generales, que se exponen a continuación.<sup>96</sup>

### 4.5.1. CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son el mayor porcentaje del peso seco del material vegetal. Los carbohidratos están presentes en formas simples y complejas.<sup>119</sup>

Los azúcares que predominan en las hortalizas son la glucosa y la fructosa (0.3-4%) así como la sacarosa (0.1-12%). Existen en pequeñas cantidades otros azúcares por ejemplo apiosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa.<sup>18</sup>

Los carbohidratos complejos o polisacáridos son sintetizados a partir de monosacáridos e incluyen especialmente celulosa y almidón.<sup>119</sup>

**ALMIDÓN** se halla ampliamente distribuido como carbohidrato de reserva, encontrándose en grandes cantidades en algunas raíces y tubérculos.<sup>18</sup>

**CELULOSA** es una fibra insoluble en agua que proporciona la estructura a las paredes celulares. Los enlaces moleculares entre las unidades de glucosa que constituyen la celulosa son  $\beta$ -1,4; por lo tanto, permanece indigerible por el hombre.<sup>119</sup>

**HEMICELULOSA** es una fibra que proporciona estructura en las paredes celulares, y la mayor parte es insoluble.<sup>119</sup>

**LIGNINA** es un material que no es un carbohidrato que está en el complejo vascular y el tejido de soporte. Las ligninas son polímeros de elevado peso molecular, que mantienen la rigidez de la célula y la protegen frente a la degradación bacteriana.<sup>119, 203</sup>



#### 4.5.2. PROTEÍNAS

La fracción proteica se compone en su mayor parte de enzimas, que en la manipulación y preparación de las hortalizas pueden jugar un papel positivo o negativo. Participan en la formación de los aromas y son responsables de la producción de aromas no deseados, alteraciones en tejido y modificaciones del color.<sup>18</sup>

Entre las enzimas presentes en las hortalizas cabe citar:

- Oxidorreductasas, como lipoxigenasas, polifenoloxidasas y peroxidasas
- Hidrolasas, tales como glucosidasas, estererasas y proteasas
- Transferasas, como las transaminasas
- Liasas, como el ácido glutámico descarboxilasas, allinasa
- Ligasas, como la glutamina sintetasa.<sup>13</sup>

#### 4.5.3. GRASA

El contenido lipídico de hortalizas es muy bajo, del orden de 0.1-0.9%. Además de los triacilglicéridos existen glico y fosfolípidos.<sup>117</sup>

#### 4.5.4. MINERALES

Las hortalizas pueden aportar numerosos iones minerales necesarios para el mantenimiento de la salud. Pero la absorción de las sales minerales está influenciada por diferentes sustancias orgánicas: la del hierro está favorecida por la vitamina C, la del calcio por la vitamina D; la de diversos minerales puede ser inhibida por ciertas fibras y por diversos componentes de los vegetales, tales como los fitatos y oxalatos.<sup>117</sup>



#### 4.5.5. VITAMINAS

Las hortalizas constituyen una importante fuente de vitaminas en la dieta normal (tabla 9). Destacan, en ellas, la vitamina C y las del grupo B, entre las hidrosolubles, y las vitaminas A y K, entre las liposolubles.<sup>96</sup>

La vitamina C se encuentra en cantidades importantes en casi todas las hortalizas. Ricas en vitaminas A son todas las hortalizas que contienen carotenoides con funciones de provitamina A. Fuentes importantes de vitamina K son las espinacas y las coles.<sup>96</sup>

Tabla 9. Contenido en vitaminas de las hortalizas (mg/100 g peso fresco)

	ÁCIDO ASCÓRBICO	TIAMINA	RIBOFLAVINA	ÁCIDO NICOTÍNICO	ÁCIDO FÓLICO
Alcachofas	12	0.08	0.05	1.0	
Berenjenas	5	0.05	0.05	0.6	
Coliflor	78	0.11	0.010	0.7	0.02
Brócoli	113	0.10	0.23	0.9	
Col	16	0.16	0.26	2.1	
Pepino	11	0.03	0.04	0.2	0.02
Lechuga	10	0.06	0.09	0.4	
Zanahoria	8	0.06	0.05	0.6	
Pimiento	128	0.08	0.08	0.5	
Poro	17	0.11	0.06	0.5	
Rábano	26	0.03	0.03	0.3	
Col de Bruselas	102	0.10	0.16	0.9	
Remolacha roja	10	0.03	0.05	0.4	
Apio	8	0.05	0.06	0.7	
Espárragos	33	0.18	0.20	1.5	
Espinacas	51	0.10	0.20	0.6	0.08

Fuente: BELITZ, H. Química de los Alimentos. 2ª Ed España, Ed. Acribia, 1997. p.p. 846.



#### 4.5.6. ÁCIDOS

Las hortalizas contienen, en términos generales, una escasa proporción de ácidos libres, encontrándose en su mayoría en forma de sales, lo que repercute en el pH, que oscila entre 5.5 y 7, es decir, son menos ácidas que las frutas.<sup>96</sup>

Los ácidos predominantes son el cítrico y el málico. El ácido oxálico se presenta en algunas hortalizas en grandes cantidades. Tal como se muestra en la tabla 10.<sup>18, 96</sup>

Tabla 10. Ácidos orgánicos de las hortalizas (mg/100 g de tejido fresco)

	ÁCIDO MÁLICO	ÁCIDO CÍTRICO	ÁCIDO OXÁLICO
Alcachofas	170	100	
Coliflor	390	210	
Ejotes	112	34	20-45
Brócoli	120	210	
Chicharos	75	142	
Col	50	350	13-125
Zanahoria	240	90	0-60
Poro		59	0-89
Rulbarbo	910	137	230-500
Col de bruselas	200	240	37
Remolacha roja		110	30-138
Acedera			360
Col	100	140	
Cebolla	170	20	

Fuente: BELITZ, H.D. Química de los Alimentos. 2ª Ed., España, Ed. Acribia, 1997, p.p. 841.

La relación entre la proporción de azúcares, expresada en grados Brix, y la acidez, expresada en porcentaje de ácido cítrico, es un índice de la madurez del fruto, ya que los primeros aumentan y la acidez disminuye en el proceso de maduración; este índice guarda una estrecha relación con el sabor y la aceptación organoléptica.<sup>96</sup>



### 4.5.7. AGUA

El agua se encuentra en las paredes de las células vegetales, en las células y entre las células. Algunas de las funciones del agua en el material vegetal son transportar nutrientes, promover las reacciones químicas y proporcionar a las plantas una textura crujiente si las membranas celulares están intactas.<sup>119</sup>



## 4.6. APORTE NUTRIMENTAL DE FRUTAS

Las frutas han sido una fuente importante de nutrimentos para los hombres, sin embargo no se puede vivir de frutas solamente.<sup>102</sup>

La importancia de la fruta radica en su contenido en sustancias específicas, que no pretenden cubrir las necesidades de todos los nutrimentos principales de nuestra alimentación, sino actuar en mayor medida en lugares periféricos y funciones de nuestro aparato digestivo. Estas sustancias son sobretodo ácidos orgánicos, fibra dietética (celulosas, pectinas) y sustancias aromatizantes.<sup>124</sup>

La contribución de la fruta a las necesidades proteínicas es mínima.<sup>7</sup>

El contenido de proteínas de la mayoría de las frutas varía aproximadamente de 0.5 a 1.0%, las cuales son más funcionales (ejemplo: proteínas globulares como enzimas), que una proteína de almacenamiento.<sup>102</sup>

No constituyen tampoco fuentes ricas en calcio, tiamina o riboflavina. Algunas frutas son particularmente ricas en hierro, en caroteno y en ácido ascórbico. La vitamina C (ácido ascórbico) es el constituyente más importante de la dieta humana requerida para prevenir desórdenes como el escorbuto, y algunas frutas como los cítricos son fuente de ésta.<sup>7, 80, 102</sup>

Las sustancias aromáticas son las principales responsables de la activación de los jugos digestivos.<sup>124</sup>

La celulosa, hemicelulosa, componentes pécticos y lignina (polímero de alcoholes aromáticos unido por unidades propil) juntos forman la fibra dietética que conducen, por adsorción de agua, al llenado continuo del intestino y con ello inducen un movimiento peristáltico normal. Muchas enfermedades de los hombres han sido atribuidas a la escasez de fibra en la dieta humana, incluyendo constipación y cáncer de colon.<sup>102, 124</sup>

Los ácidos orgánicos de las frutas tienen una acción bactericida y liberadora de calcio.<sup>124</sup>

A continuación se presenta la tabla 11 con los datos nutricionales de diferentes frutas:



**Tabla 11. Datos Nutricionales de Frutas crudas.**

Nutriente	Calorías	Cal. de grasa	Grasa total	Sodio	Potasio	Carbohidratos totales	Fibra dietética	Azúcares	Proteína	Vitamina A	Vitamina C	Calcio	Hierro
	(g)	(mg)	(mg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(VD)	(VD)	(VD)	(VD)
Frutas, ración (pesc en gramos, peso en onzas)	(g)	(mg)	(mg)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(VD)	(VD)	(VD)	(VD)
<b>Cerezas, 21 cerezas; 1 taza (140g/5.0 oz)</b>	90	0	0.5	0	300	22	3	19	2	2	15	2	2
			1	0	9	7	12						
<b>Ciruelas, 2 medianas (132 g/4.7 oz)</b>	80	10	1	0	220	19	2	10	1	6	20	0	0
			2	0	6	6	8						
<b>Fresas, 8 medianas (147g/5.3 oz)</b>	45	0	0	0	270	12	4	8	1	0	160	2	4
			0	0	8	4	16						
<b>Kiwi, 2 medianos (148 g/2.4 oz)</b>	100	10	1	0	480	24	4	16	2	2	240	6	4
			2	0	14	8	16						
<b>Lima, 1 mediana (67 g/2.4 oz)</b>	20	0	0	0	75	7	2	0	0	0	35	0	0
			0	0	2	2	8						
<b>Limón, 1 mediano (58 g/2.1 oz)</b>	15	0	0	5	90	5	1	1	0	0	40	2	0
			0	0	3	2	4						
<b>Manzana, 1 mediana (154 g/5.5 oz)</b>	80	0	0	0	170	22	5	16	0	2	8	0	2
			0	0	5	7	20						
<b>Melocotón, 1 mediano (98 g/3.5 oz)</b>	40	0	0	0	190	10	2	9	1	2	10	0	0
			0	0	5	3	8						
<b>Melón, 1/10 de uno mediano (134 g/4.8 oz)</b>	50	0	0	35	310	13	1	12	1	2	45	0	2
			0	1	9	4	4						
<b>Naranja, 1 mediana (154 g/5.5oz)</b>	70	0	0	0	260	27	7	14	1	2	130	6	2
			0	0	7	7	28						
<b>Nectarina, 1 mediana (140 g/5.0 oz)</b>	70	0	0.2	0	300	16	2	12	1	4	15	0	2
			1	0	9	5	8						
<b>Pera, 1 mediana (166 g/5.9 oz)</b>	100	10	1	0	210	25	4	17	1	0	10	2	0
			2	0	6	8	16						
<b>Piña, 2 rodaja, 3" diámetro ¼" grosor (112 g/4 oz)</b>	60	0	0	10	115	16	1	13	1	0	25	2	2
			0	0	3	5	4						
<b>Plátano, 1 mediano (126g/4.5 oz)</b>	110	0	0	0	400	29	4	21	1	0	15	0	2
			0	0	11	10	16						
<b>Pomelo, ½ de uno mediano (154 g/5.3 oz)</b>	60	0	0	0	230	16	6	10	1	15	110	2	0
			0	0	7	5	24						
<b>Sandía, 1/18 de una mediana; 2 tazas (280 /10.0oz)</b>	90	10	1	0	270	24	1	23	1	2	25	2	2
			2	0	8	8	4						
<b>Uvas, 1½ taza (138 g/4.9 oz)</b>	80	0	0	10	230	27	2	25	1	20	25	2	4
			0	0	7	9	8						

Fuente: VACLAVIK, A.V. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos. España, Ed. Acibia, 2002. p.p. 123.



## 4.7. APORTE NUTRIMENTAL DE HORTALIZAS

La contribución nutrimental de las diferentes hortalizas es suficientemente variada, que es adecuado servir una variedad de éstas para garantizar que todos los nutrimentos necesarios que pertenecen a la categoría de hortalizas, se incluyan en la dieta. La mayoría de las hortalizas son una importante fuente de minerales, vitaminas, y celulosa, y ciertas hortalizas como las papas contribuyen con cantidades apreciables de almidón. En la tabla 12 se presentan los datos nutricionales de las hortalizas.<sup>80</sup>

El agua es el componente más abundante en los vegetales, la mayoría de ellos contienen más de 80%, y algunas hortalizas como la lechuga y espinacas contienen hasta 95% de agua. Los carbohidratos son el siguiente grupo más abundante con el 2 a 40% del tejido vegetal. La mayoría de las hortalizas tienen cerca de 2% de proteína, y algunas, como frijoles, chícharos, lentejas, son ricas fuentes de proteína. Los lípidos comprenden menos de 1% (0.1 a 0.3%) en la mayoría de las hortalizas y son asociadas con capas cuticulares protectoras en la superficie del producto y con membranas celulares.<sup>103</sup>

El calcio y el hierro son dos minerales que se encuentran en cantidades significativas en hortalizas. Mientras que las hortalizas de hojas verdes son fuentes de calcio, fósforo y hierro; las papas y cebollas contienen una apreciable cantidad de fósforo. Los vegetales ayudan a satisfacer las necesidades del cuerpo de sodio, cloruro, cobalto, cobre, magnesio, manganeso, fósforo, y potasio.<sup>80, 103</sup>

El organismo no puede utilizar todos los minerales contenidos en las hortalizas. Los minerales están tan unidos al tejido celular que no se pueden liberar en el transcurso de una digestión normal. El hierro de la carne sólo se absorbe aproximadamente un 23% y de los productos vegetales solo entre un 3 y un 8%.<sup>124</sup>

Los carotenos (precursores de vitamina A) y ácido ascórbico son abundantes en muchos vegetales; pero la vitamina D es notablemente baja. Las hortalizas de color naranja y los de hojas verdes son excelentes fuentes de carotenos. Los vegetales de hojas también son buenas fuentes de ácido ascórbico.<sup>80</sup>

Una porción sustancial de los carbohidratos en las hortalizas están presentes como fibra dietética en la forma de celulosa, hemicelulosa, sustancia péctica y lignina. No es digerida y pasa a través del sistema intestinal, pues el hombre no tiene la capacidad de secretar las enzimas digestivas necesarias



para romper los complejos de polímeros en unidades simples para ser absorbidas. Muy poca celulosa es digerida por el cuerpo, pero la celulosa provee la fibra necesaria para promover la movilidad del alimento a través de los intestinos. También conviene destacar que consumiendo algunas variedades de hortalizas especiales, como ajo, cebolla, rábano se ingieren pequeñas cantidades de sustancias inhibidoras de infecciones.<sup>80, 103, 124</sup>



**Tabla 12. Datos Nutricionales de Hortalizas crudas**

Nutriente	Calorías	Cal. de grasa	Grasa total	Sodio	Potasio	Carbohidratos totales	Fibra dietética	Azúcares	Proteína	Vitamina A	Vitamina C	Calcio	Hierro	%valor diario del nutriente
														(g)
Hortalizas, ración base en gramos/ peso en onzas														
VD														
<b>Aguacate, California, 1/2 de uno mediano (30g/1.1oz)</b>	55	45	5 8	0 0	170 5	3 1	3 12	0	1	0	4	0	0	
<b>Aplo, 2 tallos medianos (110g/3.9 oz)</b>	20	0	0 0	100 4	350 10	5 2	2 8	0	1	2	15	4	2	
<b>Batata, mediana (130g/4.6 oz)</b>	130	0	0 0	45 2	350 10	33 11	4 16	7	2	440	30	2	2	
<b>Brócoli, 1 mediano (148g/5.3 oz)</b>	45	0	0.5 1	55 2	540 15	8 3	5 20	3	5	15	220	6	6	
<b>Calabazas, 1/2 de una mediana (98 g/3.5 oz)</b>	20	0	0 0	0 0	260 7	4 1	2 8	2	1	6	30	2	2	
<b>Cebolla, 1 mediana (148g/5.3 oz)</b>	60	0	0 0	5 0	240 7	14 5	3 12	9	2	0	20	4	2	
<b>Col verde, 1/12 de una mediana (64 g/3.0 oz)</b>	25	0	0 0	20 1	190 5	5 2	2 8	3	1	0	70	4	2	
<b>Coliflor, 1/6 de una mediano (99 g/3.5 oz)</b>	25	0	0 0	30 1	270 80	5 2	2 8	2	2	0	100	2	2	
<b>Espárragos, 5 piezas (93 g/3.3 oz)</b>	25	0	0 0	0 0	230 7	4 1	2 8	2	2	10	15	2	2	
<b>Ejotes, cortados 1/4 de taza (83 g/3.0 oz)</b>	25	0	0 0	0 0	200 6	5 2	3 12	2	1	4	10	4	2	
<b>Lechuga larga, cortada 1 1/2 de taza (85 g/3.0 oz)</b>	15	0	0 0	30 1	230 7	4 1	2 8	2	1	40	6	4	0	
<b>Maíz, granos de mazorca mediana (90g/ 3.2oz)</b>	80	10	1 2	0 0	240 7	18 6	3 12	5	3	2	10	0	2	
<b>Papa, 1 mediana (148 g/5.3 oz)</b>	100	0	0 0	0 0	720 21	26 9	3 12	3	4	0	45	2	6	
<b>Pepino, 1/3 de uno mediano (99 g/3.5 oz)</b>	15	0	0 0	0 0	170 5	3 1	1 4	2	1	4	10	2	2	
<b>Pimiento redondo, 1 mediano (148 g/5.3 oz)</b>	30	0	0 0	0 0	270 8	7 2	2 8	4	1	8	190	2	2	
<b>Rábanos, 7 rábanos (85 g/3.0 oz)</b>	15	0	0 0	25 1	230 7	3 1	0 0	2	1	0	30	2	0	
<b>Tomate, 1 mediano (148g /5.3oz)</b>	35	0	0.5 1	5 0	360 10	7 2	1 4	4	1	20	40	2	2	
<b>Zanahoria, 7" longitud, 1 1/4" diámetro (78 g/2.8 oz)</b>	35	0	0 0	40 2	280 8	8 3	2 8	5	1	270	10	2	0	

Fuente: VACLAVIK, A.V. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos. España, Ed. Acibía, 2002. p.p. 122.



## 4.8. PROPIEDADES SENSORIALES DE LAS FRUTAS

### 4.8.1. SABOR

Son varios los grupos de compuestos químicos que contribuyen de un modo importante a definir el sabor característico de las frutas. En parte se debe a una mezcla compleja de productos volátiles y aceites esenciales, muchos de los cuales están presentes en cantidades extremadamente pequeñas.<sup>13, 39</sup>

Los ácidos orgánicos habituales (cítrico, málico, quínico y láctico) son los responsables del sabor ácido y de las propiedades amortiguadoras de la sed que tienen las bebidas no alcohólicas derivadas de la fruta. Sin embargo, en las fracciones volátiles de las frutas sólo hay dos ácidos, el fórmico y el acético. Los carbonilos también contribuyen de modo significativo al aroma y sabor de la mayor parte de las frutas y tienen gran importancia en ciertos casos. Pero al parecer son los ésteres los componentes naturales más importante de los sabores de las frutas; las distintas frutas difieren muy considerablemente en esta fracción, que es característica de cada tipo de fruta.<sup>13</sup>

La sensación de astringencia de algunas frutas la proporcionan ciertos compuestos fenólicos, como los taninos, las saponinas, la naringina y la hesperidina que se encuentran en ciertos frutos, aunque es más común en frutos no maduros como en los plátanos. La pérdida eventual de la astringencia durante la maduración se piensa que se debe a su conversión en alguna forma insoluble. El sabor dulce y el cuerpo se deben a la presencia de azúcares, mientras que el sabor amargo se asocia a la presencia de triterpenoides.<sup>13, 39</sup>

### 4.8.2. COLOR

El desarrollo de la senescencia en las plantas va acompañado de cierto número de cambios fisiológicos y químicos, entre los cuales el más obvio y significativo es la pérdida del color verde. Esto envuelve la degradación de la clorofila, resultando en la exposición de los carotenoides que dan el característico color amarillo, síntoma de senescencia. Los colores rojos también son observados, debido a la formación de antocianinas, como en ciertas variedades de manzanas, o a la presencia de licopeno en jitomate.<sup>39</sup>



Estos cambios de color toman lugar inmediatamente después del pico climatérico, durante la maduración del fruto, y también va acompañado de cambios de textura.<sup>39</sup>

La coloración de las frutas verdes se debe a la clorofila; los colores rojos y amarillos de los cítricos, melocotones y albaricoques y de la pulpa de muchas frutas se deben principalmente a los carotenoides, y los colores rojos y azulados de ciruelas, fresas, cerezas, manzanas y de las variedades <<sanguinas>> de los cítricos se deben a las antocianinas.<sup>13</sup>

### 4.8.3. TEXTURA

La textura y la consistencia de las frutas se debe, por una parte, al contenido en agua, retenida por ósmosis en las células, y al contenido en geles de almidón y geles de pectinas. En frutas frescas (no procesadas), la estructura de la pared celular se mantiene por la turgencia natural de los tejidos y por la interacción del calcio con el ácido péctico para formar pectato de calcio. La deficiencia de calcio puede resultar en desórdenes fisiológicos, como sabor amargo en manzanas.<sup>13,23</sup>

Las frutas son consumidas principalmente cuando están maduras y próximas a la senescencia. En esta etapa la lignina está ausente normalmente de la parte comestible de las frutas. Los cambios de textura ocurren cuando las frutas maduran, como en las hortalizas, excepto que mientras las frutas maduran, éstas se vuelven menos firmes, suaves y jugosas.<sup>92</sup>

Otra característica importante de frutas no procesadas a menudo es la jugosidad, que depende de la cantidad de savia celular liberada durante la fractura.<sup>101</sup>

La harinosidad en las manzanas está correlacionado con el aumento de pectinas solubles en agua y el descenso de las pectinas insolubles durante la maduración; y la esponjosidad se relaciona con la presencia de grandes espacios de aire intercelulares constituyendo del 20% al 30% del volumen del tejido.<sup>101</sup>



#### 4.8.4. AROMA

Es un factor organoléptico a considerar en la composición del fruto, causa de una compleja mezcla de elementos volátiles. Normalmente suelen estar en pequeñas cantidades, aunque se presentan muchos elementos que forman una unidad.<sup>54</sup>

El aroma generalmente es mejor cuando la fruta se encuentra en el momento cumbre de la madurez y antes de que empiece a envejecer. La mayoría de las frutas, excepto los plátanos y las peras que se benefician con el almacenamiento en frío y por un tiempo breve antes de completar su maduración, son de mayor calidad cuando se cosechan en esta etapa.<sup>27</sup>



## 4.9. PROPIEDADES SENSORIALES DE LAS HORTALIZAS

En general, la preferencia del consumidor medio por un tipo de hortaliza u otro, dependerá con mayor probabilidad de su sabor, aroma y olor. El gusto y aroma contribuyen al sabor, y ambas cualidades están tan relacionadas entre sí, que resulta difícil distinguirlas o definir las. Todas ellas tienen origen químico, ya que están causadas por la presencia en las hortalizas de compuestos específicos.<sup>13</sup>

### 4.9.1. SABOR Y AROMA

Las hortalizas, en general, no tienen olores y sabores tan agradables y marcados como las frutas; sin embargo, aunque menos intensos que los de aquellas, son igualmente distintivos. Los compuestos responsables de ellos son, esencialmente, ésteres, cetonas, alcoholes y aldehídos. En ciertos casos también se detectan terpenos y en algunas hortalizas dominan los sulfuros y sulfóxidos complejos.<sup>13</sup>

El origen básico del sabor de las hortalizas puede considerarse que proviene de componentes como los carbohidratos, particularmente los monosacáridos y disacáridos; proteínas, particularmente los aminoácidos libres, y lípidos, triglicéridos o sus derivados, así como las vitaminas y minerales. Estos componentes son producidos a través de actividades metabólicas fotosintéticas ocurridas en las plantas.<sup>125</sup>

Aunque el contenido de lípidos es bajo, su metabolismo parece ser importante en el desarrollo del sabor durante el almacenamiento. Las enzimas más importantes son la lipoxigenasa y las hidrolasas acilipolíticas, y productos volátiles.<sup>125</sup>

Muchos de los olores menos atractivos y específicos de algunas hortalizas se deben a compuestos de azufre. La col, las coles de Bruselas y la coliflor deben su olor a un grupo de compuestos azufrados que se conocen como isotiocianatos o aceites de mostaza. En las hortalizas crudas e íntegras, estos compuestos de olor desagradable están unidos al azúcar, y de esa manera se hacen inodoros. Cuando los tejidos de las plantas son dañados por el corte, el magullamiento o la masticación, una enzima cataliza el desdoblamiento de los compuestos complejos que contienen azufre y se liberan los isotiocianatos de olor picante.<sup>13</sup>



Los olores y sabores así producidos varían en intensidad desde el olor acre de la semilla triturada de mostaza hasta el olor relativamente suave de la col picada o desmenuzada. Cuando las hortalizas del tipo de la col se cuecen en agua hirviendo, se desdoblán los complejos compuestos del azufre y se combinan con otros materiales vegetales, produciéndose entonces nuevos compuestos de azufre con un fuerte olor, que incluyen el gas sulfuro de hidrógeno.<sup>13</sup>

El ajo, la cebolla, el poro y las cebollinas deben sus olores y sabores similares, pero diferentes, a la presencia de compuestos de azufre. Estas hortalizas contienen un compuesto derivado de la cisteína que es inodoro mientras se encuentra en los tejidos de la planta; sin embargo, cuando las células se rompen por trituración, este compuesto se transforma enzimáticamente en otros compuestos de azufre, algunos de los cuales tienen un olor penetrante, y otros son lacrimógenos.<sup>13</sup>

## 4.9.2. COLOR

El color constituye una de las cualidades sensoriales más apreciables a simple vista, y en consecuencia tiene un papel muy importante en las características de calidad de las hortalizas.<sup>13</sup>

El color de las hortalizas varía bastante de unas a otras, y en él tienen gran importancia, sobre todo, tres tipos de compuestos, que forman parte de su composición química: las clorofilas, responsables de los colores verdes; los carotenoides, que proporcionan los colores amarillo, anaranjado y rojo; y la antocianina, con colores rojo, púrpura y azulado; menos frecuentes son las betalainas, que proporcionan colores violetas o amarillos.<sup>13</sup>

Estos compuestos, con el transcurso del tiempo, y como consecuencia de los tratamientos culinarios y tecnológicos a los que se someten las hortalizas, sufren cambios que originan modificaciones en las cualidades de color características de cada hortaliza.<sup>13</sup>



### 4.9.3. TEXTURA

La textura es una cualidad sensorial muy importante en las hortalizas, hasta el punto de que una textura firme se considera índice de frescura y factor determinante de su aceptabilidad, principalmente en aquellas hortalizas que están destinadas a ser consumidas en crudo, como por ejemplo el apio y la lechuga.<sup>13</sup>

La mayoría de las hortalizas, mientras maduran, se vuelven menos succulentas, menos suaves, y más fibrosas. Las células de las paredes se vuelven más gruesas y la lignina se acumula, principalmente en el tejido vascular. Las células lignificadas en las hortalizas que están cerca de la madurez le dan una calidad leñosa a los tejidos que los hace incomibles. La fibrosidad del corazón de las zanahorias, del betabel (remolacha), y de las hojas de espinaca es debido a la presencia de cantidades apreciables de lignina.<sup>92</sup>



## 4.10. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

La escasa capacidad de conservación de la mayor parte de las frutas y hortalizas y la necesidad de distribuir a lo largo del tiempo la abundancia de ellas en el momento de la recolección ha llevado al desarrollo de una serie de procedimientos para conseguir productos con una vida útil más o menos larga.<sup>18</sup> Entre estos procedimientos se encuentran la irradiación, refrigeración, congelación, deshidratación, atmósferas modificadas, liofilización, enlatado, altas presiones, campos eléctricos pulsantes de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes, pulsos luminosos y conservación por métodos químicos.

### 4.10.1. IRRADIACIÓN

La irradiación de alimentos es el tratamiento del producto mediante un determinado tipo de radiación. El proceso consiste en exponer los alimentos durante un tiempo determinado a una cantidad controlada de radiación ionizante, caracterizada por poseer un alto contenido de energía y gran poder de penetración.<sup>3</sup>

Las fuentes posibles de radiación aplicables a los alimentos son:

- a) Rayos Gamma: producidos por la desintegración de isótopos radiactivos. Los rayos gamma emitidos son de elevada energía y capaces de penetrar en los alimentos a una profundidad de 20 a 40 cm.
- b) Aparatos de rayos X: de gran poder de penetración, pero poco económicos para ser aplicados a procesos agroalimentarios.
- c) Aparatos de electrones: con una capacidad de penetración de aproximadamente 2,5 centímetros.<sup>3</sup>

Los iones radioactivos producidos por la irradiación de los alimentos dañan o destruyen a los microorganismos de forma inmediata ya que cambian la estructura de la membrana celular y afectan a sus actividades enzimáticas y metabólicas.<sup>40</sup>

En la mayoría de las hortalizas, el tratamiento experimental con rayos gamma para inactivar los microorganismos que las pudren tras su almacenamiento ha dado lugar a modificaciones de su color, a su ablandamiento y a otras alteraciones. La irradiación se ha empleado con buenos resultados para retardar la aparición de los grillones en las papas, y la germinación de las cebollas y de los ajos, así como para interrumpir el ciclo reproductor de los insectos en las hortalizas.<sup>42</sup>



## 4.10.2. REFRIGERACIÓN

El objetivo general de la refrigeración de los alimentos es incrementar su vida útil y en consecuencia incrementar sus posibilidades de conservación.<sup>25</sup>

Con la refrigeración de las frutas y hortalizas se consigue aminorar drásticamente:

- su intensidad respiratoria
- sus pérdidas de peso por transpiración
- su producción de etileno
- el desarrollo de microorganismos.<sup>30</sup>

La mayoría de las hortalizas que se van a conservar sin emplear ningún tratamiento especial, se enfrían enseguida y se mantienen a temperaturas de refrigeración. Su enfriamiento se consigue empleando agua fría, hielo o refrigeración mecánica o por medio de refrigeración al vacío.<sup>42</sup>

## 4.10.3. CONGELACIÓN

Se entiende por congelación de los alimentos el mantenimiento de los mismos a temperaturas inferiores a su punto de congelación (en frutas y hortalizas oscilan entre  $-0.3$  y  $-3^{\circ}\text{C}$ ). Durante el periodo de conservación la temperatura ha de mantenerse uniforme, y no debe de aumentarse por encima de  $-18^{\circ}\text{C}$ .<sup>163</sup>

La conservación de los alimentos por congelación depende esencialmente de dos factores: (a) por debajo de  $-8^{\circ}\text{C}$  los microorganismos no se multiplican, (b) por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$  van desapareciendo las reacciones bioquímicas; cuanto más baja es la temperatura menores son las reacciones de alteración.<sup>57</sup>

Son importantes los aspectos físicos de la congelación. Están implicadas al menos tres fases: (1) enfriamiento del producto hasta la temperatura de congelación, (2) congelación del producto y (3) enfriamiento del producto hasta la temperatura de almacenamiento. Las características de las hortalizas (tales como tamaño, estructura interna, grosor de las membranas celulares), influirán también sobre los patrones de congelación.<sup>8, 57</sup>



En cuanto a los cambios químicos que tienen lugar durante el proceso de congelación son una serie de reacciones químicas, bioquímicas y/o enzimáticas. Los sabores y olores extraños provienen en gran medida de la oxidación enzimática de los lípidos así como de la acumulación en los tejidos de etanol y otras sustancias volátiles procedentes de la glicólisis. En lo que concierne al color, hay que decir que los vegetales congelados sufren modificaciones del color a causa de la alteración de los pigmentos naturales, clorofilas y carotenoides y al desarrollo de pardeamientos enzimáticos. La vitamina C experimenta autooxidación durante el proceso de congelación por acción de la ascórbio-oxidasa, proceso que se ve acelerado al aumentar el pH del producto y en el caso de usar envases permeables al oxígeno.<sup>163</sup>

#### 4.10.4. ATMÓSFERAS MODIFICADAS

Las atmósferas controladas (AC) y las atmósferas modificadas (AM), consisten en la extracción o adición de gases que proporcionan una composición atmosférica en el entorno del producto diferente a la del aire (78.08% de N<sub>2</sub>, 20.95% de O<sub>2</sub> y 0.03% de CO<sub>2</sub>). Esto permite la conservación de productos frescos, manteniendo sus cualidades organolépticas, evitando su degradación y aumentando su periodo de conservación.<sup>183, 204</sup>

Ambos tipos de tratamientos difieren, únicamente, en el nivel de control. La atmósfera controlada consiste en modificar intencionalmente el entorno gaseoso natural del producto, manteniendo unas determinadas concentraciones durante todo el periodo de conservación. En la atmósfera modificada no se produce un control externo de la composición gaseosa que rodea al vegetal, sino que la atmósfera creada depende de un equilibrio dinámico entre la actividad metabólica del producto y la permeabilidad del plástico activada.<sup>204</sup>

#### 4.10.5. DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es una de las técnicas más antiguas utilizada para la conservación de alimentos. Las frutas son productos a los que se han aplicado diferentes técnicas de deshidratación. Existe una gran variedad de frutas escarichadas, confitadas o simplemente secas que pueden ser consumidas directamente o utilizadas en la fabricación de otros productos más elaborados.<sup>150</sup>



La deshidratación significa eliminación del agua de un producto alimenticio hasta un nivel en el que el producto desecado es estable durante largos periodos de tiempo. La deshidratación al igual que la congelación, es básicamente un proceso que inhibe el crecimiento microbiano, pero no destruye los microorganismos.<sup>57</sup>

Consiste básicamente en la disminución de  $a_w$  hasta niveles que no son soportables por los microorganismos vegetativos. La  $a_w$  mínima aproximada para el crecimiento de los principales grupos alterantes de m.o. es de 0.90 para la mayoría de las bacterias, de 0.88 para la mayoría de las levaduras y de 0.80 para la mayoría de los mohos.<sup>126</sup>

El éxito de cualquier operación de deshidratación depende de la eliminación de suficiente humedad del alimento, hasta el punto en el cual la concentración de los sólidos disueltos en el producto sea tan alta, 70% o más, que la presión osmótica prevendrá el crecimiento de microorganismos.<sup>8, 30</sup>

En la deshidratación de productos vegetales, la temperatura no debe ser superior a 65°C si se quieren evitar reacciones adversas, ya que el calentamiento causa oscurecimiento (incluyendo la reacción de Maillard), pero conforme el agua es removida la velocidad de la reacción disminuye. La velocidad del oscurecimiento es mayor cuando la humedad es de 15-20%, mientras que a 1-2% de humedad el producto se mantiene estable aún a altas temperaturas.<sup>8, 17</sup>

#### 4.10.6. LIOFILIZACIÓN

Es un proceso de secado cuyo principio consiste en sublimar el hielo de un producto congelado. El agua del producto pasa, por tanto, directamente del estado sólido al estado de vapor, sin pasar por el estado líquido.<sup>25</sup>

La liofilización presenta una serie de ventajas frente a otras técnicas de secado, en particular la estructura original del alimento se mantiene mejor y la retención de aromas y nutrientes es excelente, pero el producto no es protegido de la oxidación de lípidos; aunque los productos son altamente permeables a los gases. La textura es aceptable, especialmente con vegetales. Los alimentos liofilizados pueden ser almacenados a temperatura ambiente durante largos periodos y su rehidratación es fácil.<sup>17, 25</sup>

Así se han producido polvos de distintas hortalizas que se utilizan para la elaboración de sopas, zumos de frutas, e incluso carnes y pescados han sido sometidos al proceso de liofilización. También se liofilizan frutas como las fresas, que son blandas, frágiles y con colores y sabores delicados.



Las fresas deshidratadas por cualquier otro procedimiento, cuando se reconstituyen tienen la apariencia de una mermelada.<sup>25, 163</sup>

#### 4.10.7. ENLATADO

En el proceso normal de enlatado se envasa alimento no estéril y se cierran los recipientes antes de la aplicación del proceso térmico. A fin de extraer los gases, las latas pueden ser llenados calientes o ser calentados inmediatamente antes del sellado. Alternativamente, el sellado puede ser efectuado a vacío, o el aire puede ser removido por vapor. El enlatado da la ventaja de reducir oxidaciones y preservar la vitamina C.<sup>8, 17</sup>

La temperatura necesaria para esterilizar diferentes productos varía. Los productos que son difíciles de esterilizar son ácidos y generalmente altos en proteína.<sup>30</sup>

Como la acidez es un factor importante en la determinación de la cuantía del proceso térmico necesario para alcanzar la esterilidad comercial, los alimentos enlatados se han clasificado según su pH (tabla 13).<sup>8</sup>

Tabla 13. Clasificación de alimentos enlatados de acuerdo a su pH

Grupo	pH
1. Acidez baja	5.0 y superior
2. Acidez media	4.5 a 5.0
3. Ácido	3.7 a 4.5
4. Acidez baja	3.7 e inferior

Fuente: ARTHEY, David y DENNIS, Colin. *Procesado de Hortalizas*. España, Ed. Acribia, 1992. p.p. 79

Para aquellos que tienen un pH superior a 4.5 es necesario un proceso relativamente más intenso, con temperaturas de 116° a 130°C durante diversos tiempos. Los productos más fáciles de tratar son las hortalizas en salmuera y las frutas en almíbar, siendo estos los que necesitan tratamientos más cortos aunque existan diferencias en razón a la acidez del producto. Los jugos de fruta son esterilizados comercialmente en rangos de temperatura de 65-85°C, temperaturas más altas afectan el sabor.<sup>30, 57</sup>



#### 4.10.8. ALTAS PRESIONES

La aplicación de altas presiones hidrostáticas al procesamiento de alimentos, consiste en someter el producto a presiones comprendidas entre 4 000 y 9 000 bar. A estas presiones se inactivan bacterias y ciertas enzimas, pero no se afecta al sabor y aroma del alimento. Dado que la presión es uniforme en todo el producto, su conservación es también uniforme y ninguna parte del mismo escapa a dicha conservación.<sup>25</sup>

#### 4.10.9 CAMPOS ELÉCTRICOS PULSANTES DE ALTA INTENSIDAD

El campo eléctrico se aplica a los alimentos fluidos en forma de pulsos cortos con una duración de pulso entre unos pocos microsegundos y milisegundos. Los alimentos pueden ser procesados a temperatura ambiente o a temperaturas de refrigeración. Con el tratamiento con campos eléctricos pulsantes, el alimento se procesa durante un periodo de tiempo corto y la pérdida de energía debida al calentamiento de los alimentos es mínima.<sup>25</sup>

En la inactivación microbiana por campos eléctricos pulsantes de alta intensidad el blanco principal es la membrana celular que al someterla a campos eléctricos de alta intensidad se hace permeable formando huecos o poros cuyo tamaño se incrementa a medida que aumenta la intensidad del campo eléctrico.<sup>225</sup>

Se ha reportado que las poblaciones de *E. Coli* O157:H7, *Listeria spp.* y *Salmonella spp.* se han logrado disminuir hasta en más de 7 ciclos logarítmicos.<sup>251</sup>

Esta tecnología tiene un futuro promisorio para aplicarse en el procesamiento de alimentos dado que conserva las propiedades sensoriales del alimento.<sup>251</sup>

#### 4.10.10. CAMPOS MAGNÉTICOS OSCILANTES

Los campos magnéticos influyen en la dirección de migración y alteran el crecimiento y reproducción de los microorganismos. Los campos magnéticos incrementan la síntesis de ADN, cambian la orientación de las biomoléculas y biomembranas hacia una dirección paralela o perpendicular al campo magnético aplicado.<sup>25</sup>



Las ventajas tecnológicas de la inactivación microbiana con campos magnéticos oscilantes incluyen:

- a) desnaturalización térmica mínima de las propiedades nutricionales y organolépticas,
- b) exigencias reducidas de energía para un procesado adecuado y
- c) tratamiento potencial del alimento en un envase flexible para prevenir la contaminación posterior.<sup>25</sup>

#### 4.10.11. PULSOS LUMINOSOS

Otro tratamiento no térmico para la conservación de alimentos implica el uso de pulsos intensos de corta duración de luz "blanca" de ancho espectro. Esta tecnología es aplicable principalmente a la reducción de la población microbiana de la superficie de los materiales de envasado, de los equipos de envasado y de procesado, de los alimentos, así como en muchas otras superficies.<sup>25</sup>

Varios microorganismos, incluyendo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*, se inactivan utilizando entre 1 y 35 pulsos luminosos con un rango de intensidad entre 1 y 12 Jcm<sup>-2</sup>.<sup>25</sup>

En hortalizas y frutas, tales como papas, plátanos, manzanas, que presentan un pardeamiento enzimático, causado por la enzima polifenol oxidasa y sustratos flavonoides, los pulsos luminosos inactivan la citada enzima, evitando así su pardeamiento.<sup>25</sup>

#### 4.10.12. CONSERVACIÓN POR MÉTODOS QUÍMICOS

##### Frutas

Un producto que puede utilizarse para este fin es el azúcar. El principio de esta técnica de conservación se basa en la adición de grandes cantidades de azúcar que disminuye la actividad acuosa y aumenta la presión osmótica, de tal manera que es difícil que se produzcan alteraciones microbianas. Entre los productos azucarados comunes se encuentran las jaleas, mermeladas, ates y frutos en almibar. En mermeladas y jaleas la  $a_w$  se reduce hasta 0,80 o menos.<sup>7,29</sup>



## Hortalizas

Para las hortalizas los dos métodos más comunes son el salado y el encurtido. El salado de los vegetales es un procedimiento relativamente simple, barato y aceptable cuando no se pueden conservar por desecación industrial. La conservación con sal es un procedimiento de preparación previa de los vegetales que se preparan por encurtido, o un método de conservación definitivo y puede hacerse por salado en seco o por salmuera. El efecto básico de la sal como conservador reside en la posibilidad de inhibir el desarrollo microbiano al alterar la presión osmótica celular.<sup>8, 29, 97</sup>

En los encurtidos el principal ácido que interviene es el acético, en esta técnica de conservación se fermentan las materias durante unas 4 a 6 semanas y se usa la sal como adyuvante en el proceso. De hecho, primero ocurre un proceso de fermentación propiciado por las bacterias lácticas, productoras de ácido láctico (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*...) que toleran concentraciones salinas de 10 a 18%. Este proceso de encurtido no sólo le confiere su sabor característico a los vegetales sino que diversos factores contribuirán, en la mayoría de las situaciones, al sistema total de conservación, a la integridad y la estabilidad del producto, por ejemplo, el contenido de sal, sólidos solubles y actividad de agua, cualquier tratamiento térmico que se aplique, y la presencia de conservantes y antioxidantes.<sup>8, 29</sup>

La mayoría de los productos en que se utilizan estos métodos son coles, y pepinos.<sup>8</sup>

Otro método de conservación es el escabeche. En este proceso se pueden utilizar los vegetales que se hayan preparado en salmuera con anterioridad o usar productos frescos. A diferencia del encutido no requiere fermentación y su particularidad consiste en usar como ingredientes vinagre aromatizado con especias y algunos condimentos sofreados.<sup>29</sup>



Con el fin de alargar su vida útil, las hortalizas frescas pueden ser sometidas de forma rápida a distintos tratamientos tecnológicos, que dan lugar a los diferentes productos derivados que se muestran en la tabla 14.<sup>13</sup>

Tabla 14. Productos derivados de las hortalizas



PRODUCTO	PROCESO	APLICACIÓN	REF.
Zumos	Pelado, lavado, escaldado, triturado, separación del jugo por prensado o centrifugación, pasteurización (pasteurizador de placas) o esterilización (10min- 115°C ó 15min- 115°C en presentación de 500g ó 1kg respectivamente) para conservación	Jitomate, zanahoria, lechuga, apio, espinacas, betabel, berros, perejil y combinaciones de hortalizas	18, 105
Congeladas	Limpieza, lavado, pelado, cortado, escaldado a corto tiempo (95°C-100°C, congelación rápida a -18°C.	Chícharos, zanahoria, ejote, rábano, papa, brócoli, coliflor, espinaca, diferentes tipos de col, maíz	8, 18, 117
Deshidratadas	Lavado, cortado, escaldado, pueden tratarse con ácido ascórbico, deshidratado hasta 12-15% de humedad, deshidratación solar, por aire, por rocío, al vacío, liofilización.	Zanahoria, chícharo, papa, maíz, apio, cebollas, pimiento, calabaza, ajo, chile, remolacha.	8, 18, 38, 57
Purés	Puré más común es de jitomate. Mezcla intensiva de pulpa de tomate (28 a 38%), adición de agua y especias, homogenización, pasteurización a 90°C en intercambiador de placas, desgasificación.	Jitomate.	18
Fermentadas	Bajo adición de sal (salazón seca o salmuera) las hortalizas tienen fermentación láctica. En aceitunas pH inferior a 4.0	Pepinillos, col, aceitunas verdes.	8, 124
En vinagre	Limpieza, lavado troceado, blanqueado, se trata hortalizas con una disolución de vinagre al 2.5%, añadiéndose sal, hierbas aromáticas, condimentos, azúcar, esterilización final en autoclaves de presión a 120°C en frascos de cristal y latas. pH final < 4.5.	Pepinos, remolacha roja, cebollas, pimientos, mezclas de hortalizas (coliflor, cebollas, zanahorias y chícharos), espárragos, maíz, apio, perejil, calabaza, chile.	8, 18, 124



Mediante una serie de procesos se elaboran productos frutícolas que tienen una vida útil mucho más larga que las frutas frescas y que además se transforman rápidamente en el producto listo para el consumo. Estos productos se abordan en la tabla 15.<sup>56</sup>

Tabla 15. Productos derivados de las frutas



PRODUCTO	PROCESO	APLICACIÓN	REF.
Jugos	Preparación de la fruta, extracción de jugo, decantación, tamizado, centrifugación, clarificación, filtración, desaireación, pasteurización o esterilización.	Naranja, toronja, manzana, tamarindo, durazno, piña, limón, uva, guayaba.	28, 105
Deshidratadas	Pomos: lavado, clasificación, pelado, descoronado, cortado, troceado, secado primario (23% humedad), cortado, secado secundario (2% humedad), envasado, prensado y cierre del envase. Drupe: Sumergir en lejía de sosa o en carbonato de potasio, lavado, secado de 70-75% o al sol o con vapor de agua (para dar aspecto brillante). Reducción de contenido de agua hasta 24%	Manzana, ciruela, pera, albaricoque, melocotones, higos, dátiles, uvas.	18, 38, 57
Congeladas	Lavado, cortado, congelación rápida a -1°C hasta descender por debajo de -5°C..	Piña, manzana, fresas, cerezas, duraznos.	18, 38, 124
Mermeladas y jaleas	Mermeladas: lavado, cortado, cocción (15 a 30 min), adición de ácidos, azúcar, gelificación y evaporación. Jalea: cocción de jugo de fruta con azúcar, adición de pectinas y ácidos, eliminación de espuma, evaporación hasta 42% de contenido de agua.	Fresa, albaricoque, cereza, zarzamora, frambuesa, arándano, ciruela, manzana, naranja, guayaba, pera, membrillo.	18, 98
En conserva	Lavado, pelado, picado, clasificado, escaldado (en agua o vapor), llenado de latas o frascos, cierre hermético, esterilizado a 95°C, enfriamiento.	Manzanas, duraznos, zarzamoras, grosellas, cerezas, higos, ciruelas, piñas, membrillos, frambuesa.	111, 112, 124
Concentrados	Lavado, ablandado (vapor de agua), prensado, concentración por evaporación	Manzana, fresa, pera, mango, naranja, guayaba, tamarindo.	18



## 4.11. ALTERACIÓN EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Los alimentos de origen vegetal varían mucho en composición y en consecuencia difieren sus tipos de alteración. A pesar de ésto, los alimentos vegetales comparten algunas características fundamentales: todos son productos hortícolas cuya integridad estructural depende de su celulosa y pectina. A continuación se estudian las características de los microorganismos y la microflora básica implicada en la alteración de frutas y hortalizas y los productos derivados de ellas.<sup>37</sup>

### 4.11.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MICROORGANISMOS

Los microorganismos necesitan ciertas condiciones para crecer. Si no disponen de las condiciones adecuadas su crecimiento será lento o nulo. Las más importantes son las siguientes:

- Temperatura a que se almacena o mantiene el alimento.
- Acidez o pH del propio alimento.
- Actividad agua o agua disponible en el alimento.
- Oxígeno en la atmósfera que rodea al alimento.<sup>64</sup>

#### 4.11.1.1. TEMPERATURA

Es un factor de enorme importancia ya que la temperatura influye mucho en las velocidades de todas las reacciones químicas ligadas a los procesos de crecimiento.<sup>52</sup>

Atendiendo a sus relaciones de temperatura (tabla 16) se pueden distinguir diferentes grupos fisiológicos de bacterias.<sup>52</sup>



**Tabla 16.** Grupos de microorganismos alterantes de los alimentos según sus temperaturas cardinales de crecimiento.

Tipo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura óptima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Psicrófilos	-15	10-15	18-20
Psicrotrofos	-5	20-30	35-40
Mesófilos	5-10	30-37	Alrededor 45
Termotrofos	15	42-46	50
Termófilos	25-42	50-80	60-85

Fuente: MOSSEL, D.A.A. Microbiología de los Alimentos. España, Ed. Acmbia, 1985. p.p. 78.

La mayoría de los mohos pueden considerarse mesófilos, la temperatura óptima para la mayoría de ellos es de 25-30°C, algunos crecen bien a 35-37°C. Cierta número son psicrótrofos (temperaturas de -5 a -10°C), y unos cuantos son termófilos.<sup>42</sup>

El intervalo de temperaturas de crecimiento de las levaduras es, en general, semejante al de los mohos, con un óptimo alrededor de 25-30 °C y un máximo de aproximadamente de 35-47°C.<sup>42</sup>

#### 4.11.1.2. pH

Para todos los microorganismos hay un pH óptimo al que su crecimiento es máximo y un pH mínimo que corresponde a la acidez máxima que permite su crecimiento. A la mayoría de las bacterias les favorece un pH próximo a la neutralidad o ligeramente alcalino (6.8 - 7.5), mientras que las bacterias más patógenas no pueden crecer con pH 4.5.<sup>42, 64</sup>

Las levaduras y los mohos crecen también en ambiente ácido de pH 3.3-4.5; los mohos, aunque les favorecen las condiciones ácidas, generalmente crecen en un amplio rango de pH (3.5-8.0).<sup>42</sup>

#### 4.11.1.3. $a_w$

Las bacterias necesitan para el crecimiento valores de  $a_w$  más elevados que los hongos, teniendo las Gram-negativas mayores necesidades que las Gram-positivas. La mayoría de las bacterias de la alteración no crecen por



debajo de una  $a_w = 0.91$ , mientras que los mohos toleran valores de  $a_w$  más bajos que las bacterias; muchos tipos crecen por debajo de 0.75 ó 0.70. Las levaduras ocupan un lugar intermedio entre bacterias y mohos, siendo la  $a_w$  límite para la mayoría de 0.90 aproximadamente.<sup>42, 63</sup>

#### 4.11.1.4. OXÍGENO

Las bacterias se incluyen en tres categorías. Las que precisan oxígeno para crecer son llamadas *aerobias*. Las que son incapaces de crecer en presencia de oxígeno son llamadas *anaerobias obligadas*. Una tercera clase, las llamadas *anaerobias facultativas*, no son afectadas por el oxígeno en un sentido u otro.<sup>64</sup>

Los mohos necesitan oxígeno para desarrollarse, es decir, son aerobios, al menos los que crecen en alimentos. Las levaduras crecen mejor en condiciones aerobias, si bien las fermentativas pueden hacerlo, aunque lentamente, en condiciones anaerobias.<sup>42</sup>



## 4.11.2. ALTERACIÓN DE FRUTAS

La alteración en su sentido más amplio se refiere a todo cambio que ocurre en un alimento, en virtud del cual se convierte en no apto para el consumo humano. Esta definición incluye tanto los defectos de seguridad, como los de calidad.<sup>37</sup>

Las células vegetales sanas e intactas disponen de una serie de mecanismos de defensa para resistir a la invasión microbiana. Por lo tanto, antes de que ocurra la alteración microbiana tienen que superarse estos mecanismos defensivos.<sup>37</sup>

Las frutas tienen una capa epidérmica celular, esto es, piel, corteza o testa que proporciona una barrera protectora frente a la infección de los tejidos internos. La composición de los tejidos epidérmicos varía, pero las paredes celulares de estos tejidos consisten corrientemente en celulosa y materias pécticas, mientras que las células más externas están cubiertas de una capa de grasa (cutina). Este tejido forma una barrera resistente a la penetración de la mayoría de los microorganismos.<sup>37</sup>

Una vez que los microorganismos atraviesan los tejidos externos de las frutas, han de llegar a las zonas internas y a las células individuales para extraer sus nutrientes. Los tejidos vegetales se mantienen unidos por la *lamella* media que se compone principalmente de sustancias pécticas. Cualquier degradación de la *lamella* media determina la separación de las células entre sí.<sup>37</sup>

Todos los vegetales poseen en su superficie una microflora, más o menos característica, que depende mucho del tipo de planta, clima, ubicación, fase de desarrollo y en las frutas, sobre todo, del grado de maduración. La flora superficial tiene un gran interés durante el almacenamiento y procesado de las frutas. Aunque en la mayor parte de los casos la contaminación se localiza en la superficie externa, también se han aislado microorganismos en el interior de los frutos (huesos y pepitas).<sup>157</sup>

Las causas de la alteración son muy variadas. Además de deterioros enzimáticos y desintegraciones, los microorganismos desempeñan un papel fundamental como causa de podredumbres. La alteración puede verse favorecida por determinados tratamientos inadecuados practicados antes o durante la recolección, en el transporte, en el almacenamiento, o incluso durante la venta.<sup>85</sup>



El colocar las frutas demasiado apretadas en almacenamiento u originarles heridas, convierte a sus tejidos superficiales en tejidos sensibles a la acción de la flora superficial contaminante, a la vez que facilita el desarrollo microbiano, cuyo resultado final es una alteración de mayor o menor profundidad.<sup>85</sup>

#### 4.11.2.1. FRUTAS FRESCAS

Las frutas frescas se parecen a las hortalizas en que generalmente tienen una  $a_w$  lo suficientemente alta como para soportar el crecimiento de todos los mohos, salvo los más xerófilos y osmófilos. Sin embargo, la mayor parte de las frutas se diferencian de las hortalizas en que tienen un pH más ácido (< 4.4). Además, las frutas poseen mecanismos defensivos más eficaces, como tejidos epidérmicos más gruesos y mayores concentraciones de ácidos orgánicos antimicrobianos.<sup>37</sup>

La alteración de las frutas, está causada más frecuentemente por levaduras y mohos que por bacterias. Con la excepción de las peras, que a veces experimentan la podredumbre por *Erwinia*, las bacterias tienen una importancia desconocida en la iniciación de la alteración de la fruta.<sup>37, 63</sup>

El estado o fase de madurez en que se encuentran las frutas tiene una importancia decisiva en su capacidad de almacenamiento o vida útil. No todas las alteraciones que sufren estos alimentos son de naturaleza microbiana; en muchas de ellas desempeñan un papel principal los procesos enzimáticos autolíticos; los componentes mayores de las frutas, como azúcares, ácidos orgánicos, sustancias aromáticas, pectina, taninos y sustancias minerales, durante la maduración sufren transformaciones características, bajo la influencia de diversas enzimas.<sup>85</sup>

La fruta que se pretenda almacenar debe recolectarse en un estado de premadurez para retardar los procesos madurativos enzimáticos. Las condiciones de almacenamiento perjudiciales, como temperaturas excesivamente altas o bajas, originan en las manzanas pardeamiento enzimático y ablandamiento de tejido (carne y piel pardas y blandas), deterioro que se manifiesta exactamente igual cuando la causa responsable es de origen microbiano.<sup>85</sup>

La microflora inicial de las frutas frescas procede del campo, y del equipo de recolección y transporte. La tierra es el origen de ascosporas fúngicas terrestres, especialmente de las especies de *Byssochlamys*. Los exudados de las frutas proveen nutrientes para las levaduras, especialmente levaduras pigmentadas de *Basidimicetos* como las especies de *Rhodotorula*.<sup>62</sup>



Pocos géneros y especies son capaces de invadir un determinado tipo de fruta y provocar pérdidas graves. En general, las especies de levaduras que han sido aisladas con mayor frecuencia de frutas y sus derivados han sido *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida tropicalis*.<sup>62, 157</sup>

Los virus entéricos pueden estar presentes en la fruta como resultado de contaminación fecal humana antes o después de la recolección. Las mayores preocupaciones son el virus Norwalk y los virus gastroentéricos parecidos y el virus de la hepatitis A.<sup>62</sup>

Las dos principales problemas de micotoxinas que se dan en la fruta fresca son la formación de patulina por *Penicillium expansum* en las manzanas, y de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* en los higos.<sup>62</sup>

#### 4.11.2.2. FRUTAS EN TROZOS

La fruta fresca cortada o mínimamente procesada se ha hecho cada vez más popular en los últimos años y es de esperar que su popularidad aumente debido a lo fácil que resulta su preparación. Sin embargo, a pesar de su popularidad las frutas cortadas presentan problemas adicionales que no tienen las enteras. Al mondarlas, cortarlas y preparar las rebanadas, se elimina la protección de pieles y cortezas. Además, las altas concentraciones de azúcares de los jugos que se desprenden de los tejidos internos de la fruta cortada favorecen el crecimiento de los microorganismos que toleran los ambientes ácidos. Aunque tanto los mohos como las levaduras toleran estos ambientes, las últimas alteran más a menudo las frutas cortadas porque crecen más rápidamente que los mohos.<sup>37</sup>

#### 4.11.2.3. FRUTAS CONGELADAS

Las frutas para conservar por congelación a veces se tratan previamente mediante blanqueo para inactivar las enzimas. Éste destruye de modo eficaz la microflora de la superficie. A veces se añaden compuestos químicos, por ejemplo ácido ascórbico para controlar la oxidación, o ácido cítrico para controlar el pardeamiento enzimático. Es improbable que estos tratamientos tengan algún efecto apreciable sobre la microflora del producto.<sup>62</sup>



La microflora normal de las frutas congeladas consta principalmente de hongos, especialmente levaduras. El crecimiento y la alteración están influidos por la temperatura de almacenaje; la descongelación parcial o total conducirá con frecuencia a la alteración por levaduras como consecuencia de la producción de gas.<sup>62</sup>

Las bacterias patógenas no han sido un problema importante en las frutas congeladas, aunque en determinadas condiciones pueden sobrevivir durante meses patógenos entéricos, especialmente en productos que no son muy ácidos. En la fruta congelada, los virus entéricos pueden sobrevivir suficientemente bien como para provocar enfermedades. El almacenaje congelado a temperatura inferior a  $-10^{\circ}\text{C}$  evitará cualquier crecimiento microbiano.<sup>62</sup>

#### **4.11.2.4. FRUTAS ENLATADAS**

Los tratamientos térmicos de pasteurización se usan para casi todos los productos de frutas. Es necesario el cuidado en las frutas de acidez baja. La flora bacteriana saprofítica de las frutas enlatadas está constituida por esporas mesófilas y termodúricas, ya que las células vegetativas han sido destruidas por la pasteurización.<sup>62</sup>

Para alimentos ácidos como las frutas y los productos de fruta, se han utilizado tratamientos térmicos de intensidad media. La pasteurización a temperaturas de  $70-75^{\circ}\text{C}$  es eficaz, ya que inactiva la mayoría de las enzimas, las levaduras y las esporas de los hongos contaminantes habituales, sin embargo, los hongos que producen ascosporas son capaces de sobrevivir estos tratamientos y causar alteraciones.<sup>62</sup>

#### **4.11.2.5. FRUTAS DESHIDRATADAS**

Algunos tipos de frutas, por ejemplo, los melocotones, las peras y los plátanos, se tratan con niveles elevados de ácido ascórbico antes de la desecación, esencialmente para conservar el aspecto de la fruta evitando el pardeamiento por la reacción de Maillard y por obscurecimiento enzimático.<sup>62</sup>

La supervivencia de bacterias patógenas en las frutas deshidratadas generalmente es escasa, y limitada a unas pocas semanas. Los períodos de almacenaje relativamente prolongados, normales en estos productos, minimizan más los riesgos.<sup>62</sup>



Existe la posibilidad de producción de micotoxinas en las frutas deshidratadas de humedad elevada no sulfuradas ( $a_w$  de más de 0.85), pero no se ha informado de que sea importante.<sup>62</sup>

#### 4.11.2.6. ZUMOS Y CONCENTRADOS DE FRUTA

Las principales alteraciones o modificaciones indeseables que se producen en zumos y derivados de fruta producen cambios en la textura, como insolubilizaciones o pérdidas de retención de agua; en el sabor, con desarrollo de sabores a acaramelado, rancidez u otros sabores extraños; en el color, por oscurecimientos o decoloraciones; y en el valor nutritivo por pérdida de degradación de vitaminas, proteínas y minerales.<sup>157</sup>

Las causas de estas alteraciones son debidas a ataques microbianos, así como a causas físicas y a reacciones químicas y bioquímicas.<sup>157</sup>

Los microorganismos presentes en los zumos tienen su origen en dos fuentes principales: la fruta utilizada como materia prima y el equipo de procesado, donde se incluyen las contaminaciones ambientales.<sup>157</sup>

Los zumos de frutas, por sus propiedades físicas y químicas particulares, entre las que destacan el pH, la acidez, la actividad de agua y la presencia de sustancias antimicrobianas naturales como aceites esenciales, ácido benzoico o ácido sórbico, constituyen un medio muy restrictivo para el crecimiento de los microorganismos. El bajo pH de estos productos hace que solamente las levaduras, los mohos y las bacterias lácticas y acéticas puedan proliferar en su interior.<sup>157</sup>

En el caso de los concentrados, debido a su reducida actividad de agua, la posibilidad de desarrollo se limita a las levaduras y mohos osmotolerantes. Los principales géneros de levaduras causantes de alteraciones en los derivados de frutas son *Rhodotorula*, *Candida*, *Gretnanomyces* y *Torulopsis* dentro de las levaduras asporógenas, y *Debaryomyces*, *Mansenula*, *Pichia* y *Saccharomyces* dentro de las levaduras esporógenas.<sup>157</sup>

Las bacterias responsables del deterioro de los alimentos ácidos (pH < 4.5) son todas Gram-positivas. Entre las bacterias causantes de alteración solo las lácticas (géneros *Leuconostoc* y *Lactobacillus*) y las acéticas (géneros *Gluconobacter* y *Acetobacter*) merecen ser consideradas.<sup>157</sup>



### 4.11.3. ALTERACIÓN DE HORTALIZAS

Prácticamente, todas las hortalizas en su estado natural son sensibles a la alteración por microorganismos, con una rapidez que depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los factores intrínsecos se incluyen el pH y la actividad de agua ( $a_w$ ). La  $a_w$  de las hortalizas es lo suficientemente alta como para soportar el crecimiento de la mayoría de las bacterias y mohos.<sup>37, 62</sup>

La flora natural de las hortalizas la forman bacterias, levaduras y mohos pertenecientes a muchos géneros. Sin embargo, la microflora varía considerablemente dependiendo del tipo de hortaliza, de las condiciones ambientales, de la época del año y de que crezcan o no cerca del suelo.<sup>37</sup>

Las raíces y tubérculos especialmente, como zanahorias y apio, tienen siempre gran cantidad de microorganismos del suelo, entre ellos bacterias esporuladas muy resistentes de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*. Con el polvo y con la lluvia los microorganismos del suelo, llegan también indirectamente a las hortalizas, por lo que las partes externas de la planta están mucho más cargadas que el interior. Las bacterias de las hortalizas en el momento de su cosecha son tanto las Gram-positivas como las Gram-negativas.<sup>37, 85</sup>

Las Pseudomonas (por ej. *Ps. marginalis*) y *Erwinia carotovora* son responsables en gran parte de la alteración bacteriana de las hortalizas. Otros saprofitos incluyen corineformes, bacterias acidolácticas, esporógenos, coliformes y micrococos.<sup>62</sup>

De las levaduras, tienden a predominar *Rhodotorula* spp., *Candida* spp. Con frecuencia se hallan presentes hongos, que incluyen a *Sclerotinia* spp., *Fusarium* spp. y *Alternaria* spp., pero en menores cantidades que las bacterias.<sup>62</sup>

Además las pérdidas pueden deberse no sólo a los microorganismos sino también a procesos enzimáticos indeseables. Las enzimas respiratorias de los tejidos de las plantas, que siguen siendo activos después de la recolección, conducen a su autoalteración. Si no se controla la respiración, las espinacas, lechugas, coles y otras especies de hortalizas sufren pardeamientos y ennegrecimientos durante su almacenamiento. Pueden presentarse a la vez procesos autolíticos causados conjuntamente por microorganismos y enzimas; por ejemplo, el desarrollo de los microorganismos lo activan las enzimas de los jugos celulares y el calor de la respiración de los tejidos de las plantas.<sup>65</sup>



### 4.11.3.1. HORTALIZAS CRUDAS

La recolección con frecuencia daña la hortaliza con el resultado de que: (a) se liberan nutrientes que potencian el crecimiento microbiano; y (b) se proporcionan puertas de entrada a los microorganismos de la alteración. Los recipientes y los vehículos utilizados para el transporte pueden ser otro origen de microorganismos.<sup>62</sup>

Los principales representantes de las alteraciones causadas por hongos son los géneros *Penicillium*, *Sclerotinia*, *Botrytis* y *Rhizopus*. La tabla 17 registra algunas de las enfermedades (con frecuencia manifestadas por alteración) de las hortalizas comerciales y los microorganismos responsables.<sup>62</sup>

Tabla 17. Hongos que causan alteración en hortalizas crudas.

Hortaliza	Género	Tipo de alteración
Zanahorias	<i>Alternaria</i>	Podredumbre negra
Apio	<i>Sclerotinia</i>	Podredumbre blanca acuosa
Lechuga	<i>Bremia</i> , <i>Phytophthora</i>	Moho veloso
Cebollas	<i>Aspergillus</i> <i>Colletotrichum</i>	Podredumbre negra por mohos Tizón (antracnosis)
Espárgagos	<i>Fusarium</i>	Podredumbre por <i>Fusarium</i>
Papas	<i>Fusarium</i>	Podredumbre de tubérculos
Coles	<i>Botrytis</i>	Podredumbre gris por mohos
Coliflor	<i>Alternaria</i>	Podredumbre negra
Espinacas	<i>Phytophthora</i>	Moho veloso

Fuente: ICMSF. Microbiología de los Alimentos 6. Ecología microbiana de los productos alimentarios. España, Ed. Acibia, 2001. p.p. 205.

Las bacterias son responsables de aproximadamente la tercera parte de las pérdidas totales por alteración microbiana de las hortalizas. Esta alteración puede ser debida a bacterias que causan podredumbres blandas y otras podredumbres, manchas, tizones y agostamientos. En la tabla 18 se mencionan algunas de las alteraciones causadas por bacterias.<sup>62</sup>



Tabla 18. Alteración de las hortalizas causadas por bacterias.

Microorganismos	Alteración
<i>Corynebacterium michiganense</i>	Marchitado vascular; moteado de la hoja y del fruto del tomate, y de otras hortalizas
<i>C. nebraskense</i>	Moteado de la hoja, roya de la hoja y marchitado del maíz
<i>C. sepedonicum</i>	Podredumbre de la raíz de las papas blancas
<i>Pseudomonas agarici</i> y <i>P. Toalaasi</i>	Laminillas goteantes de los champiñones
<i>P. corrupta</i>	Necrosis del corazón del tomate
<i>Pseudomonas cichorii</i>	Moteado bacteriano por zonas de la col y de la lechuga
<i>Pseudomonas marginalis</i>	Putrefacción blanda de hortalizas, mucilago lateral de la lechuga
<i>P. glycinea</i>	Enfermedad de las valvas de soya
<i>P. lachrymans</i>	Moteado angular de la hoja de los pepinos
<i>P. tomato</i>	Mancha bacteriana de los tomates

Fuente: JAY, M.J. Microbiología Moderna de los Alimentos. 3ª Ed., España, Ed. Acibia, 1994. p.p. 128.

En la mayoría de las hortalizas crudas, los tiempos de supervivencia correspondientes a coliformes, a patógenos bacterianos y a virus entéricos dependen de la humedad y de la temperatura y se prolongan significativamente más allá de la vida de almacén de los productos.<sup>62</sup>

#### 4.11.3.2. HORTALIZAS CONGELADAS

La alteración microbiana de las hortalizas congeladas se debe fundamentalmente al empleo de temperaturas de almacenamiento inapropiadas. La microflora de las hortalizas congeladas es, en esencia, la misma que la de las crudas. Por lo tanto, debe esperarse que sus modelos de alteración sean semejantes a los de las hortalizas crudas si por alguna causa no se mantuvieron en estado congelado. No obstante, se ha señalado que algunos mohos crecen a temperaturas tan bajas como los  $-5^{\circ}\text{C}$ .<sup>37</sup>

Los microorganismos contaminarán el producto en las cortadoras en rodajas, en las troceadoras, en las picadoras, en las cintas transportadoras, en los elevadores, en las tolvas de descarga y en las llenadoras.<sup>62</sup>



En la mayoría de las hortalizas congeladas, los microorganismos predominantes son las bacterias acidolácticas. Algunas de éstas son difíciles de encuadrar en especies, pero con frecuencia se encuentran cantidades importantes de *Leuconostoc mesenteroides*, enterococos y aerococos. Los micrococos y los bacilos Gram-positivos y Gram-negativos (que incluyen los coliformes) también constituyen una parte considerable de la microflora total de determinados productos. En el estado congelado, la alteración es impedida esencialmente por la temperatura baja y por la  $a_w$  reducida.<sup>62</sup>

#### 4.11.3.3. HORTALIZAS ENLATADAS

La alteración de las hortalizas enlatadas se debe generalmente a bacterias esporuladas termófilas a no ser que la integridad del envase haya fallado por alguna causa.<sup>37</sup>

Los tipos más corrientes de alteración observado en las hortalizas enlatadas son:<sup>37</sup>

- 1) La alteración del agriado plano (Flat Sour) es originada por microorganismos anaerobios facultativos que producen ácido pero no gas, como *B. stearothermophilus* y *B. coagulans*.
- 2) La alteración termófila anaerobia (TA) es originada por microorganismos anaerobios esporógenos obligadamente termófilos, como *Ci. thermosaccharolyticum*, que produce grandes cantidades de hidrógeno y de dióxido de carbono.
- 3) La alteración de la <<hediondez>> es originada por el microorganismo anaerobio esporógeno obligadamente termófilo *Desulfotomaculum nigrificans*, que produce sulfuro de hidrógeno.<sup>62</sup>

#### 4.11.3.4. HORTALIZAS DESHIDRATADAS

Las hortalizas deshidratadas son intrínsecamente estables y rara vez están implicadas en la enfermedad alimentaria. Son artículos de comercio importantes donde son usados comúnmente como ingredientes en los alimentos transformados. Por consiguiente, la flora microbiana de las hortalizas deshidratadas depende hasta un grado considerable de si la flora existente en el producto crudo deshidratado ha sido destruida en su mayor parte por el blanqueo. Además, las hortalizas para deshidratar, pueden mantener el crecimiento de microorganismos si se mantienen durante un tiempo excesivamente prolongada a temperaturas ambientales, o si pueden ser contaminadas por el equipo no limpio.<sup>62</sup>



Los organismos comúnmente aislados en las hortalizas deshidratadas incluyen bacterias acidolácticas, *Enterococcus faecalis*, estafilococos, esporas de *Bacillus* spp., levaduras y mohos (*Penicillium*, *Aspergillus* spp). Lo mismo que las hortalizas congeladas, la presencia de coliformes no se considera un indicador útil de la contaminación fecal; sin embargo, la presencia de *E. coli* puede ser motivo de preocupación.<sup>62</sup>

En las hortalizas deshidratadas rara vez existen células vegetativas de patógenos bacterianos. Sin embargo, si en la tierra existen esporas de *B. cereus*, de *Cl. botulinum* o de *Cl. perfringens*, es probable que sean transportadas hasta el producto final deshidratado.<sup>62</sup>

#### 4.11.3.5. HORTALIZAS FERMENTADAS Y ACIDIFICADAS

La flora implicada en la fermentación de las hortalizas procede de las hortalizas crudas y del equipo de la planta de tratamiento usado para prepararlas para el tanque de fermentación. Una interacción compleja de factores gobierna la secuencia de microorganismos que se desarrolla durante la fermentación, y durante la alteración, si se produce: pH, sal, ácidos orgánicos,  $a_w$ , temperatura, potencial redox, oxígeno y dióxido de carbono.<sup>62</sup>

La interacción de la sal, el ácido y la ausencia de oxígeno disuelto, impiden el crecimiento de las bacterias aerobias de algunas Gram-negativas. La flora inicial puede estar constituida en su mayor parte por coliformes, pero en la fermentación pronto predominan los pediococos y *Lb. plantarum*.<sup>62</sup>

La alteración de las hortalizas que fermentan se puede producir de varias maneras. Una de las causas principales es la distribución irregular de la sal. Si la concentración de sal es demasiado elevada en zonas localizadas, pueden crecer algunas levaduras o lactobacilos y hacer que el producto adquiere color rosado; si la concentración de sal es baja, es posible que las hortalizas fermentadas sean ablandadas por bacterias coliformes. Si existe oxígeno, pueden crecer rápidamente levaduras oxidativas y utilizar el ácido láctico que se forma. Esto aumentará el pH y permitirá el crecimiento de las formas de alteración menos acidotolerantes.<sup>62</sup>



# CONTROL DE CALIDAD



## 5. CONTROL DE CALIDAD

La Organización Internacional para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha reconocido siempre la necesidad de asegurar la calidad como disciplina esencial para garantizar la seguridad y la sanidad de los productos alimenticios.<sup>191</sup>

La industria alimentaria, por la importancia que reviste en todas las economías es una actividad en la que los cambios y las actualizaciones deben tener como marco de referencia alcanzar cada vez más el bienestar de los consumidores, de manera responsable y justa para su salud, su economía y el cuidado del medio ambiente.<sup>156</sup>

Las precauciones respecto a la calidad final del alimento que se va a ofrecer al consumidor, se inician desde el campo, en las operaciones productivas agrícolas, desde las cuales es preciso evitar todos los posibles riesgos para los productos, ocasionados por el uso de fertilizantes, plaguicidas, y otras sustancias peligrosas para la salud humana.<sup>158</sup>

No existe una definición universal de calidad, pero, en tiempos recientes ha habido diversas escuelas que definen a la calidad en diferentes términos; Joseph Durán la define como "Adecuación al uso", es decir, mientras el objeto sirve para los fines que fue creado, tiene calidad. Philip Crosby afirma: "La calidad es complemento de los requisitos". Edward Deming la identifica como: "Reducción de variabilidad de una característica". La versión del Sr. Genichi Taguchi: "Calidad es la mínima pérdida originada a la sociedad desde que el producto se embarca".<sup>219</sup>

La calidad de los alimentos implica la conservación de su pureza y de sus cualidades físicas, nutritivas y organolépticas que le son propias desde su origen o producción primaria y que deben preservarse a través de su procesamiento libre de alteración o de contaminación.<sup>191</sup>

Otro de los elementos que se hace presente en este mundo globalizado, es la exigencia de calificar la operación de las empresas, bajo sistemas de normas que permitan garantizar el cumplimiento de sus objetivos con eficacia y efectividad y además siendo percibidas por su clientela como un todo calificado globalmente, "calidad de clase mundial".<sup>156</sup>



La estrategia tradicional para obtener la calidad, basada en lo que se ha llamado "control de calidad", mediante la toma de muestras y análisis de materias primas, productos en proceso y productos terminados, sigue siendo ineficaz para evitar que productos defectuosos lleguen hasta los clientes.<sup>99</sup>

Las medidas de control de la calidad de los alimentos de origen vegetal comienzan con factores como por ejemplo ubicación geográfica, elección de semillas, fertilizantes y pesticidas, empleo de irrigación o sistemas de drenaje y esquemas para rotación de cultivos y se orientan más hacia reducir las pérdidas de productos por golpes, oscurecimiento, marchitado o podredumbre. Estos controles de calidad lo único que hacen, es separar lo bueno de lo defectuoso.<sup>61, 99</sup>

*La actual revolución en la calidad se basa en un cambio de estrategia dirigido más a la prevención de los problemas, que a su detección y solución después de producirse; con esto se rompe el tradicional concepto de obtener la calidad mediante los análisis en los llamados controles de calidad, y se adopta un sistema de garantía o aseguramiento de calidad, un concepto más estricto para poder fabricar la buena calidad del producto, con carácter prevencionista, que involucra y extiende la calidad y los controles a todas las actividades de la empresa, cuyo objetivo es producir alimentos que cumplan con los requerimientos de los consumidores, que sean seguros y nutritivos y que cumplan con la legislación respectiva.<sup>99, 191, 199</sup>*

En la tabla 19 se ilustran las diferencias fundamentales, que han sido llamadas más propiamente distancias, que se pueden encontrar entre el tradicional Control de Calidad y los nuevos Sistemas de Aseguramiento de la Calidad.<sup>99</sup>



**Tabla 19. Diferencias entre Control de Calidad y los Sistemas de Aseguramiento de la Calidad.**

<b>Control de Calidad</b>	<b>Sistema de Aseguramiento de la Calidad</b>
Se enfoca al producto	Se enfoca a todas las actividades de la empresa
Separa los productos correctos de los defectuosos	Impide la fabricación de productos defectuosos
Se localiza y desarrolla en el departamento de Control de Calidad	Se localiza y desarrolla en todos los departamentos de la empresa
Funciona de forma independiente del área de producción	Incorpora el área de producción
Funciona de forma independiente de las compras y compradores	Incorpora a los proveedores como parte del sistema
Se relaciona remotamente con el cliente	Incorpora al cliente como parte fundamental del sistema
Funciona paralelamente con inspecciones externas (Inspec. de tercera parte)	Se autoinspecciona y revisa (auditorías internas)
El responsable principal es el Jefe de Control de Calidad	El responsable principal (debe ser) el Gerente de la empresa
Su costo se clasifica como costo de evaluación	Su costo se clasifica como costo de prevención
Incorpora costos debido a los fallos	Evita los costos por fallos

Fuente: REMES QUIROGA, A. Sistema integrador del aseguramiento de la calidad de los alimentos. México, AGT editor, 1997. p.p. XVIII.

Adaptando esta técnica a las necesidades de la industria agroalimentaria aparece el denominado sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point). El sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control tiene fundamentos científicos y de carácter sistemático, y permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos.<sup>147, 163</sup>

El análisis de peligros de control de puntos críticos que asegura una calidad y una seguridad en nuestros alimentos, a través de técnicas más sofisticadas que implican sistemas integrales de aseguramiento de calidad, puede partir con las normas internacionales basadas en ISO-9000, (Administración de la Calidad), ISO-14000 (Administración de procesos ambientales) e ISO-18000 (Sistemas de seguridad).



La Organización Internacional para Normalización, ISO, marca muchos de los lineamientos para la aceptación de productos, por lo que resulta también de gran importancia para el sector agropecuario e industrial, conocer todas las normas internacionales del Codex.<sup>170</sup>

Un programa HACCP se basa en los siguientes siete principios:

1. Analizar los posibles peligros/riesgos (*hazards*).
2. Determinar los puntos de control crítico (PCC).
3. Establecer los límites críticos, es decir, valores límites de determinados parámetros que no se deben alcanzar o superar.
4. Establecer procedimientos de control.
5. Establecer acciones correctoras.
6. Establecer procedimientos de verificación.
7. Establecer procedimientos de mantenimiento de registros y documentación.<sup>67</sup>

El sistema HACCP se utiliza cada vez más para mejorar la calidad sanitaria de los productos vegetales. La instalación de este sistema comienza por la identificación de los puntos críticos desde la siembra hasta el consumo de las hortalizas frescas. Se analizan las fuentes de contaminación y los factores de multiplicación de las bacterias patógenas identificadas.<sup>117</sup>

Para la Implantación del Sistema HACCP se necesita cumplir con ciertos requisitos, los cuales controlan las condiciones internas básicas del establecimiento, que proveen una plataforma para la producción segura de los alimentos.<sup>45</sup>

El primer programa que se debe establecer como requisito previo a un programa HACCP es un procedimiento sanitario en plantas de procesamiento de alimentos (Standard Sanitation Operating Procedure, SSOP), que trata todos los aspectos descritos en las llamadas Buenas Prácticas de Manufactura (Good Manufacturing Practice, GMP). Otros ejemplos de ellos son: Buenas Prácticas de Higiene, su aplicación sistemática y su documentación, distribución de áreas y equipo de la planta para prevenir la contaminación cruzada y programas de capacitación del personal.<sup>45, 67</sup>

Las ventajas más importantes que ofrece el HACCP son:

1. Ofrece un alto nivel de calidad sanitaria a los alimentos.
2. Contribuye a consolidar la imagen y credibilidad de la empresa frente a los consumidores y aumenta la competitividad tanto en el mercado interno como en el externo.



3. Contribuye a la reducción de costos y a disminuir sustancialmente la destrucción o reproceso de productos, lo que resulta en un aumento de la productividad.
4. Genera ganancias institucionales: el autoestima e importancia del trabajo en equipo; ya que las personas involucradas pasan a un estado de conciencia, ganando autoconfianza y satisfacción de que la producción de alimentos se realiza con un alto nivel de seguridad.
5. En el aspecto legal la implantación del sistema HACCP facilita la comunicación de las empresas con la autoridad sanitaria, puesto que la empresa ha resuelto las premisas tales como: el cumplimiento de buenas prácticas sanitarias y el énfasis en el control del proceso garantizando la calidad sanitaria, que es el punto de encuentro de la responsabilidad del gobierno y la industria para proteger a la población del país. Actualmente la instrumentación del HACCP únicamente es obligatorio en la industria procesadora de productos pesqueros; sin embargo existe la tendencia a convertirse en un requisito para toda empresa procesadora de alimentos.<sup>206</sup>

En México la implementación de este sistema se ha visto potenciada en los últimos años como consecuencia de la firma de diversos tratados de libre Comercio, como el establecido con los países de América del Norte (TLCAN) y la Comunidad Europea.<sup>206</sup>

En el comercio internacional de alimentos, la calidad y específicamente la inocuidad, se está convirtiendo rápidamente en factor clave del éxito. La inocuidad de los alimentos que se exportan, y en particular, de las hortalizas y frutas frescas, entre otras, es fundamental para poder mantener e incrementar el flujo de alimentos mexicanos al exterior.<sup>151</sup>

A nivel internacional, el esfuerzo más notable que se ha realizado para proteger la salud del consumidor, facilitar el comercio internacional de productos alimenticios y homologar normas y disposiciones en materia de sanidad de los alimentos es el *Codex Alimentarius*, que comprende una amplia colección de norma alimentarias e información conexas preparada por una comisión que se creó en 1962 para llevar a cabo un programa conjunto de dos organizaciones de las Naciones Unidas: la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre normas alimentarias.<sup>134</sup>

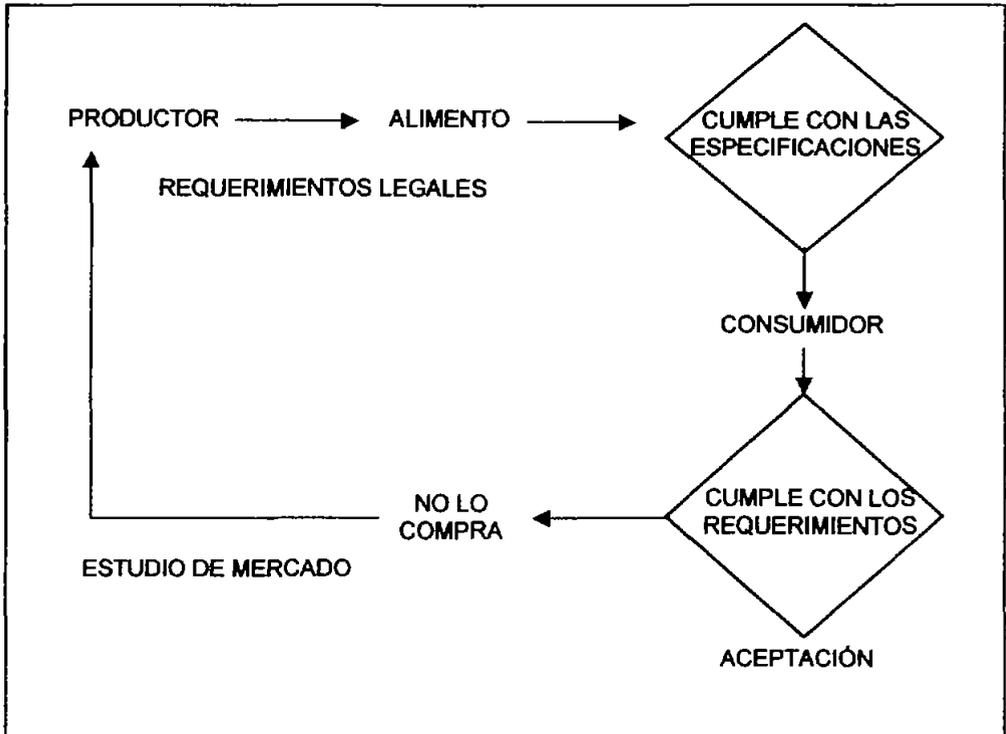
Es importante saber y reconocer que aquí en México, no todos los productos son basados en normas internacionales, tenemos ciertas peculiaridades.<sup>170</sup>



Por un lado están las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), emitidas por las Secretarías de Estado, que son de cumplimiento obligatorio en México, son emitidas para indicar los parámetros mínimos de seguridad de productos, servicios y procesos y siguen el procedimiento establecido en la Ley Federal de Metrología y Normalización. También existen las Normas Mexicanas (NMX), elaboradas por los organismos de Normalización ligados al sector productivo, como el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación; el cumplimiento de estas disposiciones es voluntario debido a que se refieren a condiciones de calidad, pero no por esto "pueden exigir menos que una oficial".<sup>137, 198</sup>

Cuando se habla de calidad de un elemento, se habla de cumplimiento de los requerimientos o expectativas del mismo. El responsable de hacer que un alimento cumpla con estos requerimientos es el productor y quien decide finalmente si los cumplió o no es el consumidor. En la figura 7 se muestra la interacción referida.<sup>192</sup>

Figura 7. Interacción entre productor y consumidor.



Fuente: RIVERA REYES, A. ¿Qué es la calidad en la industria de alimentos?. Tecnología de alimentos, 34(12), diciembre 1999. p.p. 26.



Los tipos de requerimientos que debe cumplir el alimento antes de su venta en el mercado incluye los siguientes: Microbiológicos, Fisicoquímicos, Nutrimientales, Sensoriales y de Envase; entre los cuales existe una estrecha relación e interdependencia.<sup>192</sup>

**Microbiología y Fisicoquímica:** el alimento debe cumplir, como mínimo, con las especificaciones de microbiología y parámetros fisicoquímicos establecidos en las Normas Oficiales (NOM) correspondientes.<sup>192</sup>

**Nutricional:** este aspecto involucra el valor calórico y nutricional que ofrece cada alimento al consumidor: carbohidratos, proteína, grasa, fibra, incluyendo vitaminas; los cuales están establecidos también en las NOM correspondientes.<sup>192</sup>

**Sensorial:** este requerimiento implica las características de color, olor, sabor, apariencia externa y consistencia. Todas estas características en conjunto son la presentación del alimento, cuya información se obtiene de los estudios del mercado para conocer los requerimientos y expectativas del cliente.<sup>192</sup>

**Envase:** generalmente, el productor no elabora el envase, pero aún así debe asegurar que éste cumple con las especificaciones establecidas en las NOM respectivas.<sup>192</sup>



# MÉTODOS DE ANÁLISIS



## 6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los alimentos procesados deben elaborarse dentro de los límites establecidos en las fórmulas de fabricación, satisfaciendo también requerimientos legales y otros requisitos establecidos. Esto hasta donde sea posible se logra mediante la estandarización del proceso en cada una de las siguientes etapas: la zona de cultivo, la materia "prima", el proceso de elaboración y por último, el producto terminado y su almacenamiento.<sup>68</sup>

La creciente capacidad de producción y la complejidad de los productos modernos requieren el desarrollo de técnicas adecuadas para un rápido control y evaluación, por esta razón las empresas dedicadas a la industria transformadora de alimentos intentan asegurar el cumplimiento de las leyes que les son de aplicación mediante las actividades de sus propios departamentos de control de calidad.<sup>68</sup>

El personal que trabaja en estos departamentos observa las operaciones y realiza análisis físicos, químicos y microbiológicos, cuyo objetivo es asegurar o demostrar que se cumple con la normatividad legal y/o con las especificaciones internas que pueden ser tan o más estrictas que las normas locales.<sup>61, 68</sup>

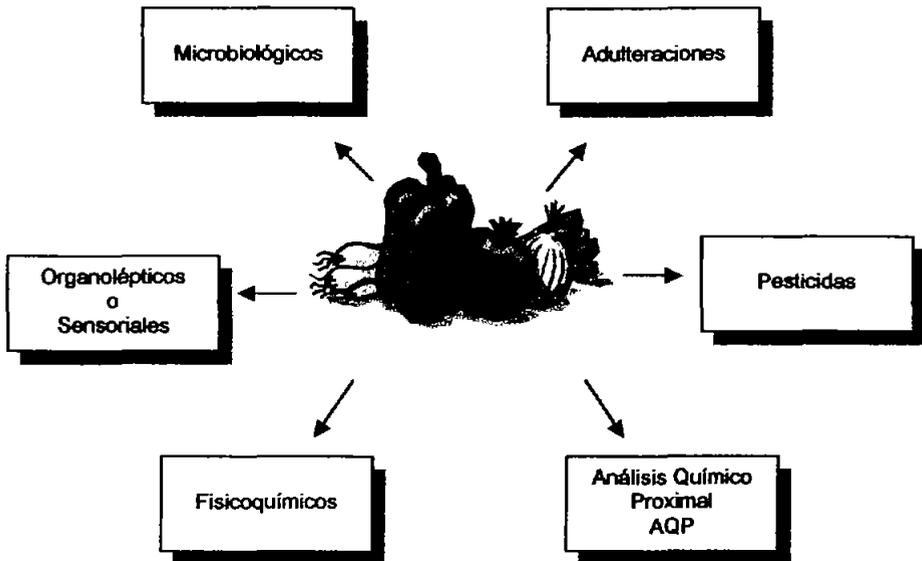
Hoy en día, hay que atenerse a las definiciones y normas exigidas para los productos alimentarios. Estas reglamentaciones constituyen una plataforma inicial para analizar y clasificar una producción, adquiriendo cada vez más importancia como puntos de referencia conforme se intensifican los intercambios internacionales.<sup>1</sup>

La elección del método a utilizar depende mucho de los objetivos fijados, de la naturaleza y del número de muestras para analizar; un análisis preciso es de poca utilidad, a menos que los resultados puedan interpretarse para obtener un significado. Por tanto es muy importante que los análisis tengan una apreciación realista de las bases de muestreo y los criterios de certificación de calidad, y comprendan el significado de los datos obtenidos. Por ello en este trabajo se presenta un abanico de posibilidades analíticas para frutas, hortalizas y productos derivados. Con este criterio se aborda el objetivo que es encaminar al lector hacia la elección del método que mejor se adapte a sus necesidades.<sup>1, 68</sup>



En la figura 8 se muestra los diferentes tipos de análisis a que pueden ser sometidas las frutas, hortalizas y los productos elaborados a partir de ellas.

**Figura 8.** Tipos de análisis de frutas y hortalizas.



Dentro de los múltiples análisis que se pueden aplicar a las frutas, hortalizas y los productos derivados de éstas, se encuentra el AQP que proporciona mucha información, sin embargo el AQP como su nombre lo indica, da la composición aproximada, la información proporcionada no es concluyente si no se realizan otras mediciones que permitan conocer la calidad global del producto, como son los análisis microbiológicos, posible presencia de pesticidas, adulteraciones, y análisis organoléptico dependiendo de lo que se esté buscando. Es obvio que el AQP es una herramienta importante, pero requiere de otros análisis que le sirvan de refuerzo en casos especiales.<sup>218</sup>



# ANÁLISIS DE FRUTAS HORTALIZAS Y SUS DERIVADOS



## 7. ANÁLISIS DE FRUTAS, HORTALIZAS Y SUS DERIVADOS

### 7.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Los productos agroalimentarios se analizan de distintas formas según los objetivos que se pretenden. En primer lugar se determina la composición química por cuantificación de los componentes mayoritarios.<sup>1</sup>

El análisis químico proximal ha sido utilizado por más de 100 años y aún forma las bases para la mayoría de la información de la composición de nutrimentos.<sup>38</sup>

El análisis químico proximal determina la composición de un alimento en términos de sus principales grupos de nutrimentos, sin especificarlos en forma individual. Comprende humedad, cenizas, grasa cruda o extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, y carbohidratos.<sup>15</sup>

Un resumen de este esquema se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Las fracciones de análisis químico proximal.

FRACCIÓN	COMPONENTE MAYORITARIO
Humedad (materia seca por diferencia)	Agua y cualquier compuesto volátil (100% - H <sub>2</sub> O = % materia seca)
Ceniza (materia mineral)	Elementos minerales
Proteína cruda (proteína promedio 16% N; por lo tanto, N x 6.25 = proteína cruda)	Proteínas, aminoácidos, nitrógeno no proteico
Extracto etéreo (grasa)	Grasas, aceites, ceras, vitaminas liposolubles
Fibra cruda	Celulosa, hemicelulosa, lignina
Carbohidratos disponibles También conocido como extracto de nitrógeno-libre (NFE)	Almidón, azúcares, pectinas

Fuente: ENSMINGER, Audrey H., "et al". Foods and Nutrition Encyclopedia. Vol 1 y 2, EUA, Ed. CRC Press, 1994. p.p. 67.



El análisis químico proximal permite conocer el potencial energético del producto cuando se aplican a los constituyentes brutos los coeficientes de Atwater con los que se obtiene el número de calorías o kilojulios equivalentes. Hay que observar que la composición global resultante de esta serie de análisis proporciona más que una previsión teórica del potencial nutritivo del producto analizado.<sup>2</sup>

Las técnicas utilizadas para el Análisis Químico Proximal de frutas y hortalizas se mencionan en la tabla 21.

**Tabla 21. Técnicas para el análisis químico proximal de frutas y hortalizas frescas**

Componente	Técnica	Referencia
<b>CENIZAS</b>	Método General (Incineración)	1,12,14,50,58,65,68,79,86,88,89,93,129,131,166
<b>PROTEÍNA</b>		
Nitrógeno total y proteína bruta	Método Kjeldahl	14,50,58,68,86,88,89,93,129,166,182
Nitrógeno	Activación de Neutrón	86
	Activación de Protón	86
Enlaces peptídicos	Método de Biuret	1,88
	Método de Bradford	1,88
	Método de Lowry	1,68,88
<b>HUMEDAD</b>	Método Estufa (determinación gravimétrica de la sustancia seca)	1,12,14,65,68,79,166
	Termogravimétrica (100°C/2h, c/arena)	
	Estufa de vacío (70°C/3h)	12,89
<b>FIBRA CRUDA</b>	Método de fibra cruda o Método Weende	1,14,68,86
<b>FIBRA DIETÉTICA</b>	Método enzimático-gravimétrico	58,68,182
	Método no enzimático-gravimétrico	58
	Método Englyst	68,88,201
	Método del Insoluble fórmico	1,86
	Método del detergente neutro (Van Soest)	1,38,86,93
	Método del detergente ácido (Van Soest)	1,86,89,93
	Método de Southgate	1,68,88
	Métodos cromatográficos: -GC -HPLC	1,68



	NIR y NMR	68,88
	Determinación de hemicelulosas	1,68
LIGNINA	Determinación de lignina	1,38,86,93
	Método de Klason	58,86,88
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Métodos enzimáticos:	1,12,65,88,93
Azúcares reductores	Método automático del ácido pícrico	88,89
	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	12,65,88
	Trifeniltetrazolio	88
	Método Somogyi-Nelson	65,88
	Método Luff-Schoorl	68
Totales	Procedimiento Antrona	65,86,88,89,93, 202
	Métodos Polarimétricos	1,88,93
	Refractometría	88
Individuales	GC	1,58,65,182
	PC	65,93
	GLC	12,86,93
	HPLC	1,12,86,88,93
	Método Munson y Walter	65,93
Glucosa	HPLC	79,89,130,182,215
	Sistema FI-PAD	215
	Biosensor electroquímico	148
	Método yodométrico	88
	Método enzimático (glucosa oxidasa)	1,68
Fructosa	HPLC	79,89,130,182,215
	Sistema FI-PAD	215
	Biosensor electroquímico	148
	Método enzimático	1,68
Sacarosa	HPLC	79,89,130,182,215
	Espectrometría FTIR	148
	Método automático del ácido pícrico	88,89
<b>LÍPIDOS</b>	Método de extracción cloroformo-metanol	58
	Métodos fisicoquímicos	1,93
	- Método refractométrico	
	- Método Foss Let	
	- Método espectrométrico del infrarrojo próximo	
	Método de Soxhlet	1,68,79
	Método de Weibull-Stoldt	79

Un análisis químico proximal y otros análisis de los productos obtenidos a partir de frutas y hortalizas debe incluir las determinaciones que se muestran en las tablas 22 a 27.



Tabla 22. Técnicas para el análisis químico proximal de jugos.

Componente	Técnica	Referencia
<b>PROTEÍNA</b>	Método Bradford	93,135
Nitrógeno	Método Kjeldahl	68
Perfil de a.a.	HPLC	68
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Método reductométrico de Luff-Schoorl	79,93
	HPLC	88,93
Glucosa, Fructosa, Sacarosa	Procedimiento UV/UV	195
	Espectrometría FTIR	195
	TLC	68,79,93
	Determinación enzimática	12,68,79
Fructosa	Método de Wülstatter Schudel	79
Sacarosa	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	68
	C <sub>18</sub> LC reversa	93
Jarabes de glucosa	Método polarimétrico	68
<b>CENIZAS</b>	Incineración	58,65,68

Tabla 23. Técnicas para el análisis químico proximal de productos deshidratados.

Componente	Técnica	Referencia
<b>HUMEDAD</b>	Destilación azeotrópica	65,79
	Gravimetría (estufa de vacío)	50,58,65,88,93
	Método de la estufa de aire	50
	Método medidor de humedad	12,58
	Método Karl Fischer	1,12,50,68,79,88,89,93
	Secado a bajas temperaturas	93
	Refractometría	88,93
<b>CENIZAS</b>	Incineración	58,65
<b>FIBRA</b>	Método No Enzimático-Gravimétrico	58



Tabla 24. Técnicas para el análisis químico proximal de purés de jitomate y salsa catsup.

Componente	Técnica	Referencia
<b>CENIZAS</b>	Incineración	50,68
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Método Lane y Eynon	50,68
Sacarosa	Polarización	50
<b>HUMEDAD</b>	Métodos densimétricos	93
	Índice de refracción	93

Tabla 25. Técnicas para el análisis químico proximal de Conservas, Mermeladas y Jaleas.

Componente	Técnica	Referencia
<b>HUMEDAD</b>	Determinación picnométrica del contenido en sustancia seca	79
	Índice de refracción	93
	Destilación	93
<b>CARBOHIDRATOS</b>	TLC	68
	HPLC	68
	Método volumétrico	68
	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	68
Sacarosa y glucosa	Determinación polarimétrica	50,68,79
	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	50
<b>CENIZAS</b>	Incineración	50,58,65
	Cenizas solubles e insolubles	65

Tabla 26. Técnicas para el análisis químico proximal de Productos Enlatados.

Componente	Técnica	Referencia
<b>CENIZAS</b>	Incineración	58,65
<b>HUMEDAD</b>	NIR	58
	Método Karl Fischer	58
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	58



**Tabla 27. Técnicas para el análisis químico proximal de Productos Congelados.**

Componente	Técnica	Referencia
<b>HUMEDAD</b>	Estufa c/arena 105°C/3h	58,70
<b>CENZAS</b>	Método General	70
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Método Lane y Eynon (ARD y ART)	70
<b>PROTEINA</b>	Método Kjeldahl	70

A continuación se presentan algunas técnicas complementarias (tablas 28 a 34) útiles para conocer el valor nutricional de las frutas y hortalizas y productos derivados de ellas:

**Tabla 28. Técnicas Complementarias para análisis de frutas y hortalizas frescas.**

Componente	Técnica	Referencia
<b>SEGUIMIENTO DE MINERALES</b>	Determinación Húmeda	1,86,88,89,93,131
	Microondas	1
	Conductométrico	88
	Métodos Gravimétricos	86
	Fluorimetría	86
	Combustión confinada	1
	Determinación de cenizas solubles en ácido	79
Elementos minerales metálicos	Espectroscopia de Emisión	86,93
Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Cu	Espectrometría de absorción atómica	68,89,93,129,131,176,200
	TXRF	86,93,131
Na, K	Fotometría de flama	58,68,89,93,129,176,200
K	Método Cloroplatinado	58
	Método Gravimétrico Cobaltónitrato	58
P	Método Vanadato-molibdato	58,68,86,129,166,200
	Método Volumétrico	58
	Método Colorimétrico	58,68
	Método Gravimétrico Quinolin Molibdato	58
Ca	Colorimétrico	200
	Método de Precipitación Doble	58



	Método de Precipitación Simple	58
Mg	Espectrofotométricamente	200
Fe	Colorimétricamente	200
<b>VITAMINAS</b>		
B <sub>1</sub> (tiamina)	HPLC	1,88,89,188
	Pruebas microbiológicas	65,86,188
	Método fluorimétrico	1,58,65,86
	Método polarográfico	65
	Método colorimétrico	65
	Método espectrofotométrico	1,85
	Método manual	89
B <sub>2</sub> (riboflavina)	HPLC	1,89,188
	Pruebas microbiológicas	65,86,89,188
	Método fluorimétrico	1,58,65,86
	Método automático	58
	Determinación espectrofotométrica	65
B <sub>6</sub>	Pruebas microbiológicas	86,89,188
	Método colorimétrico	86
	GC	1
	HPLC	1,188
B <sub>12</sub> (cobalamina)	Pruebas microbiológicas	1,86,89,188
	Métodos polarográficas	1
Niacina	Método automático	58
	Método colorimétrico	58
	Método automático de HPLC	89
	Método microbiológico	89
Vitamina C (ácido ascórbico)	HPLC	1,68,88,160
	Pruebas enzimáticas	1,86,160
	Método fluorimétrico semiautomático	1,58,65,68,89
	Prueba Fotométrica con 2,4-dinitrofenilhidrozina	1,65
	Electroforesis capilar	144
	Método polarográfico	65
	Método colorimétrico	86
	Método por titulación (2,6-diclorofenolindofenol)	1,12,68
<b>Liposolubles</b>		
A	HPLC	1,86,88,89
	Método de Absorción UV	65
	Método Colorimétrico	1,86
	Método Carr-Price	65
K	HPLC	1,88,190
	Métodos colorimétricos	1
E	HPLC	1,86,88,179
	TLC	1,89,179
	GC	1,179
	GLC	86
	Método colorimétrico	58,86



<b>PIGMENTOS</b>		
<b>Clorofila</b>	Espectroscopia de absorbancia	208
	Columnas abiertas	88,208
	Separación de fases y separación a contracorriente	88
	TLC	88,208,209
	HPLC	88,208
	MS (IQ)	88,208
	Espectrofotometría	88
	Fluorometría	88
<b>Carotenoides</b>	Espectroscopia de absorbancia	208
	Columnas abiertas	88,208
	TLC	1,88,208,209
	HPLC	1,88,165,208
	MS (IQ)	208
	HPLC-MS	88
	Cromatografía de absorbancia en papel	88
	Métodos cromatográficos de adsorción y de capa fina	1
	Método espectrofotométrico	88
	Separación de fases y separación a contracorriente	88
<b>Antocianinas</b>	Método espectrofotométrico	88
	Electroforesis	
	CC	
	GC	
	PC	
	TLC	
	HPLC	
<b>Pectina</b>	Fotometría	79
	Método de Carre y Haynes	68
	Método gravimétricos	65,93
	Métodos enzimáticos	68
	Métodos colorimétricos	93
	Prueba de ácido hidroxamio	65
	HPLC	68
<b>Almidón</b>	Hidrólisis ácida	1,65
	Hidrólisis enzimática	1
	Método Diastasa	65
	Método polarimétrico	86,93



Tabla 29. Técnicas Complementarias para análisis de jugos.

Componente	Técnica	Referencia
<b>VITAMINAS</b>		
A	HPLC	88
Hidrosolubles	Electroforesis capilar	142
B <sub>2</sub>	HPLC	132
Vitamina C (Ácido Ascórbico)	HPLC	68,88,171
	Método de titulación con 2,6-dicloroindofenol	58,68
	Electroforesis capilar	144
	Método electrométrico	89
E	HPLC	88
<b>PIGMENTOS</b>		
Clorofila	HPLC (supercrítico y subcrítico)	209
Carotenoides	HPLC-UV-IQ-MS	178
	HPLC (supercrítico y subcrítico)	209
<b>MINERALES</b>		
Fosfatos	Método volumétrico	68
	Método colorimétrico	
K	Fotometría de flama	
<b>ALCOHOLES</b>		
Etanol	Destilación	68
	Oxidación	
	Enzimáticos	
	GLC	

Tabla 30. Técnicas Complementarias para análisis de Productos Deshidratados.

Componente	Técnica	Referencia
<b>VITAMINAS</b>		
Ácido Ascórbico	Calorimétricamente	153



Tabla 31. Técnicas Complementarias para análisis de Purés.

Componente	Técnica	Referencia
<b>PIGMENTOS</b>		
Clorofila	Método de separación de clorofila a y clorofila b	209
<b>MINERALES</b>		
K	Fotometría de flama	68

Tabla 32. Técnicas Complementarias para análisis de Conservas, Mermeladas y Jaleas.

Componente	Técnica	Referencia
<b>MINERALES</b>		
K, P	Fotometría de flama	68
P	Método colorimétrico del azul de molibdeno	68
<b>VITAMINAS</b>		
Acido ascórbico	Método electrométrico	89
Pectina	Determinación gravimétrica	68
Sorbitol	Procedimiento volumétrico	68
	HPLC	68
	Columnas de poliol-gel de sílice	68
	GLC	68
	Vía enzimática	68
Manitol	TLC	68



Tabla 33. Técnicas Complementarias para análisis de Productos Enlatados.

Componente	Técnica	Referencia
<b>MINERALES</b>		
Ca	Método Titulación	58
<b>VITAMINAS</b>		
B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>6</sub>	HPLC	188
	Pruebas microbiológicas	188
B <sub>12</sub>	Radio Protein binding	188
	Pruebas microbiológicas	188
<b>ACIDOS</b>	Totales	58
Ácido láctico	Método Espectrofotométrico	58
<b>PESO DRENADO</b>		50,58,70,78
<b>PESO NETO</b>		50,70

Tabla 34. Técnicas Complementarias para análisis de Productos Congelados.

Componente	Técnica	Referencia
<b>PESO NETO</b>		58
<b>PESO DRENADO</b>		58,70
<b>PECTINA</b>	Método de Carré y Haynes	70
<b>CALCIO</b>	Espectrofotometría de flama	70
<b>ACTIVIDAD ENZIMÁTICA</b>	Método de Joslyn	70
Peroxidasa y Catalasa	Método Titrimétrico	58



## 7.2. ANÁLISIS SENSORIAL

Los criterios de calidad de las hortalizas son fundamentalmente de tipo organoléptico.<sup>13</sup>

La evaluación organoléptica se efectúa para detener, cambiar o rectificar el proceso de elaboración cuando el producto no alcanza el nivel deseado, aunque cumpla con las reglamentaciones sanitarias.<sup>106</sup>

La evaluación organoléptica consiste en el examen de características tales como color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto.<sup>106</sup>

Se han discutido las ventajas y desventajas de las técnicas sensoriales (subjetivas) e instrumentales (objetivas) y mientras estas técnicas son claramente diferentes, es necesaria una comprensión de la relación entre ellas que permita correlacionar una con la otra, deseable tanto en los procedimientos de formulación como en el control de calidad.<sup>119</sup>

### Métodos subjetivos

Los métodos subjetivos para la evaluación de la calidad se basan en las opiniones de los evaluadores. Son subjetivas porque el individuo da su opinión como valores cuantitativos y cualitativos de las características bajo estudio. Estos métodos usualmente involucran los órganos de los sentidos y se debe referir a ellos como métodos sensoriales.<sup>46</sup>

### Métodos objetivos

La evaluación objetiva de los alimentos consiste en el uso de técnicas físicas y químicas para evaluar la calidad de los alimentos. Las pruebas objetivas usan equipos para evaluar los productos alimenticios en vez de los órganos sensoriales humanos variables.<sup>119</sup>

Una prueba objetiva mide un atributo concreto de un alimento más que la calidad total del producto.<sup>119</sup>



En la tabla 35 se muestra la diferencia e importancia que existe al realizar un análisis subjetivo y un análisis objetivo.

**Tabla 35. Análisis Subjetivo vs. Objetivo.**

<b>Análisis subjetivo/ sensorial</b>	<b>Análisis objetivo</b>
Usa individuos	Usa equipos
Se utilizan los órganos sensoriales humanos	Usan técnicas físicas y químicas
Los resultados pueden ser variables	Los resultados son repetibles
Determina la sensibilidad humana a los cambios de ingredientes, procesado o envasado	Se necesita encontrar la técnica apropiada para el alimento que está siendo evaluado
Determina la aceptación de los consumidores	No se puede determinar la aceptación de los consumidores a menos que se correlacione con el sensorial
Consume tiempo y es caro	Generalmente es más rápido, más barato y más eficiente que la evaluación sensorial
Esencial para el desarrollo de productos y la comercialización de nuevos productos	Esencial para el control de calidad rutinario

Fuente: VACLAVIK, A.V. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos. España, Ed. Acibia, 2002. p.p. 14.

Tanto la evaluación sensorial como la evaluación objetiva son esenciales en la industria alimentaria para el control rutinario de la calidad alimentaria y para asegurar que los alimentos que se están fabricando son aceptables para los consumidores. Los dos métodos de evaluación se complementan entre sí.<sup>119</sup>

Los principales parámetros que se deben evaluar al realizar un análisis sensorial en frutas y hortalizas son:

- Tamaño
- Forma y simetría
- Color
- Textura.



## TAMAÑO

Uno de los principales factores que deben considerarse con respecto a la calidad de frutas y hortalizas es el tamaño. El tamaño y el conocimiento del porcentaje del tamaño respectivo, son importantes para el agricultor, procesador y consumidor.<sup>46</sup>

Algunas de las formas de clasificación del tamaño para frutas y hortalizas crudas y procesadas se determinan contando el número de éstas en una caja, cesto, barril o contenedores. Con otras frutas y hortalizas la actual clasificación del tamaño pueden ser medida con tamices estándar o determinando su diámetro, peso o longitud.<sup>46</sup>

El equipo generalmente usado para la medición mecánica del tamaño de frutas y hortalizas en las líneas de producción puede consistir en tamices vibradores, bandas, anillos, tambores con abertura, tamices y/o cintas separadoras.<sup>46</sup>

## FORMA Y SIMETRÍA

Para frutas y hortalizas de alta calidad la forma, la simetría y la uniformidad son de los atributos de la calidad más importantes que afectan la apariencia del producto.<sup>46</sup>

Los modelos y diagramas para conocer la forma de frutas y hortalizas deben estar disponibles para los tecnólogos. Estos pueden ser dibujos, modelos plásticos, fotografías o "huellas". Estos últimos se realizan colocando el producto sobre un cojín entintado para luego ser transferido a un papel reproduciendo el producto. Estas son excelentes formas de registrar el tamaño de la cavidad de las frutas como duraznos, formas de peciolo de apios, y curvaturas y forma de pepinillos.<sup>46</sup>

Actualmente la forma de los productos alimenticios es inspeccionada por el ojo humano, pero debido a su dificultad, se emplea la "Machine vision" pues además de ser una herramienta poderosa, provee información objetiva por medio de mediciones cuantitativas.<sup>66</sup>



A través de la práctica, la industria puede estandarizar y desarrollar productos de alta calidad con mayor uniformidad y mejor apariencia.<sup>46</sup>

## COLOR

El color puede ser valorado más fácilmente que el sabor, el olor o la consistencia. En el mercado donde el comprador potencial realiza su selección raras veces saborea o come el alimento para comprobar su calidad; no obstante puede mirarlo y juzgarlo por su aspecto.<sup>7</sup>

El color es afectado no solamente por la concentración de pigmentos sino también por la estructura física del alimento y por la forma en que se dispersa la luz desde su superficie.<sup>7</sup>

La evaluación del color se hace con métodos subjetivos y con métodos objetivos.<sup>106</sup>

Los métodos subjetivos hacen uso de catálogos de color y de filtros vítreos.<sup>108</sup>

Su uso se basa en la comparación visual con una colección de colores patrón, ordenados de acuerdo a un sistema determinado. A continuación se presentan los más utilizados:<sup>5</sup>

- Disco Mac-Beth Munsell
- Atlas de Ostwald
- Atlas DIN
- Atlas de Maerz y Paul
- Sistema C.I.E
- Tintómetro de Lovibond<sup>5, 7, 46</sup>

Las determinaciones objetivas de los atributos del color incluyen:<sup>7</sup>

- Sistema Hunter
- Sistema CIELAB
- Espectrofotómetros
- Colorímetros triestímulo
- Colorímetros visuales (colorímetros sustractivos, colorímetros aditivos)<sup>5</sup>



El color interno de las frutas y hortalizas puede ser medido usando un espectrofotómetro de alta intensidad para medir la densidad óptica con las longitudes de onda correspondientes a la luz absorbida por diferentes pigmentos.<sup>109</sup>

En el laboratorio, puede ser identificada y medida la forma y la cantidad de pigmento presente en la materia vegetal y su influencia en el color. Esto requiere una mezcla adecuada de solventes para su extracción, separación mediante técnicas cromatográficas tales como HPLC, y espectrofotometría para identificar y cuantificar los pigmentos mediante sus espectros de absorbancia característicos.<sup>7</sup>

## TEXTURA

La textura y/o la frescura son algunos de los atributos de la calidad más importantes. Los alimentos difieren ampliamente en su estructura y propiedades físicas. Estas diferencias son causadas por (1) diferencias inherentes dentro de las variedades o cultivos, (2) diferencias debidas a la maduración, (3) diferencias debido a la cosecha y/o manejos poscosecha y (4) diferencias causadas por el procesamiento.<sup>46</sup>

Para la mayoría de estas características se han desarrollado instrumentos específicos para la medición de estas propiedades.<sup>46</sup>

En la tabla 36 se presentan las causas que provocan cambios en la textura de frutas y hortalizas cuando éstas son almacenadas.

**Tabla 36.** Cambios en la textura de alimentos durante el almacenamiento.

ALIMENTO	CAMBIOS DE TEXTURA	CAUSA
Fruta fresca	Ablandamiento, marchitamiento, pérdida de frescura, pérdida de la jugosidad	Degradación de la pectina, respiración, golpes, pérdida de humedad y turgencia, debilitamiento de la lamela media.
Frutas frescas	Endurecimiento	Pérdida de humedad
Hortalizas frescas	Dureza,  Ablandamiento, pérdida de frescura	(a) Lignificación. Ej. Espárrago, ejotes.  (b) Conversión del azúcar, almidón, ej. ejotes, maíz dulce. Degradación de la pectina, ej. tomates. Daños por frío ej. ejotes Pérdida de humedad y turgencia. Ej. lechuga, apio.

Fuente: BOURNE, M. Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement. EUA, Academic Press, 2002. p.p. 128

Las pruebas instrumentales utilizadas para medir la textura de los alimentos se clasifican en 3 grupos:<sup>101</sup>

#### - PRUEBAS EMPÍRICAS

Se desarrollan por experimentación y observación, y como tales pueden carecer de una base científica rigurosa. Se ven como patrones que se utilizan para clasificar la calidad del alimento.<sup>101</sup>

Se han desarrollado dispositivos en diferentes áreas de la industria que son apropiadas para productos específicos.<sup>69</sup>

Por ejemplo el Consistómetro de Adams, para medir consistencia en purés y salsas; pruebas Magness - Taylor, para evaluar madurez y firmeza en frutas frescas; Gelómetro Bloom, para medir la consistencia en diferentes geles; y Consistómetro Bostwick, para medir consistencia en catsup y purés de frutas y hortalizas.<sup>69, 101</sup>



Cada ensayo empírico mide características del alimento de forma arbitraria y ya que son excepcionalmente diferentes de uno a otro, no tienden a compararse bien y no se pueden utilizar de modo predictivo.<sup>101</sup>

#### - PRUEBAS IMITATIVAS

Intentan simular las condiciones a las que el material está sometido en la boca, intentan imitar la masticación con cierto tipo de máquina que mastica el alimento.<sup>101</sup>

La mayor ventaja de estos instrumentos es que la flexibilidad del diseño permite ser usado en un amplio rango de alimentos, es particularmente útil para las industrias que manejan o procesan una amplia variedad de productos.<sup>69</sup>

Una prueba imitativa que ha capturado la imaginación de muchos tecnólogos en alimentos debido a que pretende proporcionar valores estándar de la textura de los alimentos es el Análisis de Perfiles de Textura (TPA-Texture Profile Analysis) creado por la General Foods a mediados de los años 60.<sup>101</sup>

#### - PRUEBAS FUNDAMENTALES

Las pruebas fundamentales miden propiedades físicas innatas de los materiales. Son científicamente rigurosas y los datos son expresados en unidades científicas bien definidas.<sup>101</sup>

Los parámetros fundamentales más comunes son el módulo de Young y la relación de Poisson (para sólidos) y viscosidades para líquidos.<sup>69</sup>

Los parámetros fundamentales en líquidos pueden ser medidos con instrumentos adecuados por ejemplo el Reómetro Weissenberg y Reómetro Carri Med.<sup>69</sup>

A continuación se presenta la tabla 37 con las pruebas de textura que se aplican a frutas y hortalizas y productos derivados de éstas.



Tabla 37. Pruebas de textura.

INSTRUMENTO	OBSERVACIONES	EJEMPLOS	Referencia
Analizadores de punción operados a mano	Estos instrumentos usan un resorte para medir, aplicando fuerza con un indicador que muestra la prueba máxima de fuerza. Mide firmeza de frutas y algunos vegetales.	Productos frescos (manzanas). Peras, duraznos y manzanas que han estado sometidos largo tiempo a un almacenamiento frío. Vegetales crudos	22,33,82
Analizador de Textura Stevens LFRA y Gelómetro Bloom	Mide fuerza de geles	Geles	22,101
Madurómetro	Medir la madurez y seleccionar el tiempo óptimo de cosecha.	Ejotes	22,33
Tenderómetro Pea	Aplicados para medir la madurez de los chícharos.	Chícharos	22,55,101
Tenderómetro Ottawa Pea (Sistema de Medida de Textura Ottawa)	Adaptado específicamente para medir la madurez de chícharos frescos.	Chícharos	22,33,55,8 2,101
Prueba de Presión Magness-Taylor	Utilizado para medir la firmeza y madurez	Manzanas, Duraznos, Pepiniños.	6,22,48
Laser Air-Puff	Detector de firmeza. Método no destructivo	Duraznos Manzanas	48
Tenderómetro Vettori-Manghi	Madurez en chícharos	Chícharos	22
Consistómetro de Bostwick	Mide consistencia	Purés (manzana, zanahoria, jitomate, de frutas) Catsup.	22,46,237
Firme Tech 2	Mide la firmeza en pequeños frutos.	Mora azul Uvas Tomates Ciruelas Cerezas	22
Medidor Ridgel	Mide dureza	Jalea	22
Consistómetro Adams y USDA Consistómetro	Mide consistencia	Puré de manzana o salsas	22,46,231



Suculenciómetro o Medidor de jugosidad	Medir el volumen de zumo que se puede prensar a partir de maíz dulce fresco y se utiliza como un índice de madurez y calidad.	Maíz dulce	22,101
Texturómetro GF	Análisis de perfil de textura		22
Sistema Medidor de Textura FTC	Aplicable a la medición de presión, cizalla y penetración	-Madurez en chícharos crudos -Firmeza en manzanas enlatadas y crudas -Fibrosidad en espárragos -Suculencia en maíz dulce y manzanas	22,33,46
Máquinas Universales de Pruebas: - Instron - TA.XT2 Analizador de textura - RTS Analizador de Textura	Para estudiar relaciones tensión-deformación mediante compresión o por estiramiento	Habas verdes enlatadas. Manzanas crudas, zanahorias crudas o enlatadas. Cerezas, maíz, pepino, uvas, lechuga, cebolla chícharos crudos y enlatados. Duraznos enlatados, congelados, crudos. Peras, tomates crudos, plátano	22,33,71
Medidor de Textura Christel		Chícharos	46
Texturómetro Gosut	Medidor de textura Solamente diseñado para aceptar o rechazar el producto.	Espárragos, apios y alimentos con forma alargada.	46
Viscosímetro capilar	Viscosidad aparente	Néctares de fruta y jugos de fruta	22,46,58
Viscosímetro rotacional	Parámetros reológicos	Catsup, productos de jitomate	22,46



### 7.3. ANÁLISIS DE PESTICIDAS

El desarrollo de la agricultura ha sido posible gracias al creciente uso de la maquinaria y de los tratamientos preventivos y curativos de las plantas. Entre estos tratamientos, que se han administrado para mejorar los cultivos y prevenir pérdidas, está el uso de pesticidas, un término general que involucra a insecticidas, fungicidas y herbicidas.<sup>74</sup>

Un pesticida se define como:

"Cualquier sustancia o mezcla de sustancias cuyo propósito es prevenir, destruir, rechazar, o mitigar cualquier peste."<sup>53</sup>

Esta definición identifica a un pesticida como un agente usado específicamente para controlar cualquier tipo de peste.<sup>53</sup>

Se entiende por peste cualquier enfermedad ampliamente diseminada o que da lugar a una mortalidad excesiva.<sup>36</sup>

Este término también es comúnmente aplicado para cualquier organismo que tiene un impacto económico negativo, como los daños en cultivos o su reducción del rendimiento o potencial.<sup>72</sup> En la tabla 38 se muestran los tipos de pesticidas y las plagas que controlan.

Tabla 38. Tipos de pesticidas y sus objetivos.

Tipo de pesticida	Peste que controla
Insecticida	Insectos
Herbicida	Hierbas
Fungicidas	Hongos
Nematicida	Nemátodos
Acaricida	Acaros
Rodenticida y muricidas	Roedores y otros lagomorfos
Molusquicidas y helicidas	Caracoles y babosas
Algacida	Algas
Bactericida	Bacterias
Defoliante	Hojas
Corvicidas y corvífugos	Pájaros

Fuente: DERACHE, R. Toxicología y Seguridad de los Alimentos, España, Ed. Omega, 1990. p.p. 250; HELFERICH, W. Food Toxicology, EUA, CRC Press, 2001. pp. 165.



La contaminación de alimentos con residuos de pesticidas puede resultar de la aplicación de estos químicos en la agricultura, industria o casa. Los residuos de pesticidas en plantas son el resultado de la aplicación directa o, especialmente en el caso de los vegetales de raíz, el resultado de la absorción del suelo.<sup>32, 51</sup>

## PESTICIDAS MÁS COMUNES EN FRUTAS Y HORTALIZAS

### ORGANOCLORADOS

Los plaguicidas organoclorados (OC) son un grupo de compuestos de estructura química muy variada que en común tienen la presencia del cloro en su molécula.<sup>123</sup>

Así tenemos los compuestos aromáticos halogenados como el 1,1'-(2,2,2-tricloroetilideno)bis[4-clorobenceno] (DDT) y el metoxicloro; las cicloparafinas como el hexacloruro de benceno y el lindano; y los derivados del ciclodieno como son el aldrín, dieldrín, endrín, etc.<sup>123</sup>

Los pesticidas organoclorados, las sustancias más persistentes en el ambiente, tienden a concentrarse en las partes comestibles de las plantas.<sup>4</sup>

En humanos los organoclorados se acumulan, en orden de importancia, en grasa, hígado, riñón, cerebro, gónadas y sangre.<sup>121</sup>

En años recientes, el uso de organoclorados ha sido severamente restringido en muchos países.<sup>16</sup>

El efecto más sobresaliente de los pesticidas organoclorados son los daños al sistema nervioso. El DDT produce temblor y descoordinación en dosis bajas y convulsiones en dosis altas.<sup>16</sup>

### ORGANOFOSFORADOS

Los organofosforados (OF) figuran entre los primeros pesticidas sintéticos y son actualmente el grupo de insecticidas de mayor uso en el mundo.<sup>110</sup>

Surgen como una alternativa al uso de organoclorados, sin embargo, hay algunos que son altamente tóxicos.<sup>121</sup>



Los organofosforados son una serie de compuestos que provienen de varios tipos de derivados:

- 1) Derivados del ácido fosforotiónico, como lo es el paratión
- 2) Derivados del ácido fosfortiolotiónico, como lo es el malatión
- 3) Derivados del ácido fosfórico, como ejemplo está el diclorvos
- 4) Derivados del ácido fosforotiónico, como ejemplo el Demeton-S-metil.<sup>121</sup>

El tipo de pesticida organofosforado más tóxico es el paratión. El malatión es tóxico para insectos pero mucho menos tóxico para el hombre que el paratión.<sup>4</sup>

Los pesticidas organofosforados inhiben la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) que es un neurotransmisor de los mamíferos, resultando síntomas (que imitan la acción de la acetilcolina) tales como rigidez pectoral, aumento de la salivación, lagrimeo, sudoración abundante, peristalsis (que puede producir náuseas, vómitos, espasmos y diarreas), bradicardia y una constricción característica de la pupila ocular.<sup>31, 110</sup>

## CARBAMATOS

Los pesticidas carbamatos son usados como insecticidas, herbicidas y fungicidas, pero solo los insecticidas tienen una marcada actividad anticolinesterasa.<sup>16</sup>

Los carbamatos se usan frecuentemente cuando los insectos se vuelven resistentes a los organofosforados.<sup>4</sup>

Entre los más conocidos comercialmente están: isolan, dimetilan, aprocarb, aldicarb, trialato, baygon.<sup>121</sup>

Los carbamatos producen una toxicidad similar al de los organofosforados, pero menos severa.<sup>16</sup>

Los síntomas de mayor toxicidad son la contracción de las pupilas, debilidad muscular, espasmos, presión baja, fallas respiratorias, convulsiones y ataques cardiacos. El carbamato más tóxico es el aldicarb, un pesticida sistemático que no puede ser lavado, sin embargo, el calor reduce sus niveles de residuo.<sup>4</sup>

Los carbamatos han estado implicados en un gran número de incidentes de intoxicación humana, debido tanto a la exposición ocupacional como a la



contaminación de productos alimenticios. Debido a que es muy hidrosoluble puede acumularse y alcanzar niveles peligrosos en alimentos que tengan un gran contenido de agua.<sup>110</sup>

El almacenamiento prolongado de los alimentos disminuye el contenido en estas sustancias. La cocción y otros procedimientos con calor disminuyen algunos, pero no todos. Se encontró que el lavado es el proceso menos eficaz en la eliminación de estos compuestos. La reducción de los residuos es más baja en vegetales con una gran cantidad de área superficial, por ejemplo: brócoli y espinacas. También se han demostrado pérdidas de malatión en algunas variedades de frutas y vegetales durante el enlatado, cocción, producción de jugos, el secado y la congelación.<sup>47, 75, 81</sup>

La persistencia de un producto fitosanitario (pesticida) en un vegetal, es decir, el período durante el cual el material activo o sus metabolitos activos son detectables por análisis depende de diversos factores:

- La naturaleza de la materia activa;
- La dosis de empleo;
- La formulación de la especialidad comercial;
- La naturaleza de la superficie del vegetal que recibe el tratamiento;
- El crecimiento de la planta que genera un fenómeno de dilución de la materia activa en la biomasa vegetal;
- Las condiciones climáticas, temperatura, pluviometría;
- La tensión de vapor: evaporación de pesticidas en la atmósfera.<sup>117</sup>

En la tabla 39 se muestran los productos fitosanitarios presentes en diferentes tipos de hortalizas.

**Tabla 39.** Persistencia de productos fitosanitarios en cultivos de hortalizas (mg/kg).

Deltametrina en espinacas	(D0) 0,33	(D+1) 0,27	(D+3) 0,15
Procimidona en ejotes	(D+3) 0,98	(D+11) 0,19	(D+23) 0,08
Vinclozolina en ejotes	(D+3) 0,43	(D+11) 0,06	(D+23) 0,02
Mevinfos en chícharos	(D0) 0,84	(D+6) 0,06	(D+10) < 0,01

*D0 = día del tratamiento del cultivo.*

*D + X = día de muestreo para el análisis, la recolección se realizó el D + 3 para las espinacas y el D + 23 para los ejotes.*

**Fuente:** TIRILLY, Y. Tecnología de las Hortalizas. España, Ed. Acribia, 2002. p.p. 503.



El análisis de residuos de productos fitosanitarios en los alimentos tiene como objetivo controlar que las concentraciones eventuales no excedan los límites residuales máximos (LRM) fijados por los Servicios Nacionales e Internacionales competentes.<sup>34</sup>

El análisis de residuos de pesticidas en un alimento puede ser de dos formas:

1. El tipo de tratamiento a los que fue sujeta la muestra de alimento es desconocido. En este caso, el investigador debe ser más o menos sistemático, o al menos la elección de los análisis debe ser guiada por el uso del pesticida, etc. (costoso y desarrollado por laboratorios equipados y entrenados).
2. El tipo y naturaleza de los pesticidas empleados son desconocidos. En este caso, el proceso de análisis es menos largo y usualmente puede ser desarrollado rutinariamente en un laboratorio de pruebas en la planta de producción.<sup>74</sup>

El análisis de pesticidas involucra los siguientes pasos:

1. Toma de muestras
2. Preparación de residuos y extracción de la muestra
3. Purificación de los extractos
4. Determinación cualitativa y cuantitativa de residuos
5. Interpretación de resultados.<sup>74</sup>

Las operaciones necesarias para una identificación positiva de un pesticida dependen del criterio del analista, debiendo prestarse atención particular a la elección de un método que reduzca al mínimo los efectos de compuestos que interfieren. El método que se elija dependerá de la disponibilidad de aparatos y conocimientos adecuados en el laboratorio de ensayo. Como orientación, se dan en las tablas que siguen varios procedimientos alternativos de confirmación.<sup>227</sup>

Las Tablas 40, 41 y 42 muestran una recopilación de las técnicas que se usan para analizar los pesticidas (carbamatos, organofosforados, organoclorados) presentes en frutas y hortalizas.



**Tabla 40. Técnicas de análisis para pesticidas Carbamatos.**

Pesticida	Técnica	Referencia
Carbamatos en general	Métodos bioquímicos (inhibición de colinesterasa)	74,86
	Detector Coulson's de conductividad electrolítica	86,114
	HPLC	76,86
	NPD	114,227
	Agri-Screen Ticket	170
N-metilcarbamato	HPLC	114,250
	GC	58
	LC (metabólitos)	58
	Método multiresiduo	205
Servin	HPLC	170
Aldicarb	HPLC	170,250
Metamil	HPLC-derivatización de columna-detección fluorescente	250
Carbofuran, Oxamil	LC-MS	149
	IQ	149
	ES	149
	HPLC-derivatización de columna-detección fluorescente	250
	TLC	181
Metholcarb	LC-MS	149
	IQ	149
	ES	149
	HPLC-derivatización de columna-detección fluorescente	250
Carbaril	Método Colorimétrico	58
	Método Cualitativo y Cuantitativo	58
	Método multiresiduo	214,216
	LC-MS-MS	227
	LC-MS	149
	IQ	149
	ES	149
	HPLC-derivatización de columna-detección fluorescente	250
TLC	181	
Diethofencarb, ethiofencarb, fenobucarb, fenoxycarb, isoprocab, methiocarb, pirimicarb, propoxur y thioencarb	LC-MS	149
	IQ	149
	ES	149



Tabla 41. Técnicas de análisis para Pesticidas Organofosforados.

Pesticida	Técnica	Referencia
Organofosforados en general	Métodos bioquímicos (inhibición de colinesterasa)	69,74,86,114
	PC	86
	Detector termoiónico	69,74,86,114
	HPLC	86
	NPD	114,186,227
	TLC	114,227
	Método multiresiduo	58,114,158,205,216
	Agri-Screen Ticket	170
	FPD	74,76,205,227,250
	GC	58,69,186,227
	LC-MS-MS	186
	GLC-FPD	250
Malatión	TLC	86
	GC	53
	FPD	86,170
	NPD	170
	GC-MS-MS	184
	Método multiresiduo	58,214
Bromofo	TLC	86
	Método multiresiduo	158
Paratión	HPLC	114
	GC	53
	Método colorimétrico	58
	GC-MS-MS	184
	Método multiresiduo	58,214
Fosfolofenitroton	TLC	86
Acetato, monocrotofos, vamidotión, ometoato	LC-MS-MS	186
	GLC-FPD	250
	GC	58
Metamidofos	LC-MS-MS	186
	Método multiresiduo	214
	TLC	181
Fosfarotiolato	GC	26
	HPLC	
	TLC	
	NMR	
	MS	



Tabla 42. Técnicas de análisis para Pesticidas Organoclorados.

Pesticida	Técnica	Referencia
Organoclorados en General	PC	86
	HPLC	86
	ECD	69,74,76,86,114
	Detector Dormán microcolorimétrico	86
	Método multiresiduo	58,114,158,205,216
	GC	58,69,227
Aldrin	TLC	86
	GC	114
	Método multiresiduo	58,158
Chladrine	TLC	86
HCH heptacloro	TLC	86
	GC	114
	Método multiresiduo	58
DDT	TLC	86
	GC	53,114
	ECD	170
	Método colorimétrico	58
	Método multiresiduo	58
Toxafeno	TLC	86
Dieldrin	GC	53,114
	Método multiresiduo	58
Endrin	GC	114
	Método multiresiduo	58
Lindano	GC	53
	Método diferencial	58
	GC-MS-MS	184
	Método multiresiduo	58,214
Captan	ECD	170
	Espectrometría	58
	Método multiresiduo	214
Dicofol	ECD	170
	Método multiresiduo	158,214
Endosulfan	GC	58
Tetradifan	GC-MS-MS	184
Tetrasul	Método multiresiduo	158,214
Edosulfan sulfato		
Metoxicloro	Método colorimétrico	58
	Método multiresiduo	58,158

NOTA: Abreviaturas ANEXO 2



## 7.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Las frutas y los vegetales pueden contaminarse con microorganismos patógenos mientras crecen en los campos de cultivo, durante la cosecha, el manejo post-cosecha, proceso, distribución o durante su transformación en la industria.<sup>138</sup>

Las bacterias Gram (-) dominan la microflora asociada en la mayoría de los vegetales, mientras que los mohos y las levaduras ligeramente fermentativas comprenden usualmente la mayoría de la microflora en frutas frescas, debido al pH ácido del tejido de las frutas que generalmente es menor a 4.0.<sup>138</sup>

Mientras el pH de muchos vegetales está en el rango apropiado para el crecimiento de bacterias patógenas, algunos, como, el tomate maduro está en un rango de pH de 3.9 a 4.4 que previene o retarda el crecimiento de microorganismos. Los mohos y las levaduras, por otro lado, tienen una ventaja competitiva sobre las bacterias que pueden acceder a los tejidos dañados de vegetales ácidos y muchas frutas, porque son capaces de crecer hasta en un rango de pH tan bajo como de 2.2 a 5.0 característicos de estos productos.<sup>138</sup>

El número de brotes documentados de infecciones humanas asociadas con el consumo de frutas y vegetales crudos y jugos de fruta no pasteurizados se han incrementado en años recientes.<sup>138</sup>

Debido a las graves repercusiones y responsabilidades para las industrias de alimentos que tienen brotes de intoxicaciones alimentarias, las industrias procuran cumplir con las normas legales establecidas para la fabricación de los productos, cuando éstas no existen, adoptan prácticas adecuadas de manipulación, fabricación y distribución. Si se trata de las alteraciones de los alimentos, la actitud de las industrias de alimentos no suele ser tan rígida, aún cuando las enormes pérdidas económicas derivadas de estas alteraciones obligan a estas empresas a poner en práctica medidas eficaces para evitarlas o reducirlas.<sup>84</sup>

La mayoría de las pruebas de control de calidad se realizan a petición del fabricante interesado en demostrar al almacenista, detallista y consumidor la calidad de su producto y si fuera posible su superioridad frente a los de la competencia. Dada la necesidad de etiquetar los alimentos con su <<fecha de caducidad>>, cada vez es más común el establecimiento de criterios que deben cumplirse de acuerdo con lo señalado en la etiqueta sobre vida útil.<sup>100</sup>



Existen una serie de razones que justifican la necesidad de analizar los alimentos para determinar cualitativa o cuantitativamente sus microorganismos.

Los principales objetivos del análisis microbiológico son asegurar:

- (1) Que el alimento cumple ciertas normas estatutarias;
- (2) Que se ajusta a normas internas establecidas por la compañía procesadora y a las externas exigidas por el comprador;
- (3) Que las materias alimenticias que llegan a la planta para ser procesadas cumplen las normas y las pactadas con el productor;
- (4) Que se mantiene el control del proceso y la higiene de la línea de fabricación.<sup>41</sup>

A continuación se presenta la tabla 43 con los microorganismos que se encuentran comúnmente en frutas y hortalizas, así como sus productos derivados y diferentes opciones para detectarlos.



Tabla 43. Análisis microbiológicos para frutas y hortalizas.

MICROORGANISMO	PRODUCTO	TÉCNICA	MEDIO	REF:
Aerobias mesófilas (31°C ± 1°C)	Frutas y Hortalizas frescas, escaldadas, congeladas, enlatadas, fermentadas, deshidratadas.	Recuento en placas	Caldo nutritivo	100,113,115
		Conteo de aerobio mesófilos	PCA	49,56,60,83,9 1224,232, 243
		Gotas en superficie	Caldo nutritivo	60,100,115
	Jugos de fruta	Placa en espiral	Caldo nutritivo	100,224
		Extensión en superficie	Caldo nutritivo	60,91,100, 115
		HMGF	Caldo nutritivo, PT, TSFA	58,100,164
		Películas Secas Rehidratables	Medio MR-VP, Levine, Caldo lactosa, PCA, Caldo triptofano	58,63,164
<i>Bacillus cereus</i> y <i>Bacillus</i> spp.	Hortalizas enlatadas y fermentadas.	Conteo directo de placas	PPEMBA, MEPPA, MYP	49,59,83,100, 115
		NMP	Caldo tripticasa soya polimixina, MYP, agar nutritivo	63,91,224
	Frutas y hortalizas deshidratadas.	Pruebas confirmativas	Agar nutritivo, caldo nitrato, medio movilidad, MYP	49,58,91
		Pruebas rápidas		91,164
	Jugos de frutas	Técnicas inmunológicas		49,91
		kit Tecra kit Oxoid		
		Kit de aglutinación por látex reverso		49,91,164



<i>Staphylococcus aureus</i>	Hortalizas fermentadas Ensalada de hortalizas Hortalizas y frutas frescas, deshidratadas y enlatadas.	Recuento directo	TSA, BHI, Agar triptona extracto de levadura	100,224
		Recuento en placas	BP	49,58,91
		Cultivo de enriquecimiento	Caldo de glicina manitol telurito, agar sal leche, Caldo Giolitti y Contani	49,100
		NMP	BP, BHI, TSB	58,60,91
		Recuento de <i>Staphylococcus</i> por Coagulasa Positiva	BP, BHI, EDTA	49,60,63,83, 91,115,236, 248
		Pruebas rápidas: kit API		91,164
		Kit aglutinación de látex	BPA, TSA	58,83,164
<i>E. coli</i>	Jugos de fruta.	Técnica en medio líquido	LMG, BMA, MUG	58,91,164
		Presencia - Ausencia	MAC, BGBL, UPEB	49,83,100,222, 224
	Frutas y Hortalizas frescas, escaldadas y congeladas, enlatadas y deshidratadas.	Películas secas rehidratables (Petrifilm)	Medio violeta rojo biliado	49,58,63
		Filtración de membranas	TBA, TSAM	49,58,63,100, 164
		Técnica ELISA		59,164
	Ensalada de hortalizas	NMP	Caldo lauril-sulfato-triptosa, Caldo de McConkey, BGLB, BGGB, VRBA	
		RPLA		164



		PCR		164,224
		Reactivos fluorogénicos	PCA, Caldo triptofano, Medio MR-VP, Caldo citrato Koser, Caldo lauril triptosa con MUG, Caldo lactosa	58,224
<i>E. coli</i> O157:H7	Jugos de frutas	Método ELISA: kit comercial EHEC-		58,91,164
		Test de aglutinación por látex (Oxoid)		49,91,164
		Medio líquido de enriquecimiento	TC-SMAC	49,83,100,193
		PCR	DNA Primers o cebadores Enzima termoestable	139
		HGMF	Agar movilidad, TSA, TSTB	58,63,164
<i>Salmonella</i> spp	Jugos de frutas.	Método General	RV, HE, S-S, XLD, VB, EB, TT, agar citrato Simmons, caldo MR-VP, caldo manitol, caldo malonato, caldo lactosado, T81, agar nutritivo, BS, MAC, BGA, MLCB, SC, caldo urea, BHI, LIA, TSB caldo de soya tripticasa	
	Frutas y Hortalizas frescas y enlatadas			
	Ensalada de frutas.	Presencia – Ausencia	RV	83, 100
		Pruebas bioquímicas: Vitek GNI	TSA, agar soya tripticasa	58,164
	Ensalada de hortalizas.  Hortalizas fermentadas	PCR	DNA Primers o cebadores Enzima termoestable	139,140,164, 217,224
		Anticuerpos fluorescentes		58,189,224



		Inmunoensayos enzimáticos		58,189
		Ensayos de hibridación DNA-DNA		58,189
		Sondas de DNA		91,164
		Métodos BIND		189
		Kit API20E		58,91,164
		Inmunofluorescencia		58,91,164
		Elisa (kit comercial):		58,91,164
		- Tekra Salmonella (SIV)	Caldo M	58,91,
		- MicroElisa (Q-trol)	Caldo M	58,91,
		- Salmonella-Tek	Caldo M	58,91,
		- Sistema VIDAS		
		Prueba Rápida de Salmonella Oxoid		49,164
		HGMF	MAC, LIA, TSI, TT, caldo lactosado	58,164
		Sistema Gene-Trak	Caldo de enriquecimiento	49,58,164
		Confirmación serológica de colonias sospechosas	Sueros aglutinantes polivalentes anti O y	58,91
		Diferenciación serológica (kit Spectate)		49,164
<i>Listeria monocytogenes</i>	Frutas y Hortalizas frescas.	Enumeración y detección	Agar selectivo para listerias Oxford, PALCAM	49,83,100,193
	Ensalada de hortalizas	Técnica rápida: Elisa kit	BLEB, caldo Fraser, caldo Demi-Fraser	49,164
		Sistema VIDAS		58,164
		Micro-Id	TSAYE	58,164



		Pruebas Bioquímicas: - Vitek GPI - Vitek GNI	BHI, TSA + sangre de borrego	58,164
		PCR	DNA Primers o cebadores Enzima termoestable	139,164,224
<i>Pseudomonas</i>	Hortalizas frescas.	Medio Selectivo	CFCA	49
	Ensalada hortalizas.	HGMF		63,164
<i>Aeromonas spp</i>	Frutas y Hortalizas frescas.	Recuento Directo	Agar sales biliares irgasan-verde brillante o la modificación de Ryan del agar XLI	100
		Cultivo de enriquecimiento	Agar sales biliares irgasan-verde brillante o la modificación de Ryan del agar XLI	100
		HGMF		164
<i>Clostridium</i>	Frutas y hortalizas enlatadas y deshidratadas.	Método de recuento en tubos	TSN, DRCM	49,91,115
		Método de conteo de colonias	SIC	83,100
		NMP	RCM,TSCY, LYL, FL, TEL	59,63,91,115
	Hortalizas fermentadas. Jugos de frutas.	Pruebas rápidas: Minitex y kit RPLA	..	91,164
		Enumeración e Identificación (Cultivo directo)	TSC	58,59,60,100,224



Enterobacterias	Hortalizas frescas, congeladas y fermentadas.	Enterobacterias totales	VRBG	49,60,83,91,100
		Pruebas confirmativas:	PCA, CO	91,100
	Ensalada de Hortalizas	- Prueba de citocromo-oxidasa	Medio KIA	
		Presencia- Ausencia	Caldo EE	60,83
		Técnicas rápidas: Micro-ID Enterotube II API20E		58,164
Coliformes	Frutas y Hortalizas frescas, escaldadas, congeladas y enlatadas.	Cuenta de Coliformes Totales	VRBA	91,113,246
		Técnica de tubo múltiple	MAC, BGBL, caldo lauril-sulfato-triptosa	49,235
	Jugos de fruta	NMP	Caldo lauril-sulfato-triptosa, BGBL, caldo EC, caldo de McConkey, agar Levine	58,60,63,84,100,115,224,245
		Presencia-Ausencia	BGBL	83,84,91,100
		Películas secas rehidratables	Medio violeta rojo billado	49,58,63,164
		Filtración por membranas	Nutrientes violeta rojo billado TBA, TSAM	49,58,63,164
Lactobacillus y Bacterias lácticas	Frutas y hortalizas enlatadas.	Método 1. Recuento de lactobacilos y bacterias lácticas	MRS	100,113
	Hortalizas fermentadas.	Método 2. Diferenciación de lactobacilos y estreptococcus	Medio diferencial L- S	100
	Jugos de frutas.	HGMF		63,164



<i>Shigella</i>	Hortalizas y derivados	Confirmación serológica	Sueros aglutinantes anti-shigella	60,91
		Enriquecimientos en medios líquidos selectivos	Caldo EE, GN	60,91
		Aislamiento diferencial sobre medio sólido selectivos	XLD, HE, DCA, MAC	60,91,115
		PCR	DNA Primers o cebadores Enzima termoestable	224
<i>Streptococcus</i>	Hortalizas y derivados	Medios Sólidos: - Prueba Presuntiva - - Prueba Confirmativa	Caldo KAA Caldo KAA, agar KAA	83,91
		Presencia - Ausencia	Caldo KAA	83,91
<i>Vibrio spp</i>	Frutas y Hortalizas frescas	NMP	TCBS	63,224
		Recuento Directo	TCBS	60,83,100,115
		Método de Tubos Múltiples	Agua peptona alcalina que contenga el suplemento de electrolitos	100
		Identificación	Agar hierro triple azúcar sal, Medio salino de Hugh-Leifson, caldo sales carbohidrato, medio de SIM sal	60,115



Levaduras y mohos	Hortalizas y Frutas frescas.	Recuento Directo	DRBC, OGYE, DG	49,60,91,100, 143,224
	Conservas de frutas	Conteo Howard	Celda de Howard	19,58,63,239
		Conteo de Geotrichum	Solución cristal violeta	19,58,113
	Jugos de frutas.	HGMF	YM, PT, EM	58,63,143
	Frutas congeladas y deshidratadas.	PCR	DNA Primers o cebadores Enzima termoestable	143,164
	Hortalizas fermentadas.	Cuenta de Hongos	Agar papa, PDA, MA	49,56,233,244
		Examen microscópico	Azul de algodón-lactofenol	19,49,100
		Microscopía fluorescente	Colorantes fluorescentes	19,224
		Técnicas de impedancia o conductancia: - Bactometer Malthus		19,164
		Fermentación de Carbohidratos	Caldo de fermentación de carbohidratos	49,143



## 7.5. ANÁLISIS DE ADULTERACIONES

La autenticación de los alimentos es un tema importante tanto para el consumidor como para la industria alimentaria en todos los niveles de la cadena alimenticia, desde la materia prima hasta el producto terminado.<sup>145</sup>

La adulteración de alimentos y bebidas ha sido un problema desde que el hombre dejó de producir su propia comida y tuvo que contar con alimentos comerciales.<sup>9</sup>

En 1936 la Agencia Americana de los Alimentos y Fármacos (FDA) advirtió que los zumos de naranja estaban siendo falsificados con azúcar, ácido cítrico, esencias de la corteza de los frutos y colorantes, prácticas que se hacen todavía.<sup>11</sup>

La adulteración suele ser un acto intencionado para cometer un fraude. Consiste básicamente en el uso, en la formulación, de materiales más baratos que el auténtico sin declarar dicha circunstancia en la etiqueta del producto. Este tipo de adulteración es difícil de detectar y conlleva al deterioro de la calidad del producto.<sup>11, 43, 67</sup>

Desde el punto de vista legislativo, los estándares mínimos de calidad han sido establecidos con la legislación de etiquetado, que requiere que se especifique la composición de cada uno de los productos. Desde el punto de vista económico, es esencial que las materias primas sean auténticas para evitar la competencia desleal que podría afectar al mercado.<sup>145</sup>

Para la protección del consumidor, es de vital importancia el garantizar la autenticidad de los alimentos combinados con buena calidad.<sup>38</sup>

Los productos fraudulentos son productos similares a los encontrados en el proceso de elaboración de muchos otros alimentos. Se considera adulterado un comestible o bebida cuando su naturaleza, composición o calidad no corresponden al nombre con que se les anuncia o expende.<sup>97, 116</sup>

Como parte de las posibilidades de adulteración de un alimento hay varias alternativas, entre éstas:

1. Si se ha dejado de añadir o se ha retirado del producto, en su totalidad o en parte, algún constituyente de valor.
2. Si alguna sustancia ha sido sustituida, en su totalidad o en parte, por otra.



3. Si se ha disimulado de alguna forma algún defecto o característica que reduce la calidad del producto.
4. Si se ha añadido al producto, mezclado o envasado junto con el mismo, alguna sustancia con objeto de aumentar su volumen, peso o reducir su calidad o concentración, hacer que su calidad o su valor parezcan mayores de lo que son.<sup>67</sup>

En productos de frutas y hortalizas, los métodos comunes de adulteración ya sean solos o combinados, incluyen la adición de agua, lavado de pulpa, jugos más baratos, colorantes y otros aditivos no declarados, usualmente para enmascarar los perfiles de composición de los jugos puros.<sup>197</sup>

Tradicionalmente, lo primero en un análisis frente a un problema de autenticidad es buscar compuestos significativos, que son, idealmente, exclusivos del producto y que se puedan determinar cuantitativamente de forma rápida y segura con bajo costo.<sup>11</sup>

Con el objetivo de detectar adulteraciones se han desarrollado técnicas analíticas físicas sencillas tales como peso, volumen, densidad, pureza, acidez y concentración de la muestra.<sup>11</sup>

La tabla 44 muestra las pruebas analíticas físicas que se hacen para detectar adulteraciones en los productos a base de frutas y hortalizas.

**Tabla 44.** Pruebas físicas sencillas para detectar adulteraciones

Componente	Técnica	Referencia
Sólidos solubles	Refractómetro	5,58,67,78,106,146,230
	Hidrómetro	67
Acidez	Método de valoración química con disoluciones patrón de NaOH	58,67,78,79,106,146,229
Densidad	Picnómetro	5,78,79
	Densímetro	106
PH	Potenciómetro	67,78,106,146,238
	Papel indicador	106

Como los comerciantes sin escrúpulos han llegado a ser más y más sofisticados y las técnicas tradicionales para detectar adulteraciones ya no lo hacen, ha sido necesario desarrollar técnicas más elaboradas.<sup>11</sup>

El análisis de un simple componente de un jugo podría ser inadecuado para proveer la suficiente información que defina la autenticidad del jugo, es por eso que los análisis químicos de componentes múltiples son requeridos para evaluar correctamente las diferencias entre jugos adulterados y puros.<sup>155</sup>



Algunas de las técnicas utilizadas para el análisis de posibles adulteraciones en diferentes productos se indican en las tablas 45 y 46.

Tabla 45. Técnicas para detectar adulteraciones en jugos de fruta.

Adulteración	Técnica	Referencia
<b>AMINOÁCIDOS</b>	Índice de Formol	9,11,78,116
	GC	11
	GLC	9
	HPLC	9,11
	NMR	136,221
Betaína	HPLC	11
	Método espectrofotométrico	58
<b>COLORANTES</b>		
Colorantes naturales (amarillo de cúrcuma)	Técnica de Fluorescencia (fluorimétricas)	11
Carotenoides, antocianinas (amarillo de cúrcuma, annatto, extracto de paprika)	HPLC	11,187
<b>SALES MINERALES</b>	Fotometría de flama de K y Na	11,58
	Absorción atómica	11,116
	ICP	9,116,146
	Método potenciométrico de cloruro	146
<b>ADICIÓN DE AGUA</b>	Medición de contenido de minerales	67
	OSIRA	9,10,67
	IRMS	174
	Método de caracterización espectral	58
<b>ÁCIDOS ORGÁNICOS</b>		
Ácido cítrico	NIR	10
	Acidez Titulable	11,146
	GLC	116
	HPLC	11,58,67,116,177,210,212
	Kit enzimático	10,11,78,116,177
	Electroforesis capilar	196,197
	<sup>13</sup> C IRMS	167,172
	NMR	221
	SNIF-NMR	172
	SNIP-IRMS	162,173
Ácido málico	Kit enzimático	10
	HPLC	11,116,177,210,212
	Electroforesis capilar	196,197
	<sup>13</sup> C IRMS	167,172



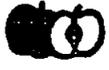
	NMR	221
	SNIF-NMR	172
	SNIP-IRMS	162,173
Ácido ascórbico	Método fluorométrico	11
	2-6-diclorofenolindofenol	11
	Método enzimático	10
	HPLC	11,78,116,177, 210,212
Ácido isocítrico	Prueba de ácido isocítrico	67
	Isotacoforesis capilar	175,177
	Kit enzimático	11,78,116,177
Ácido tartárico	Electroforesis capilar	196,197
	HPLC	58,67
<b>FOSFOLÍPIDOS</b>	Colorimetría de las cenizas	11
	Medida del fósforo total	11
	GLC	11
	HPLC	11
<b>LAVADO DE PULPA</b>	NMR	180
	Método UV/Vis y fluorescencia espectrofotométrica	9,11,58
	Índice de cloramina T	9,11,116
	Índice de formol o de formaldehído	67
	HPAEC-PAD	9
	Enzimáticas	9
	NIR	10
	Método de caracterización espectral	58
<b>COMPUESTOS FENÓLICOS</b>	HPLC	169,210,220
	NMR	169
Naringina	MS	169
	HPLC	11,67
	GC	11
	Prueba de Davis	67
	LC	58
<b>CARBOHIDRATOS</b>	Cromatografía capilar de gas	9
	NIR	10
	DMR	9
Sacarosa, glucosa, fructosa	HPLC	11,116,146,194
	Colorimétricas	11
	FT-NIR	194
	GC	58,116
	SNIP-IRMS	162,173
HFCS (jarabe de maíz rico en fructosa), caña de azúcar, azúcar de remolacha invertido	CSIRA	9,10,11,58,67, 116,133,213
Sacarosa	Py-MS	9,10,11,155
	Polarización	58
Caña de azúcar, HFCS,	IRMS	9,161,167,172



azúcar de remolacha		
Azúcar de remolacha invertido	OSIRA	11,58
Glucosa, Fructosa, Sacarosa, azúcar de remolacha invertido	NMR	136,221
Sacarosa de remolacha	Isótopos en la sacarosa	11
Azúcar de remolacha	HPAEC-PAD	9,10,67
	SNIF-NMR	10,11,58,67, 161,162,172
	HSIRA	10
Azúcares reductores, caña de azúcar, azúcar de remolacha	Análisis de azúcares reductores	67

Tabla 46. Técnicas para detectar adulteraciones en Mermeladas y Purés.

Adulteración	Técnica	Referencia
<b>ADICIÓN DE OTRAS FRUTAS</b>	Microscopía de luz	9
	FTIR	9,145
	HATR	145
	DAD	145
	ATR	10
<b>CONTENIDO DE FRUTA</b>	NPK	9
	FTIR	10
	NIR	10
<b>ANTOCIANINAS</b>	HPLC	9
<b>COMPUESTOS FENÓLICOS</b>	HPLC	169,211,220
	MS	169
	NMR	169
<b>CARBOHIDRATOS</b>		
Monosacáridos y Oligosacáridos	Método FI espectrofotométrico	141



# DISCUSIÓN



## 8. DISCUSIÓN

### ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

El análisis químico proximal (AQP) es la suma de los componentes de un alimento que debe ser del 100% (+/- 5%), y que como su nombre lo indica da la composición de un producto.<sup>104</sup>

Como en toda técnica analítica, hay ventajas y desventajas en el uso del análisis químico proximal para la evaluación de alimentos.

Las ventajas del sistema son:

1. La mayoría de los laboratorios están equipados para llevar a cabo este tipo de análisis. No es necesario equipo caro y sofisticado.
2. Provee una buena evaluación general del alimento.
3. Muchos de los datos disponibles en composición de alimentos es reportado en términos de análisis proximal.<sup>38</sup>

Algunas de las desventajas del AQP son:

1. El sistema no define los nutrientes individuales del alimento.
2. No es preciso.
3. El procedimiento se lleva tiempo.
4. No dice cuanto material indigerible hay en el alimento.
5. El AQP no provee información relativa a la palatabilidad, textura, toxicidad o disponibilidad nutricional, a pesar de que esta información es necesaria para evaluar un alimento.<sup>38</sup>

### CENIZAS

La ceniza de un producto alimentario es el resultado que queda después de quemar la materia orgánica. El residuo consiste de óxidos y sales que contienen aniones como fosfatos, cloruros, sulfatos, y otros haluros y cationes como: sodio, potasio, calcio, hierro y magnesio.<sup>14, 68</sup>

La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes.<sup>68</sup>



La determinación de las cenizas proporciona un índice que se utiliza junto con otros para caracterizar y evaluar la calidad del alimento, y a menudo es un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento. Cuando hay un valor alto de cenizas sugiere la presencia de un adulterante inorgánico.<sup>68, 79</sup>

El método oficial para la determinación de cenizas es el *método general* o *Kjeldahl*, por incineración en un horno de mufla a una temperatura para el elemento que se va a determinar (de 450 a 550°C), por que al sobrepasarse los 600°C se producen pérdidas de cloruros alcalinos (como el cloruro sódico).<sup>1, 79, 88</sup>

## HUMEDAD

La determinación de humedad es una medida analítica importante usada ampliamente en el procesamiento y evaluación de frutas y hortalizas, así como de sus productos. La determinación del contenido en agua es una medida del rendimiento y cantidad de sólidos en los alimentos, y es frecuentemente un índice de valor económico, estabilidad, y calidad de los productos y responde a diversas necesidades.<sup>1, 88</sup>

El conocer el contenido de humedad en los alimentos es importante por las siguientes razones:

1. Comercial, es preferible comprar en base a la materia seca que sobre el producto entero.
2. Reglamentaria, la ley fija por razones higiénicas y comerciales, los contenidos máximos de agua para un gran número de productos alimentarios.
3. Tecnológica, la realización de numerosos procesos de transformación necesita el conocimiento de este valor.
4. Analítica, la composición de un producto alimentario se expresa, en general, respecto a la materia seca para facilitar la comparación entre las muestras.<sup>1</sup>

En razón de la importancia de estos fines, es necesario disponer de métodos analíticos que posean las cualidades de precisión, confiabilidad, reproducibilidad, rapidez, etc.<sup>1</sup>

El contenido de humedad puede determinarse por diferentes métodos:

- Pérdida de peso debido al secado, el método usual.
- Secado al vacío (estufa al vacío).
- Destilación con un solvente que tenga un punto de ebullición más alto y una gravedad específica más baja que el agua.



- El método Karl Fischer
- Métodos instrumentales basados en principios físicos o fisicoquímicos.<sup>12, 38, 68</sup>

En el método oficial para la determinación de humedad en frutas y hortalizas se utiliza la estufa a 100°C. La humedad se determina por la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a él.<sup>68</sup>

El secado en una *estufa a vacío* es recomendado debido a que el punto de ebullición del agua es menor en el vacío, es por esta razón que las muestras pueden secarse a bajas temperaturas, minimizar pérdidas de otros componentes y evitar la descomposición de los azúcares.<sup>38</sup>

La *destilación azeotrópica* se recomienda principalmente para muestras con alto contenido de sustancias volátiles y azúcares libres.<sup>12</sup>

El método de *Karl Fischer* es empleado principalmente para la determinación de alimentos con bajo contenido de humedad, como por ejemplo productos secos. La principal ventaja de este método es que el agua se determina específica y selectivamente.<sup>12, 79</sup>

## FIBRA CRUDA

La "fibra cruda" es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra en las condiciones descritas a continuación. Las condiciones más comunes son tratamientos consecutivos con petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, ebullición con hidróxido de sodio diluido, con ácido clorhídrico diluido, con alcohol y con éter. Este tratamiento empírico proporciona una fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original.<sup>68</sup>

La técnica más común para determinar el contenido de fibra es el *método de fibra cruda o método de Weende*, el cual data desde 1800 y no diferencia un polisacárido de otro.<sup>14</sup>

Se basa en un ataque con ácido sulfúrico, seguido de una filtración y un nuevo ataque con KOH. El residuo final, menos el peso de las cenizas obtenido por incineración, es la celulosa bruta. En realidad, el residuo está constituido por lignina y una fracción de celulosa de la muestra; su valor es muy inferior a la masa de la fibra cruda.<sup>1</sup>



## FIBRA DIETÉTICA

El término fibra dietética es un anglicismo, el concepto tiene su origen en el papel que desempeñan una gran variedad de carbohidratos en el funcionamiento gastrointestinal, principalmente sobre la motilidad, pero también en la prevención de ciertas patologías del colon.<sup>1</sup>

Todos los polímeros glucídicos, no hidrolizables, no absorbibles en el intestino delgado, pertenecen a la clase de glúcidos indigestibles, aunque una gran parte de ellos son metabolizados por la flora intestinal y desaparecen en el intestino grueso: el 50% de la celulosa y el 95% de las pectinas son consumidas por los microorganismos del colon.<sup>1</sup>

La lista de los glúcidos indigeribles es muy amplia, entre ellas se encuentran la celulosa, hemicelulosa, pectina a los cuales se suma la lignina, aunque se trate de un polímero de naturaleza fenólica. Además se incluyen aditivos usados como agentes texturizantes (alginatos, agar, carragenanos, garrofin, guar, goma arábiga, tragacanto, xantano, celulosas y almidones modificados). También se engloba a algunas proteínas y compuestos fenólicos. Finalmente se incluyen los glúcidos indigestibles, una pequeña proporción del almidón, así como algunos disacáridos y oligosacáridos.<sup>1</sup>

Debido a que los métodos empíricos para medir la fibra cruda son de poca aplicación (en ciertos casos se obtienen resultados que constituyen tan sólo la séptima parte de la fibra total en la dieta), se han desarrollado algunos métodos para cuantificar la fibra dietética.<sup>68</sup>

Una opción para cuantificar la fibra dietética es el *método enzimático-gravimétrico* que permite separar las fracciones solubles e insolubles de las fibras alimentarias: utiliza enzimas amilolíticas y proteolíticas para solubilizar el almidón y las proteínas. Este método es aceptado por la AOAC.<sup>1,68</sup>

El *método de Southgate* y el *método de Englyst* basan su aproximación de fraccionar la fibra en la división tradicional de los polisacáridos de las paredes celulares, en sustancias pécticas, hemicelulosas y celulosas.<sup>68</sup>

El *método Englyst* es complicado y toma tiempo, por lo que no es apropiado para un control de rutina del proceso ni para fines de etiquetado; sin embargo, es un procedimiento completo, y por tanto, adecuado como método de referencia.<sup>68</sup>

El *método de sustancias insolubles al ácido fórmico* está basado en la extracción de proteínas con ácido fórmico a ebullición, de esta forma, el residuo contiene la totalidad de la celulosa y la lignina, aunque los otros componentes de la fibra alimentaria escapan al ácido fórmico.<sup>1,68</sup>



Van Soest desarrolló dos métodos para la identificación de fibra utilizando detergentes: *Método de detergente neutro (NDF)* y *Método de detergente ácido (ADF)*. Este procedimiento separa y clasifica la parte digestible e indigestible de las células de las plantas. La muestra de alimento es inicialmente sometida a ebullición en una solución de detergente neutro para separar la fracción soluble de detergente neutro (contenido de células) y la fracción insoluble del detergente neutro (paredes celulares). El contenido celular es altamente digestible (cerca de 98%) e incluye varios azúcares, almidones, pectinas, proteínas, lípidos, compuestos nitrogenados, carbohidratos solubles, minerales y vitaminas hidrosolubles. Las paredes celulares pueden ser fraccionadas y sometidas a ebullición en una solución de detergente ácido. La hemicelulosa es solubilizada durante este procedimiento, mientras que la fracción de la lignocelulosa del alimento permanece insoluble.<sup>38</sup>

Siguiendo este procedimiento (ADF) se puede determinar la lignina, ya que la celulosa es separada de la lignina por el ácido sulfúrico, sólo la lignina y las cenizas insolubles en ácido permanecen hasta el término de esta etapa. Este residuo es luego incinerado, y la diferencia de pesos antes y después de la incineración indica la cantidad de lignina presente en la muestra.<sup>38</sup>

Para la determinación de lignina, también se puede seguir la *técnica Klason*, que utiliza ácido sulfúrico, aunque ésta solo es una aproximación de la lignina verdadera porque contiene otras sustancias no específicas.<sup>86, 88</sup>

Otra alternativa para la determinación de fibra dietética es la cromatografía de gases (GC) y la cromatografía líquida de alta presión (HPLC), estos *métodos cromatográficos* permiten la identificación y la cuantificación de la fibra presentes en el residuo obtenido tras una hidrólisis enzimática o química. La HPLC es una técnica simple y segura y permite determinar simultáneamente la pectina y las hemicelulosas.<sup>88</sup>

Estas técnicas todavía no son usadas comúnmente para el análisis de rutina de fibra dietética, tal como la *espectroscopia de resonancia magnética nuclear (NMR)* y la *espectroscopia de reflectancia infrarrojo próximo (NIR)*. NIR es un método con gran potencial porque es rápido y simple. Sin embargo, es costoso y su utilidad depende del uso adecuado de los métodos químicos para calibrarlos.<sup>88</sup>

## CARBOHIDRATOS

La mayoría de las sustancias denominadas azúcares son mono y oligosacáridos. La glucosa y la fructosa son los azúcares que comúnmente se encuentran presentes en las frutas y en bebidas de fruta.<sup>79, 215</sup>



Actualmente hay una demanda para la determinación de estos azúcares para propósitos nutricionales, control de calidad y para monitorear su estado de madurez.<sup>215</sup>

Para su determinación existe una gran variedad de métodos, que se basan en distintos principios. El método de elección dependerá de varios factores, por ejemplo el tipo y el número de las muestras, la exactitud, la precisión, la sensibilidad y el tipo de información requerida, el tiempo, los aparatos y la calidad del personal disponibles.<sup>68</sup>

Los métodos de prueba disponibles para mono y oligosacáridos incluyen procedimientos químicos (determinación de azúcares reductores), cromatográficos, ópticos y enzimáticos.<sup>93</sup>

Los métodos químicos son capaces de determinar características más específicas de los carbohidratos. De estos métodos tienen especial importancia los métodos reductométricos, que se basan en la capacidad reductora de los distintos azúcares sobre diluciones salinas de metales pesados (sobre todo cobre).<sup>79</sup>

Los azúcares que tienen en su estructura grupos aldehídicos o cetónicos libres reaccionan como agentes reductores débiles y se llaman azúcares reductores. Éstos incluyen a todos los monosacáridos. Los disacáridos como la sacarosa, así como otros oligosacáridos, están formados por azúcares simples unidos a través de sus grupos aldehídicos o cetónicos y, por tanto, son carbohidratos no-reductores (hasta que son hidrolizados en los azúcares reductores que los forman). Estas propiedades se usan para cuantificar azúcares por la medición de la reducción del Cu (II) al Cu (I).<sup>68</sup>

Muchos métodos para la determinación de azúcares reductores en frutas y productos de frutas han sido desarrollados y recomendados. El método más simple, rápido y más adecuado para un análisis rutinario es *Lane-Eynon*, que es recomendado por el AOAC. Éste es un método empírico y, por tanto, deben seguirse en forma rigurosa las condiciones experimentales estandarizadas, y los procedimientos para obtener resultados satisfactorios.<sup>12, 68</sup>

El método *Luff-Schoorl* utiliza un reactivo menos alcalino que el *Lane-Eynon*; en consecuencia, es un agente oxidante más débil y requiere mayores tiempos de ebullición. También tiene calibraciones idénticas para glucosa y fructosa y, por tanto, para azúcar invertida. Este método no requiere una titulación de una solución en ebullición como el de *Lane* y *Eynon*, pero implica una determinación yodométrica del exceso de Cu (II).<sup>68</sup>



Otros métodos de reducción del cobre son el *Munson-Walker* que se utiliza para macrodeterminaciones, pues utiliza un procedimiento unificado para todo los azúcares, aunque los resultados son calculados para cada azúcar en tablas empíricas; y el *método Somogyi-Nelson* que determina microcantidades de azúcares reductores y es mas usado para trabajos de investigación.<sup>65, 93</sup>

Las desventajas de estos métodos es que se llevan mucho tiempo y son destructivos, así como la interferencia de otros compuestos biológicos con estructuras relacionadas.<sup>88</sup>

Los *métodos cromatográficos* son, en primer lugar, métodos separativos. Por ello tienen aplicación especialmente en el caso de mezclas de varios azúcares. En una segunda instancia se realizará la identificación de las sustancias separadas.<sup>78</sup>

Los métodos van desde procedimientos cromatográficos en papel para la identificación de componentes en una microescala hasta separaciones de columna a gran escala para el aislamiento de relativamente grandes cantidades de compuestos puros para posterior identificación y estudio.<sup>93</sup>

Dentro de los métodos cromatográficos cuantitativos, la HPLC tiene la máxima importancia, ya que es un procedimiento que permite muy buenas separaciones dentro de un gran número de sustancias en un tiempo corto.<sup>79</sup>

La cromatografía en capa fina (TLC) es muy adecuada para la separación completa de los principales azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) presentes en los jugos de fruta y en bebidas preparadas a partir de ellos. La ventaja de este método es la velocidad (la prueba es completada en una hora o menos).<sup>65, 79</sup>

Las ventajas de la cromatografía de gases es su velocidad, y que las fracciones pueden ser analizadas cuantitativamente y recolectadas para su identificación. Las desventajas son que se requieren máquinas muy caras para su separación.<sup>65</sup>

La determinación cualitativa por cromatografía de papel es el mejor método y el más simple para distinguir entre varias formas de azúcares presentes en los alimentos en una mezcla con otros componentes con sólo unos pocos miligramos de muestra.<sup>65, 93</sup>

Otros métodos cromatográficos alternativos son la HPLC de fase invertida donde se usa un gel de sílice modificado de  $C_{18}$  con agua como fase móvil, parece ser una técnica útil para la determinación de los oligosacáridos, los cuales se separan bien, o para las concentraciones muy bajas de azúcares.



También se pueden usar las técnicas de formación de derivados post-columna seguidas por detección fotométrica ultravioleta o visible, por ejemplo, la reacción con el azul de tetrazolio.<sup>68</sup>

Los *métodos enzimáticos* se llevan a cabo de forma rápida y no requieren una preparación larga de la muestra. Además, debido a su especificidad, permiten identificar los azúcares individuales de una mezcla. Es por esta razón, que se han abierto camino entre los métodos oficiales de análisis.<sup>79</sup>

En la tabla 47 se comparan cuatro métodos utilizados para el análisis de azúcares –cromatografía de gases (GC), cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía en capa fina (TLC), y enzimáticos –en términos de su especificidad, precisión y otras características.<sup>93</sup>

Tabla 47. Comparación entre 4 métodos para análisis de carbohidratos.

Características	GC	HPLC	TLC	Enzimático
Especificidad	-	-	-	++
Preparación de muestra	-	+	+	+
Prueba	--	+	-	-/+
Precisión	-	+	-	+
Sensibilidad	+	+	+	++
Interferencias	+	+	+	-
Tiempo requerido	-	-	-	-/+
Costo (prueba)	-	+	+	-
Costo (instrumentos)	-	-	-	++
Capacidad para automatización	+	+	+	+

+, Satisfactorio; -, Insatisfactorio

Fuente: POMERANZ, Y. Food Analysis: Theory and Practice. 2a Ed., EUA, AVI Book, 1987. p.p. 658.

Muchos *métodos colorimétricos* han sido desarrollados y han tomado gran popularidad recientemente debido a su simplicidad, a su aplicabilidad en pequeñas cantidades de materiales y a su utilidad para la determinación cuantitativa de carbohidratos en una mezcla después de separarla por cromatografía en papel, de estos métodos el más utilizado hoy en día es el *procedimiento de la Antrona*. Este método es específico tanto para las hexosas como para los monosacáridos y a partir de los oligosacáridos después de la hidrólisis.<sup>65, 68, 93</sup>

Los carbohidratos son activos ópticamente y pueden ser analizados por métodos polarimétricos y refractométricos.<sup>93</sup>



El *refractómetro* constituye un método rápido y moderadamente preciso para cuantificar el contenido del azúcar.<sup>68</sup>

Los *métodos polarimétricos* tienen la ventaja de que son sencillos, rápidos y no destructivos, es decir, no alteran la muestra, que por lo tanto podrá reutilizarse. La principal aplicación de la polarimetría en el análisis de azúcares es la determinación cuantitativa de sacarosa, también de azúcar invertido y de glucosa. Tiene gran importancia en la determinación de almidón.<sup>79</sup>

Durante la década pasada la *detección amperométrica de pulsos (PAD)* ha sido estudiada como una técnica para la detección de carbohidratos. Aunque tiene ventajas por su fácil uso, repetibilidad y rapidez, carece de selectividad en muestras que contienen más de una especie activa electroquímicamente y es por eso que requiere de una separación cromatográfica.<sup>215</sup>

En el caso del almidón, en la elección de un método para su determinación se debe tomar en cuenta la naturaleza del material a ser analizado, el propósito del análisis y la precisión deseada. El método directo de hidrólisis ácida sólo se aplica cuando las concentraciones de almidón son altas como en las papas.<sup>65</sup>

En el análisis de rutina de los alimentos en el laboratorio, los métodos tradicionales de polarimetría y de reducción de cobre acompañados por cromatografía en papel o por cromatografía en capa fina pueden suministrar la mayor parte de la información requerida. Sin embargo, la tecnología moderna y los cambios en la legislación a menudo requieren análisis más específicos y sensibles. Éstos pueden ser proporcionados por la GLC, métodos enzimáticos y especialmente por HPLC.<sup>68</sup>

## PROTEINAS

Las proteínas se encuentran en pequeñas cantidades en frutas y hortalizas, y en su mayoría se encuentran como enzimas. Si se requiere determinarlas se pueden analizar empleando diferentes alternativas:

El *método Kjeldahl*, se trata del método clásico para determinar la cantidad de proteínas de un producto a partir de su contenido en nitrógeno, sigue siendo la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico. En consecuencia, se incluye en métodos oficiales reglamentarios y está aprobado por organizaciones internacionales.<sup>1, 68</sup>

Otros métodos usados son los *colorimétricos*, que diferencian por la naturaleza de los sustratos sobre los que las reacciones se desarrollan a partir



de una función específica de un aminoácido, más globalmente de los enlaces peptídicos.

- *Método de Lowry*
- *Método de Biuret*
- *Método de Bradford*

El uso del método adecuado depende de cinco criterios:

- a. la cantidad total de proteína presente en la muestra
- b. la concentración de la proteína
- c. la especificidad del método
- d. la presencia de otras sustancias que pudieran interferir
- e. la facilidad y reproducibilidad del método.<sup>154</sup>

En la tabla 48 se describen detalladamente las ventajas y desventajas de algunos métodos para la cuantificación de proteínas.



Tabla 48. Ventajas y desventajas de métodos utilizados para determinación de proteínas.

Método	Ventajas	Desventajas
Kjeldahl	Apropiada para varios tipos de productos alimentarios (solubles e insolubles).	Interferencia con compuestos nitrogenados no proteicos.
	Alta confiabilidad.	Excesiva formación de espuma durante la digestión.
	Incluida en los métodos aprobados por organizaciones internacionales.	Uso de catalizadores tóxicos y/o caros.
		Elección de factor de conversión, baja sensibilidad. Se lleva más tiempo, después de la ebullición.
Biuret	No interferencia con aminoácidos libres.	Interferencia de sales de amonio, detergentes, sales de buffer.
	Poca influencia de la composición de aminoácidos sobre el desarrollo del color.	Baja sensibilidad (concentración: 1-6 mg/ml; cantidad de proteína necesaria: 0.05-5 mg).
	Simplicidad de operación, facilidad de manejo en gran número de muestras.	Los azúcares reductores interfieren en la cuantificación de proteínas.
Lowry	Alta sensibilidad (cantidad de proteína necesaria: + 5-100 µg).	Dependencia moderada del desarrollo del color sobre la composición de aminoácidos.
	Simplicidad de operación, facilidad de manejo en gran número de muestras.	Alto número de compuestos que interfieren. Procedimiento lento.
Bradford	Recomendada desde 1991 para medir la alteración por el calor de las proteínas de los granos de maíz después de su secado.	Gran variación proteína a proteína.
	Ensayo rápido. Útil cuando la precisión no es muy importante.	No compatible con detergentes.

Fuente: ADRIAN, Jean. Análisis Nutricional de los Alimentos. España, Ed. Acribia, 2000, pp. 45-46; GARCÍA ARELLANO "et al". Cuantificación de proteínas: una revisión. Biotecnología, 1, 1998, pp. 78; NOLLET, Leo. Handbook of Food Analysis. Vol. 1, EUA, Marcel Dekker, 1996, pp. 285.

También se han desarrollado otras técnicas como *Activación de neutrones* y *Activación de protones*, éstas representan el desarrollo más original de los métodos de determinación de nitrógeno desde el trabajo de Kjeldahl. Éstas tienen la ventaja de ser simples, rápidas y automatizadas, con



un bajo costo de análisis y no tienen peligro de contaminación. Sin embargo, los instrumentos son caros y son útiles para laboratorios que procesan un largo número de muestras.<sup>66</sup>

## LÍPIDOS

El contenido de "grasa" (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), el cual puede ser considerado como formado por constituyentes lípidos "libres" es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico, mientras que los lípidos "enlazados" requieren disolventes más polares para su extracción.<sup>68</sup>

La fracción lipídica poco ligada, se extrae a temperatura ambiente con solventes poco polares como el éter de petróleo, el éter etílico o el cloroformo. El método estándar es el *Método de Soxhlet*, la eficiencia de este método depende del tratamiento previo de la muestra y de la elección del disolvente.<sup>1, 68</sup>

Por extracción directa con ayuda de disolventes la fracción grasa de los alimentos sólo puede determinarse de forma incompleta debido a que los lípidos se encuentran parcialmente ligados químicamente o absorbidos a proteínas y también a carbohidratos. Por ello, antes de la extracción propiamente dicha es necesario un tratamiento ácido. Como el *método de Weibull-Stoldt (Werner-Schmith o Hidrólisis ácida)*.<sup>79</sup>

Para la determinación de grasa también se pueden usar métodos fisicoquímicos como:

- a) *Método refractométrico*
- b) *Método Foss Let*
- c) *Método espectrométrico en el infrarrojo próximo*

El *método de Foss Let* se utiliza cada vez menos por la necesidad de trabajar con solventes de baja toxicidad y porque los resultados que proporciona sólo tienen un valor comparativo. Tiene la ventaja de proporcionar resultados en un tiempo de 7 a 10 minutos.<sup>1, 68</sup>

El *método espectrométrico en el infrarrojo próximo* requiere una calibración para cada tipo de producto porque el estado de la superficie de la muestra influye en sus propiedades espectrales.<sup>1</sup>



## **ANÁLISIS SENSORIAL**

La calidad sensorial es una parte del concepto total de calidad que detalla las propiedades percibidas por uno o más de los sentidos humanos.<sup>125</sup>

Cada fruta y hortaliza posee sus propias características, pero hay diferencias entre los distintos varietales de una especie que deben ser cuidadosamente estudiadas por los productores y los industriales para asegurar su éxito comercial.<sup>7</sup>

El productor de frutas y hortalizas para el consumo se preocupa fundamentalmente de los atributos de apreciación visual como el tamaño, la forma, el color. Por otra parte, los consumidores perciben que las frutas son de buena calidad cuando se ven bien, tienen buena firmeza y parecen tener buen sabor y valor nutritivo. Aunque compran con base en la apariencia y el tacto, en última instancia su satisfacción depende de la calidad en el momento en que las consumen.<sup>7, 128</sup>

Muchos países, especialmente aquellos que exportan frutas y hortalizas, han establecido normas de calidad para que el comprador pueda estar seguro de obtener un producto de calidad no inferior a un cierto patrón. No existe un conjunto de normas de calidad universales para ningún producto.<sup>127</sup>

La búsqueda de pruebas objetivas para productos perecederos ha sido promovida debido a la necesidad de algunos productores, comerciantes y autoridades reguladores, que en ocasiones tienen intereses conflictivos y que necesitan saber si un producto tiene "calidad". De preferencia la prueba debe ser objetiva (una determinación cuantitativa) en lugar de subjetiva (una evaluación). Ya que las pruebas objetivas son repetibles y no están sujetas a variación humana. Si se mantiene apropiadamente el equipo y se usa correctamente, deberían dar resultados fiables de día en día.<sup>118, 124</sup>

Idealmente, los resultados de las pruebas objetivas deberían correlacionarse con pruebas sensoriales de productos alimenticios similares, para estar seguros de que la prueba es un índice adecuado de la calidad del alimento.<sup>119</sup>

Cada productor tiene su propio criterio que depende de circunstancias locales. Así, las empresas pequeñas y de tipo familiar, que todavía son abundantes en México, orientadas a mercados locales y regionales, con pocos recursos y una tecnología que tiende a ser obsoleta y sus plantas y equipo son viejos y poco automatizados, tienen un escaso control de calidad en sus productos y por lo tanto, su análisis sensorial se basa principalmente en pruebas subjetivas.<sup>20, 127</sup>



Mientras que las empresas grandes y transnacionales cuentan con una mayor tecnología, tienen un alcance nacional e internacional; y además las empresas transnacionales tienen garantizado el abastecimiento de materia prima debido a la adquisición de terrenos de cultivo o financiamiento directo al productor, cuentan con excelente tecnología y buen control de calidad, y con otro tipo de exigencias; realizan los dos tipos de pruebas objetivas y subjetivas, esenciales para el control rutinario de los alimentos y medir la aceptabilidad global del alimento.<sup>20, 119</sup>

En México, los análisis subjetivos y objetivos que se realizan pueden variar de un lugar a otro; es decir, que en los diferentes estados de la República se aplican de acuerdo a las posibilidades económicas de éstos. Por ejemplo, en Sinaloa la clasificación por tamaño del jitomate se realiza mecánicamente según diámetro y peso. También se cuenta con mecanismos de clasificación por colores utilizando para ello celdas fotoeléctricas. Son máquinas costosas y cuya capacidad de manipulación no es, sin embargo, muy elevada, por lo que para instalaciones grandes hay que colocar varias máquinas en paralelo, cuyo elevado costo no puede compensar el ahorro de mano de obra que suponen.<sup>94</sup>

El jitomate del estado de Morelos es clasificado manualmente en base a su tamaño de mayor a menor diámetro en 5 categorías, siendo indistinto el color.<sup>94</sup>

A continuación se discutirán las metodologías de los principales atributos de la calidad de frutas y hortalizas.

## TAMAÑO

La clasificación por tamaño utilizando cajas, cestos o contenedores, es útil en operaciones en pequeña escala, pero se ha demostrado que este método es inadecuado para separar productos en grupos de tamaños uniformes.<sup>90</sup>

En operaciones más grandes se emplean diversos dispositivos para la separación por tamaño, basados ya sea en la forma o en el peso del producto.<sup>90</sup>

Este tipo de seleccionadores solamente trabajan bien cuando el fruto es introducido uniformemente a través de las aberturas del seleccionador. Al seleccionar un tamaño se deben considerar ciertos requerimientos importantes. La capacidad del seleccionador debe ser la superficie para obtener los volúmenes requeridos en las operaciones del empaque.



Prácticamente se ha visto que la capacidad real es de sólo el 66% de la capacidad teórica. Esto se basa en el porcentaje de frutos más pequeños que se manejan y seleccionan. Finalmente, los seleccionadores deben funcionar sin dañar al fruto, cuando operan con un amplio rango de variedades, grados de madurez, etc.<sup>128</sup>

Existen tres Normas Mexicanas para determinar el tamaño de la fruta fresca en base al peso unitario (NMX-FF-008-1982)<sup>240</sup>, a la longitud (NMX-FF-067-1988)<sup>242</sup> y al diámetro ecuatorial (NMX-FF-009-1982)<sup>241</sup>, las cuales se recomienda sean aplicadas en la clasificación de frutas y hortalizas frescas.

## COLOR

El color se puede medir objetivamente por varios métodos, que van desde la coincidencia del producto con tejas coloreadas, hasta el uso del colorímetro Hunterlab y el colorímetro de diferencias. Los colorímetros miden la intensidad, cromaticidad y tonalidad de la muestra y generan tres números para la muestra que se está analizando. Así se pueden detectar pequeños cambios en el color. Este método de análisis del color es apropiado para todos los alimentos.<sup>8</sup>

Dentro de los métodos comparativos para la medición de color en los alimentos, ocupan un espacio importante los sistemas comparativos con estándares impresos. Se les conoce con el nombre de atlas de color y se refieren a una serie de colecciones de colores de referencia. Por ejemplo los discos de Munsell y el tintómetro de Lovibond, no son métodos totalmente objetivos ya que dependen del ojo humano para comparar el color de la muestra con el producido, respectivamente, por combinaciones de discos coloreados giratorios o colores de referencia ajustados por un observador.<sup>5,8</sup>

En el laboratorio, puede ser identificada y medida la forma y la cantidad de pigmento presente en la materia vegetal y su influencia en el color. Esto requiere una mezcla adecuada de solventes para su extracción, separación mediante técnicas cromatográficas tales como HPLC, y espectrofotometría para identificar y cuantificar los pigmentos mediante sus espectros de absorbancia característicos.<sup>8</sup>

## TEXTURA

Como se mencionó, el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales, incluidas frutas y hortalizas se efectúa a través de diferentes tipos de pruebas.



Los instrumentos utilizados en frutas y hortalizas para realizar las pruebas fundamentales son:

Viscosímetro capilar  
Viscosímetros rotacionales

A través de las pruebas fundamentales se puede obtener las funciones materiales, es decir, aquellas que solamente dependen del material y no del instrumento ni del método.

Como se muestra en el capítulo de análisis sensorial, este tipo de pruebas requieren de instrumentos sofisticados y costosos, es por eso que estos métodos son usados principalmente en investigación básica como apoyo o complemento para determinar la textura en frutas y hortalizas.

Los instrumentos utilizados para realizar las pruebas empíricas en frutas y hortalizas son:

Analizadores de punción operados a mano  
Tenderómetro Pea  
Consistómetro de Bostwick  
Ridgelmómetro  
Consistómetro Adams  
Consistómetro USDA  
Madurómetro  
Analizador de Textura Stevens LFRA  
Sistema Medidor de Textura FTC  
Tenderómetro Vettori Manghi

Las pruebas empíricas se efectúan con instrumentos que con frecuencia son diseñados o contruidos para un material específico, por lo que los resultados son función del instrumento, el método, la carga aplicada, la velocidad de aplicación de la carga, la geometría, dimensiones y orientación de la muestra y las condiciones experimentales; lo que ocasiona que no sean reproducibles ni puedan expresarse en términos de cantidades reológicas fundamentales (potencia de masa, longitud y tiempo). Para este tipo de pruebas los instrumentos utilizados son sencillos y económicos.<sup>44</sup>

En la tabla 49 se presentan las comparaciones entre los 3 diferentes tipos de pruebas.

**Tabla 49.** Ventajas y desventajas de las pruebas Empíricas, Fundamentales e Imitativas.

<b>Sistema</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Empírico</b>	Fácil realización	No entendimiento fundamental de la prueba
	Rápido	Especificación incompleta de textura
	Aplicable para control de calidad rutinario	Procedimiento arbitrario
	Grandes muestras dan efecto promedio	No se pueden convertir los datos a otro sistema Medición usual de "un punto"
<b>Imitativo</b>	Duplica similarmente la masticación u otros métodos sensoriales	Medidas físicas equivalentes desconocidas
	Buena relación con otros métodos sensoriales	Evaluación lenta de gráficas
	Medición completa de textura	No aplicable a trabajo de rutina Restringido a unidades de "tamaño de mordida"
<b>Fundamental</b>	Se conoce exactamente lo que es medido	Pobre correlación con métodos sensoriales
		Especificación incompleta de textura
		Lento

Fuente: BOURNE, M.C. Food Texture and Viscosity. EUA, Academic Press, 1982, p.p. 50.



## **ANÁLISIS DE PESTICIDAS**

Los principales países importadores de frutas y hortalizas tienen requisitos sobre los niveles máximos de residuos de plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.) que pueden permanecer en estos productos alimenticios. Estos límites se basan tanto en reglas nacionales como internacionales. Las agencias gubernamentales en los países importadores toman muestras para asegurarse de que no se excedan los límites, lo que obliga a los productores a emplear únicamente los agroquímicos que estén aprobados para su uso en un producto específico y deben seguir estrictamente las instrucciones del empaque.<sup>223</sup>

Con los métodos modernos de determinación físicos y químicos, es posible averiguar exactamente las concentraciones más bajas de estos pesticidas, por ejemplo, el límite establecido mediante el empleo de GC y TLC es de 0,003 ppm para los pesticidas organoclorados, para los pesticidas organofosforados de 0,05 ppm y para los carbamatos 0,2 ppm.<sup>68, 75</sup>

Los métodos instrumentales son los más usados para el análisis de pesticidas, ya que permiten hacer un análisis más rápido y más barato, con menos personal de laboratorio.<sup>68, 75</sup>

Los métodos más frecuentemente usados para monitorear pesticidas son la cromatografía líquida de alta presión (HPLC) y cromatografía de gases (GC).<sup>87</sup>

La HPLC es la técnica preferida para la determinación de pesticidas no volátiles y termolábiles, porque esta técnica libra las dificultades encontradas con la falta de estabilidad térmica de algunos pesticidas en la cromatografía de gases y con la falta de sensibilidad de la cromatografía en capa fina. Por ejemplo, los carbamatos tienen la tendencia de descomponerse durante la GC, y la mejor forma de determinarlos involucra la HPLC.<sup>67</sup>

La cromatografía de gases en combinación con detectores selectivos, principalmente con Detectores de Nitrógeno y Fósforo (NPD), Detectores de Captura de Electrones (ECD), o Detectores fotométricos de flama (FPD) son aún las técnicas más comunes para la determinación de pesticidas en alimentos, el mayor problema de estos métodos es el gran número de componentes que deben detectarse. La detección paralela con dos o tres detectores de diferente selectividad es un método adicional para obtener mayor información acerca de las sustancias a ser identificadas.<sup>68</sup>



Otra técnica para la detección de pesticidas es la cromatografía en capa fina (TLC), ya que en algunos casos, es muy conveniente confirmar mediante este tipo de cromatografía los resultados de la cromatografía de gases. Las ventajas de la cromatografía en capa fina son la rapidez, el bajo costo y la aplicabilidad a materiales sensibles al calor; las desventajas son que normalmente es menos sensible que las técnicas de detección cromatográfica instrumentales y que a menudo exige una mejor purificación.<sup>227</sup>

Los datos sobre residuos obtenidos mediante espectrometría de masas pueden ofrecer pruebas definitivas y, cuando se dispone del equipo necesario, es la técnica de confirmación más conveniente. Esta técnica puede utilizarse también para la detección de residuos. Generalmente, el análisis de residuos mediante espectrometría de masas se efectúa en conjunción con una técnica cromatográfica de separación, ya sea GC o HPLC.<sup>227</sup>

Los pesticidas organofosforados también pueden ser detectados por GC, pero debido a su baja masa molecular, que son muy polares y/o su naturaleza termolábil presentan dificultades para ser detectados por GC, especialmente a bajos niveles, es por eso que se utiliza la cromatografía líquida seguida de espectrometría de masa (LC-MS-MS).<sup>186</sup>

Existe una gran variedad de métodos multiresiduo reportados, pero todos requieren una extracción con solventes como acetona, metanol, acetonitrilo y etilacetato, sin embargo, los procedimientos multiresiduos basados en la extracción con acetona han demostrado alta efectividad para la identificación de un rango muy amplio de residuos de pesticidas en frutas y hortalizas. Posteriormente se requiere un fraccionamiento, una limpieza y por último la identificación de los pesticidas con diferentes tipos de cromatografía como GLC y/o HPLC.<sup>88, 158</sup>

Este método es el más útil, ya que es capaz de analizar la mayoría de los residuos pesticidas comúnmente encontrados en alimentos. Detecta niveles de residuos desde mg/kg (ppm) hasta sub mg/kg (ppb).<sup>114, 205</sup>

Otras técnicas empleadas para el análisis de estos compuestos son los métodos bioquímicos y métodos colorimétricos. Los métodos bioquímicos, basados en una prueba enzimática son usados para detectar inhibidores de colinesterasas, como los compuestos organofosforados y los carbamatos, estos métodos pueden aplicarse como método de selección inicial para determinar la presencia de un residuo en una muestra, antes de aplicar una técnica de análisis instrumental más compleja.<sup>86, 227</sup>

Mientras que los métodos colorimétricos están basados en las posibles reacciones de ciertos grupos químicos, pero carecen de la sensibilidad y especificidad requerida para el análisis de residuos.<sup>86, 88</sup>



## **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

El examen de alimentos en cuanto a la presencia de los tipos y números de microorganismos y/o sus productos es básico en la microbiología alimentaria. A pesar de la importancia de esto, ninguno de los métodos de uso corriente permite la determinación del número exacto de microorganismos existentes en un producto alimenticio. Aunque algunos métodos de análisis son mejores que otros, cada método tiene ciertas limitaciones intrínsecas relacionadas con su uso.<sup>63</sup>

Hay muchos métodos que pueden utilizarse para el recuento de microorganismos de los alimentos. Su elección depende de diversos factores como:

- Tipo de muestra.
- Características de los microorganismos investigados.
- Características de los medios de cultivo específicos.
- Límite de recuento mínimo.
- Objeto del recuento.
- Tiempo disponible.<sup>100</sup>

La selección de un método microbiológico y la definición de las características del mismo, debe realizarse de acuerdo con el cliente.<sup>73</sup>

La elección del método depende de la capacidad para producir datos en un período de tiempo adecuado para actuar adecuadamente y a un costo razonable, estos aspectos también incluyen la complejidad del método respecto a la experiencia y equipo requeridos.<sup>73</sup>

Si la investigación consiste en la comprobación de la presencia o ausencia de un microorganismo patógeno, la calidad científica del método será el aspecto principal a tener en cuenta, dejando de lado otras consideraciones como el costo y el tiempo para obtener el resultado del análisis.<sup>73</sup>

A continuación se explican las desventajas y ventajas de los principales métodos tratados en la sección de análisis microbiológico en la tabla 43.

El examen *microscópico cuantitativo*, llamado también *bacterioscópico*, *recuento microscópico directo* o *método de Breed*, sigue siendo un criterio de gran utilidad en el análisis microbiológico de los alimentos. Tiene la ventaja de su fácil y rápida realización, ya que si la tinción es adecuada pueden obtenerse los resultados en 10 minutos. Además requiere poca cantidad de equipo, las placas pueden ser mantenidas para posteriores identificaciones, y pueden ser



evaluados tipos morfológicos y tinciones de Gram. Las desventajas son que, sólo es aplicable para productos de fruta que contienen grandes números de microorganismos y que la fatiga del analista reduce la precisión de la prueba.<sup>12</sup>

Los métodos microscópicos no permiten la diferenciación entre células vivas o muertas, lo que hace imposible la interpretación de los resultados en términos de riesgo para la salud.<sup>73</sup>

La medición del *número total de organismos aerobios mesófilos* presentes inicialmente en un producto de fruta, puede ser una herramienta útil para la estimación de la población microbiana. El medio óptimo y las condiciones para la determinación del conteo de colonias pueden variar de un producto a otro. Sin embargo, una vez que el mejor procedimiento para cierto producto es determinado, puede ser muy útil para análisis microbiológicos rutinarios.<sup>12</sup>

El *conteo en placa de aerobios* es considerado la mayor, pero no la única aplicación de los métodos de conteo de colonias.<sup>113</sup>

En el recuento de microorganismos aerobios mesófilos se estima la flora total, pero sin especificar tipos de gérmenes. En general es una prueba para conocer las condiciones de salubridad de algunos alimentos.<sup>91</sup>

Los métodos que implican el *vertido en placas* o la *gota de agar* necesitan que el medio de cultivo sea claro, ya que en otro caso los microorganismos situados en la profundidad del medio no se distinguirán a simple vista ni serán detectados con aparatos de recuento como el contador láser. Lo mismo sucede con la *técnica de la placa en espiral* en donde las colonias microbianas se cuentan con la luz transmitida.<sup>100</sup>

A continuación, se señalan las ventajas de los *métodos de recuento en placa por siembra por extensión en superficie* y de *recuento en placa por siembra en gotas en superficie*:

- a. No es esencial que el medio sea traslúcido, como ocurre en el método estándar en placa.
- b. Como las colonias se desarrollan en la superficie del medio, su aspecto puede ser precisado con mayor facilidad y la proporción de los distintos tipos calculada con mayor exactitud.
- c. Depositando varias diluciones sobre la superficie de placas, puede comprobarse la exactitud del sistema de dilución.
- d. Los organismos termosensibles no son inactivados, como puede ocurrir cuando se mezclan con el agar fundido en el método de recuento estándar en placa.



- e. Las placas preparadas de antemano con el medio de cultivo pueden guardarse y trasladarse perfectamente dentro del laboratorio o a laboratorios de campo para estudios <<in situ>>. <sup>115</sup>

La siembra de placas en espiral es un método de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC).

Entre las ventajas del dispositivo convencional están las siguientes: se usa menos agar, se necesitan menos placas, menos número de blancos de dilución, y menos pipetas; y se pueden examinar de tres a cuatro o más muestras por hora. Asimismo, se pueden preparar 50-60 placas por hora y para esta operación se necesita poco entrenamiento. Entre los inconvenientes está el que las partículas pueden obstruir el estilete dispensador. Es más apropiado para el uso en alimentos líquidos. Ha sido ideado un contador de rayo láser para ser utilizado junto con el aparato de siembra de placas en espiral. Debido a la carestía del aparato, no es probable que exista en los laboratorios que no analizan muchas placas. <sup>63</sup>

El *conteo de colonias por membranas filtrantes* tiene la ventaja de que pequeños números de organismos pueden ser detectados en grandes cantidades de muestra. <sup>49</sup>

*HGMF (filtración a través de filtros con membrana reticulada)* es un sistema analítico más desarrollado. Ha obtenido la aprobación para la valoración final por la AOAC, para el conteo de aerobios totales, coliformes fecales, *E. coli*, *Salmonella*. <sup>164</sup>

En el *Método del Número más Probable (NMP)* se preparan diluciones de las muestras de alimentos de igual forma que en el método convencional de recuento en placa, y se basan en la probabilidad de encontrar crecimiento bacteriano después del cultivo en medio líquido de diluciones sucesivas de la muestra de alimento. <sup>63, 100</sup>

El número de organismos en la muestra original se determina usando las tablas normales del NMP. El método es de por sí estadístico, y los resultados del NMP generalmente son más elevados que los resultados del método convencional de recuento en placa. <sup>63</sup>

Entre las ventajas que ofrece se encuentran las siguientes:

- Es relativamente sencillo.
- Es más probable que los resultados de un laboratorio coincidan con los de otro laboratorio, cosa que no sucede con los resultados del método convencional de recuento en placa.



- Mediante el uso apropiado de medios selectivos y diferenciales se puede determinar el número de microorganismos pertenecientes a grupos concretos.
- Es el método de elección para determinar la densidad de coliformes fecales.<sup>63</sup>

Entre los inconvenientes de su uso se encuentra la gran cantidad de material de vidrio que se necesita (en especial en la técnica de cinco tubos), la falta de oportunidad para observar la morfología de las colonias de los microorganismos y su falta de exactitud.<sup>63</sup>

Los *métodos de presencia /ausencia* tienen una gran importancia en la detección de patógenos. La manera más simple, técnicamente, para realizar este tipo de estudios es analizar en paralelo un número representativo de muestras, aplicando a cada una de ellas todos los métodos en estudio.<sup>73</sup>

Las condiciones necesarias para el éxito de una prueba de este tipo son:

- (i) El número de muestras analizadas debe ser muy grande (más de mil), incluso en los casos más favorables;
- (ii) Sólo son adecuadas aquellas muestras que presentan un contenido bajo de bacterias, pero no cero, (aproximadamente cinco partículas viables por 100 ml).<sup>73</sup>

La *prueba directa para mohos* es un buen criterio de calidad microbiológica para productos secos. Este procedimiento simple trabaja también como prueba de rastreo para la autoinspección en la producción de alimentos.<sup>83</sup>

Es aconsejable con fines de inspección oficial sustituir la prueba directa para mohos por un método de recuento convencional de propágulos de mohos donde se parta de diluciones sucesivas del alimento.<sup>84</sup>

El recuento de mohos por el *método de Howard*, es un método que se realiza sobre portaobjetos, ideado por B.J. Howard en 1911, principalmente con el objeto de controlar los preparados de tomate. El método requiere el uso de una cámara especial diseñada para contar micelios de mohos. No es válido para preparados de tomate que hayan sido triturados.<sup>63</sup>

Los métodos oficiales para la detección de microorganismos en productos alimenticios tanto en materia prima como en producto terminado, requieren al menos de tres días para obtener resultados.<sup>41, 164, 189</sup>

Debido a este tiempo de espera, se generan altos costos, y con el fin de estar en posibilidad de liberar estos productos, se han desarrollado métodos rápidos y prácticos con alto beneficio para la industria alimentaria.<sup>41, 164, 189</sup>



El concepto de <<rápido>> no se ha definido de forma oficial pero generalmente se aplica a cualquier método que proporcione resultados más rápidamente que los métodos estándar.<sup>41, 164, 189</sup>

Además, en los casos en los que se presenta un problema, la velocidad de respuesta de los métodos de prueba empleados reducirán la magnitud e incidencia del mismo. Varios de estos sistemas han sido evaluados y aprobados por la AOAC.<sup>41, 164, 189</sup>

Los llamados *inmunoensayos* han sido utilizados en la identificación de bacterias y su tipificación. Varios de estos inmunoensayos son:

- Aglutinación: es el más sencillo, pues no requiere tipos específicos para su realización, sólo poseer el kit preciso (Aglutinación látex simple, Aglutinación látex reversa pasiva)
- Ensayos inmunofluorescentes: fueron aprobados para la identificación de serotipos de *Salmonella* en alimentos, pero nunca han tenido un amplio uso, debido a la relativa poca especificidad de los anticuerpos, además son ensayos tediosos, cuyos resultados son muy subjetivos y el personal que se requiere debe ser muy calificado.
- Ensayos inmunoenzimáticas: ELISA ha sido el más difundido como alternativa a técnicas más riesgosas. Estos formatos han sido ampliamente utilizados para detectar bacterias patógenas y toxinas en alimentos, siendo su mayor problema la especificidad de los anticuerpos.<sup>164</sup>

El *Método de Serología para Salmonella* da resultados en 50 horas comparado con las 92-120 horas del método de cultivo convencional y no se necesitan ni materiales, ni un adiestramiento especial. Los posibles inconvenientes de su uso son la necesidad de disponer de un mínimo de  $10^7$  células por ml y su falta de respuesta a las células inmóviles.<sup>63</sup>

La *reacción en cadena de la polimerasa (PCR)* en la que fragmentos de una cadena individualizada de DNA se amplifican mediante una reacción enzimática in vitro, parece prometedora, pero necesita ser desarrollada antes de que pueda emplearse en aplicaciones a gran escala. El PCR es prácticamente una técnica de presencia/ausencia pero se puede utilizar como una prueba de tipo NMP para obtener resultados semi-cuantitativos. El área principal de estudio actualmente es la diferenciación entre células vivas y muertas. La solución más simple y práctica consiste en realizar previamente a la etapa de PCR un enriquecimiento corto que permita a las bacterias cultivables desarrollarse. Esto además resuelve en parte el problema de la interferencia con los constituyentes de la matriz de la muestra.<sup>73</sup>



Aunque numerosos reportes coinciden en que la sensibilidad, especificidad y por lo tanto, eficiencia de estos métodos es mayor que la de los clásicos, hay que tener en cuenta que requieren pasos previos y estar atentos cuando se interpretan los resultados, pues estas técnicas son sensibles a la interferencia por la flora normal del alimento, o se afectan por la composición del mismo.<sup>164</sup>

Se debe tener en cuenta que para la introducción de sistemas de diagnóstico modernos, el laboratorio necesita una inversión en equipos realmente costosos y la presencia de personal calificado.<sup>164</sup>

Es importante tener en cuenta que los productos mexicanos deben cumplir ciertas normas microbiológicas, éstas son las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

NOM-092-SSA1-1993	Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
NOM-111-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
NOM-112-SSA1-1994	Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del muestreo más probable.
NOM-113-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes fecales en placa.
NOM-114-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la determinación de <i>Salmonella</i> en alimentos.
NOM-115-SSA1-1994	Bienes y servicios. Método para la determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> en alimentos.
NOM-143-SSA1-1995	Bienes y servicios. Métodos de prueba microbiológicos para alimentos. Determinación de <i>Listeria monocytogenes</i> .



## **ANÁLISIS DE ADULTERACIONES**

Todo laboratorio de control de calidad debe disponer de algún sistema de control de todos los productos que se reciben en la industria para utilizar en la formulación de los productos elaborados. Algunos análisis químicos sencillos, como los nombrados en páginas anteriores, pueden servir de medio de control preliminar. Si los resultados de estos análisis o la información obtenida de otras fuentes sugieren la posibilidad de adulteración, se deben realizar pruebas más complejas. Es muy recomendable encargar a laboratorios profesionales la realización de pruebas completas de manera periódica, preferentemente en muestras tomadas al azar. Muchas industrias establecen especificaciones o estándares de calidad internos para los productos comprados, pero pocas veces se incluyen en los mismos criterios diseñados específicamente para impedir la adulteración.<sup>67</sup>

Un programa de control apropiado deberá incluir un conjunto de pruebas que se puedan realizar de forma fácil y económica; la contratación de los servicios de laboratorios profesionales para la realización de pruebas más caras y complejas.<sup>67</sup>

Frecuentemente la adulteración puede ser detectada por la presencia de componentes menores que contiene el adulterante y no por el alimento en sí. En estos casos los análisis químicos de rastreo son necesarios para comprobar la pureza.<sup>77</sup>

Los métodos para la detección de adulteración en alimentos están basados en técnicas físicas, químicas, bioquímicas y microscópicas.<sup>77</sup>

En la sección de adulteración se mostraron las metodologías recomendadas para identificar las adulteraciones. A continuación se discutirá brevemente el tipo de adulteración.

### **LAVADO DE PULPA**

El lavado de pulpa es el segundo extracto obtenido lavando por separado con agua la pulpa después de la primera extracción del jugo. Su composición química es similar en muchos aspectos al jugo, pero es más pálido, más amargo y con menor calidad.<sup>180</sup>

Muchos métodos han sido propuestos para detectar la adición de lavado de pulpa en jugo; los más usados involucran la detección de niveles elevados de componentes que son encontrados a niveles más altos en la pulpa/cáscara que en el jugo, recomendándose las técnicas siguientes:



Ha habido discusiones considerables sobre la utilidad de estos procedimientos, *UV/vis* y *fluorescencia espectrofotométrica*, y sobre si sus valores son aceptables. Aunque si los jugos de diferentes orígenes tienen pequeñas diferencias en sus características de absorbancia la técnica tiene cierto valor.<sup>116</sup>

Los valores de *cloramina T* son más altos para cáscara que para jugo y por esto han sido sugeridos para detectar la adición de pulpa y cáscara en jugos.<sup>116</sup>

Aunque las *pruebas enzimáticas* proveen otra alternativa para detectar la adición de lavado de pulpa en jugos, éste sólo es efectivo si el lavado de pulpa/extracto de cáscara ha sido tratado con enzimas pectolíticas. En la primera etapa del lavado de pulpa a veces se añaden enzimas que catalizan la descomposición de estos compuestos de elevado peso molecular, ya que el zumo de lavado de pulpa contiene una mayor cantidad de compuestos de elevado peso molecular, como la pectina, que contribuyen a aumentar la viscosidad de los concentrados a los que se añade este producto. Esta viscosidad mayor puede crear problemas de transporte del zumo en las etapas de evaporación y enfriamiento.<sup>11, 67</sup>

## NARINGINA

A veces el precio de la toronja desciende de manera que es una tentación como adulterante del zumo de naranja. La toronja contiene un glucósido de flavonona característico, la naringina, responsable del sabor amargo. Por lo tanto la adulteración del zumo de naranja con zumo de toronja se puede detectar mediante la determinación del contenido de naringina.<sup>11, 67</sup>

Existen varios métodos para la detección del contenido de naringina. Sin embargo, la prueba espectrofotométrica de Davis es la que se utiliza más habitualmente. Otro método muy utilizado es el análisis mediante HPLC, que tiene la ventaja de que permite distinguir y medir las concentraciones de otros flavonoides diferentes de la naringina de manera independiente, aunque normalmente no es necesario, ya que la naringina es el flavonoide predominante en los zumos de toronja.<sup>67</sup>

## AMINOÁCIDOS

El zumo de naranja contiene cantidades notables de aminoácidos libres, éstos eran un componente importante y la cantidad total de aminoácidos del zumo de naranja se estimaba por valoración con formol. Cuando las pruebas simples como *Índice de formol* son introducidas para conocer el contenido de aminoácidos de los jugos, los adulteradores actúan añadiendo fuentes baratas de aminonitrógeno como sales de amonio, urea o glicina para adulterar las



muestras. Al ser tan fácil enmascarar los resultados, la prueba de formol no tiene hoy en día gran valor como medio de detección de la adulteración.<sup>11, 136</sup>

Con la prueba de la *Resonancia Magnética Nuclear (NMR)* se puede obtener información acerca de la presencia y la relativa concentración de un gran número de especies químicas. Es ideal para el análisis de una gran cantidad de muestras, pues ajustándola en la frecuencia de resonancia del hidrógeno, todos los compuestos que lo contienen serán detectados en un muy corto tiempo (10-20 minutos).<sup>10, 136, 221</sup>

Una ventaja adicional de esta técnica es que puede incluir muestras con diversas adulteraciones, las muestras sospechosas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de adulteración; esta clasificación puede ayudar al investigador en la elección de una técnica de análisis químico subsecuente, ahorrándose tiempo y dinero.<sup>221</sup>

La determinación del aminoácido betaína o ácido trimetilaminoacético, también denominado lisina, es poco frecuente. La betaína se puede separar durante la cromatografía HPLC de los azúcares del zumo de naranja.<sup>11</sup>

El color de las bebidas, y particularmente en bebidas de jugo de naranja, influyen directamente el punto de vista del consumidor en el sabor, consistencia y calidad de estos productos. La adición de colorante es utilizada para restaurar el color natural, que puede haber sido destruido durante el procesamiento, o para resaltar algunos aspectos del producto y enmascarar eventuales deficiencias, o para asegurar un estándar de producción. Otras razones para la adición de colorantes son para incrementar el pobre color del jugo, debido a la dilución con agua o para resaltar el color amarillo-naranja pálido de algunas variedades de naranja.<sup>187</sup>

En el caso de los carotenoides muchos colorantes naturales pueden ser usados para modificar e incrementar el color de las bebidas de amarillo a rojo-naranja usando un carotenoide simple como el  $\beta$ -caroteno (naranja),  $\beta$ -apocarotenal (rojo-naranja) o licopeno (rojo) o utilizando complejos naturales de extractos de carotenoides como anato (amarillo), paprika (rojo-naranja) o extractos de cáscara de cítricos (rojo-naranja). Muchas veces son usadas aunque esta práctica no es permitida.<sup>187</sup>

Las técnicas *fluorimétricas* pueden revelar la adición de colorante para aumentar la absorción en el visible. Dado que los colorantes artificiales se detectan fácilmente se utilizan colorantes naturales. De ellos se han usado el amarillo cúrcuma, ya que el principio activo, la curcumina, tiene una fluorescencia característica. Los ensayos para confirmar la curcumina son de fácil aplicación, por ejemplo, los métodos de HPLC.<sup>11</sup>



## SALES MINERALES

La comprobación de si un zumo estaba adulterado, se hacía con las tres grandes determinaciones clásicas: potasio, fósforo y nitrógeno. Pero la facilidad con que estos parámetros se pueden alterar reduce su interés. Análisis más detallados y el empleo de la relación de estos componentes con otros son más prometedores. Todavía se utiliza la determinación de potasio ya que el contenido en potasio total depende del origen de la fruta y representa el 50% de las cenizas.<sup>67</sup>

La interpretación de resultados de los análisis de sales minerales requiere atención y cuidado, porque algunos autores refieren sus resultados a peso o volumen y cenizas del zumo, mientras que otros usan, directamente, el líquido diluido, filtrado o centrifugado. Esta última técnica es común para la determinación por *fotometría de flama de potasio y sodio*, mientras que la absorción atómica es más utilizada en otros cationes.<sup>67</sup>

## FOSFOLÍPIDOS

La medida del fósforo total se ha indicado anteriormente como uno de los indicadores clásicos del contenido en fruta. El método más usado es la colorimetría de cenizas, basado en el *método de Fogg y Wilkinson*. Se han identificado los 5 principales fosfolípidos componentes del zumo de naranja. Los principales grupos de componentes que contienen fósforo se aislaron y, posteriormente se separaron los fosfolípidos. Se espera que la técnica permita detectar lípidos extraños añadidos como agentes emulsificantes o que producen turbidez. Las técnicas modernas de cromatografía líquido-gas (GLC) para análisis de lípidos pueden ser más eficaces para alcanzar ese objetivo.<sup>11</sup>

## ADICIÓN DE AGUA

Las normas de identidad de los zumos directos de concentración normal (que no han sido concentrados y no proceden de concentrado) no permiten la adición de agua.<sup>67</sup>

Más del 80% de la composición de los zumos naturales es agua, la detección de la adición fraudulenta puede ser difícil, aunque existen diferentes métodos, el más común es medir el contenido de minerales de zumo.<sup>67</sup>

El agua potable de la red municipal que utilizan muchas plantas de elaboración puede tener concentraciones mucho más elevadas de estos minerales. Una concentración excesivamente alta de minerales en el jugo



indicaría la adición ilícita de agua. La concentración de minerales se puede determinar mediante diversos métodos para los que normalmente se requieren instrumentos que no suelen estar disponibles en la mayoría de las plantas de elaboración. Existen laboratorios profesionales que analizan el contenido de minerales a un costo razonable.<sup>67</sup>

Los análisis del contenido de minerales no permiten detectar la adición de agua tratada o de agua natural de baja mineralización. Se ha desarrollado un método que permite distinguir entre el agua natural del zumo y el agua añadida procedente de otras fuentes. El método consiste en la *medición de las concentraciones de los diversos isótopos de oxígeno (OSIRA)*.<sup>67</sup>

La *Espectroscopía de relación de radio isótopos (IRMS)* tiene la principal limitación que las relaciones isotópicas del agua de las frutas depende del origen geográfico, del periodo de cosecha y del periodo de cosecha de la fruta; es por eso que es necesaria información reciente para que la interpretación de resultados sea confiable.<sup>174</sup>

## COMPUESTOS FENÓLICOS

Aparte de su relevancia nutricional, los compuestos fenólicos juegan un importante papel en el análisis de alimentos, desde que han sido ampliamente reconocidos como indicadores de adulteraciones en jugos de frutas, mermeladas y purés.<sup>169</sup>

Este grupo de compuestos incluye ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, flavonoides e isoflavonoides. La determinación de compuestos fenólicos incluye HPLC, NMR y MS.<sup>210</sup>

Existe un método simple que fue desarrollado para la determinación simultánea de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos en jugos y bebidas por HPLC con un detector de arreglo de fotodiodos UV. Este método ha sido exitoso para medir gran variedad de estos dos tipos de componentes.<sup>210</sup>

## ÁCIDOS ORGÁNICOS

Debido a la diversidad de las técnicas en adulteración, una fuente de métodos puede ser necesaria y se considera entre ellas, la medida de ácidos orgánicos. Cada jugo de fruta tiene distintos perfiles de ácidos orgánicos, que pueden ser usados como huellas digitales para establecer la autenticidad. Se han desarrollado métodos de HPLC que comparan las relaciones de los componentes ácidos de mayor cantidad. Sin embargo, éste es un valor limitado en la mayoría de los casos, porque los adulteradores pueden adicionar ácidos



orgánicos sintéticos y es por eso que las relaciones son correlacionadas con aquellas encontradas en un jugo puro. El análisis de algunos ácidos menores es una técnica más poderosa, tomando en cuenta que no es factible económicamente el ajustar los niveles de todos los componentes de ácidos, si muchos de ellos son caros.<sup>196</sup>

La *electroforesis capilar* es una herramienta útil para la investigación de perfiles de ácidos orgánicos en jugos, sin embargo, el tiempo necesario en el análisis, es una fuerte limitación, y sólo mejorando la instrumentación se permitirá el desarrollo de una metodología que conduzca al establecimiento de normas de pureza.<sup>197</sup>

Debido a la posible variación de la relación ácidos cítrico/isocítrico y de la disponibilidad del ácido isocítrico más barato, que puede ser añadido, también se han desarrollado métodos adicionales para detectar la adición de ácidos a jugos de fruta. La *Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear-espectroscopía de Deuterio (SNIF-NMR)* y la *Espectroscopía de relación de radio isótopos de  $^{13}\text{C}$  (IRMS)* son capaces de discriminar entre ácidos sintéticos, o biosintéticos y naturales.<sup>167</sup>

El método *SNIF-IRMS (Perfil de isótopos específicos naturales - Espectrometría de masa de relación de radio isótopos)*, usando el ácido málico y el cítrico como pruebas moleculares para la determinación de la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , es muy eficiente para la detección de ácidos málico y cítrico por el metabolismo del carbono 14 en jugo de piña.<sup>162</sup>

## CARBOHIDRATOS

El análisis de carbohidratos en alimentos es un método efectivo para determinar adulteraciones en jugos de fruta. La adulteración de estos alimentos es usualmente introducida por la adición de azúcares baratos como jarabes invertidos (IS) de caña de azúcar o remolacha y jarabes de maíz de alta fructosa (HFCS), entre otros.<sup>141</sup>

La adulteración con carbohidratos se puede detectar mediante diversos métodos (tabla 45). Uno de los más sencillos se basa en la composición de azúcares del propio jugo. Los jugos de frutas contienen sacarosa, glucosa y fructosa en una relación de alrededor de 2:1:1. La glucosa y la fructosa son azúcares reductores, debido a que pueden ser oxidados por agentes oxidantes suaves. La sacarosa, sin embargo, no puede ser oxidada por los mismos agentes oxidantes suaves. Por ello, el contenido de azúcares reductores, un análisis relativamente sencillo de realizar, debe ser aproximadamente la mitad del contenido de carbohidratos, que a su vez constituye alrededor del 80 al 90% de los sólidos solubles totales o Brix.



La adición de jarabe de maíz rico en fructosa o azúcar de caña (predominantemente sacarosa) puede detectar el uso de azúcar de remolacha invertido o de combinaciones especiales de azúcares reductores y no reductores. Por lo tanto, este método se debe considerar como una prueba de comprobación preliminar y no como medio de verificación de la autenticidad.<sup>67</sup>

Se ha desarrollado otro método que puede detectar la adición de cantidades de azúcar de remolacha parcialmente invertido del orden del 1% y quizá incluso del 0.1%. Este método se basa en la cromatografía líquida de intercambio iónico con un detector de pulsos amperométrico, que es varios órdenes de magnitud más sensible que los detectores basados en el índice de refracción. El método detecta la adición fraudulenta de carbohidratos mediante la determinación del perfil de oligosacáridos. Con esta nueva técnica, se puede detectar cualquier adulteración significativa con carbohidratos.<sup>67</sup>

Un avance más reciente para la detección de la adición ilícita de azúcar de remolacha es la utilización de la técnica conocida como *SNIF-NMR* (*Fraccionación de isótopos de sitio específico – Resonancia Magnética Nuclear*). Este método ha sido adoptado como método oficial de AOAC. Detecta la presencia de azúcar de remolacha en jugos de frutas, mediante la medición de la proporción (D/H) de moléculas de etanol deuterado (D) en relación a las posiciones no deuterados en el metilo de etanol (H) tras la fermentación del azúcar. El método es excesivamente complejo para el control rutinario y es mejor dejarlo en manos de laboratorios profesionales.<sup>67</sup>

Un componente simple del jugo puede ser inadecuado para proveer información suficiente para definir la autenticidad de un jugo, es por esto, que se requiere de diversos análisis para la evaluación de las diferencias entre jugos adulterados y jugos puros, sin embargo, ésto es caro y lleva tiempo. Una técnica que presenta potencial es la *Pirólisis-Espectrometría de masa (Py-MS)* como un método rápido para la evaluación de la autenticidad de alimentos y la detección de adulteración, ya que requiere de un análisis de menor tiempo y menos personal. Otras ventajas del Py-MS es que sólo requiere una pequeña cantidad de muestra y necesita menor preparación de la muestra.<sup>155</sup>

La *espectroscopía FT-NIR* permite el análisis rápido, preciso y no destructivo de azúcares, y puede ser aplicado para el control de calidad de bebidas o para el monitoreo de adulteraciones y contaminaciones. Esta técnica permite la cuantificación rutinaria de glucosa, fructosa y sacarosa, simultáneamente, en jugos de fruta.<sup>194</sup>

Se ha propuesto un método que en vez de estudiar los isótopos del agua, estudia los isótopos de la sacarosa en sus relaciones  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  y deuterio/hidrógeno. Desgraciadamente, existen dificultades para aislar y lograr



derivados de la sacarosa que son necesarios para el análisis, y hace que este método sea poco atractivo para análisis de rutina.<sup>11</sup>

El análisis de isótopos de carbono estables (SCIRA) mide pequeñas variaciones en el contenido de  $^{13}\text{C}$  en diferentes plantas. Los métodos basados en la medición de la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  son usados para la detección del  $\text{C}_4$  en azúcares. Esta técnica está basada en la constancia de la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  en plantas usando un camino común fotosintético para la fijación del dióxido de carbono.<sup>133</sup>

SCIRA puede detectar la adición de azúcares de caña/maíz, pero no puede distinguir entre los azúcares provenientes de otros tipos de jugos de frutas y los provenientes de la sacarosa de remolacha. Es un método recomendado por la AOAC.<sup>9</sup>

Un asunto de interés en mermeladas y purés, es el contenido de fruta. La aproximación tradicional es el evaluar un rango de componentes que aparecen en la fruta, en un rango relativamente pequeño como el nitrógeno total, fósforo y potasio (NPK).<sup>145</sup>

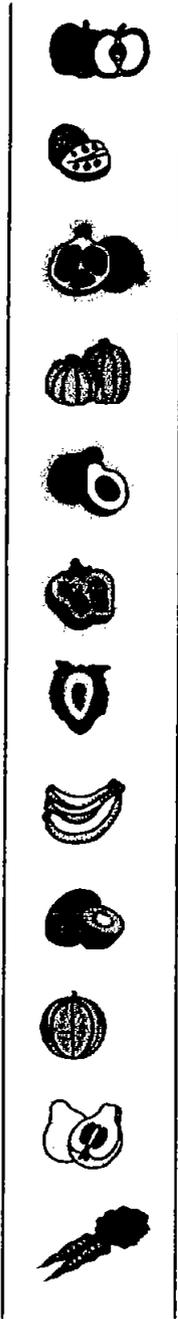
La presencia anormal de un componente en un puré como resultado de la dilución con otras frutas algunas veces, puede ser detectada por observación microscópica, si las células de las frutas tienen formas o apariencia característica.<sup>145</sup>

Un área que no se puede pasar por alto en la evaluación de purés de fruta es la microscopía de luz. Esta aproximación puede ser útil particularmente para la detección de mezcla de fruta de características morfológicas específicas, sin embargo, se requiere de gran experiencia para diferenciar las diferentes estructuras.<sup>9</sup>

La consideración de un solo parámetro analítico, no es suficiente y el uso de una combinación de varios parámetros es muchas veces necesario. La *Espectroscopia Infrarroja de la transformación de Fourier (FTIR)* puede proveer esta información en la forma de un espectro en un periodo corto de tiempo, lo cual es una ventaja sobre otros métodos usados tradicionalmente.<sup>145</sup>

El uso de métodos FTIR ofrece una forma de clasificar muestras de puré rápidamente. El mismo método también permite la detección de varias características concernientes de los purés, como ver si las frutas son frescas o congeladas.<sup>145</sup>

Los colorantes (antocianinas) pueden ser usados para detectar la adición de otras frutas o colorantes añadidos y para esto la HPLC es un elemento crítico.<sup>9</sup>



# CONCLUSIÓN



## 9. CONCLUSIÓN

Por tradición nuestro país es productor de una gran cantidad y variedad de frutas y hortalizas, las cuales se consumen principalmente en forma fresca. Sin embargo, el consumo de productos procesados ha ido en aumento.

Las frutas y hortalizas frescas deben mantener cierta calidad y los productos procesados deben tener las características correspondientes al producto fresco, lo que depende en gran medida de la calidad de la materia prima inicial y del modo en que se realiza el proceso.

La industria alimentaria debe promover la seguridad de los alimentos. Para lograr esta meta, las frutas, las hortalizas y sus derivados, deben ser analizados para detectar cualquier tipo de contaminación (microbiológica, toxicológica, etc.) o adulteración.

Un análisis completo de estos productos es la forma de garantizar la calidad y seguridad de los consumidores.

La determinación del Análisis Químico Proximal proporciona información precisa de los principales componentes del alimento —humedad, fibra cruda, lípidos, cenizas, proteínas y carbohidratos—, cabe destacar que el AQP brinda información acerca de la composición química del alimento, suficiente para obtener el valor nutritivo del alimento, pero no para predecir su valor nutricional.

Las técnicas usadas para la determinación del AQP de un producto son en su mayoría técnicas bien establecidas, codificadas, fáciles de realizar y actualmente muchas de ellas están automatizadas, y ya que son técnicas rutinarias en la industria, deben tener un costo moderado y un corto tiempo de realización.

Entre las cualidades que requiere un alimento, una de las más esenciales: es la seguridad. El análisis microbiológico juega un papel muy importante, con la detección de microorganismos patógenos y otros contaminantes microbianos, se garantiza la calidad de los alimentos y a su vez una mayor seguridad para los consumidores. Además de evitar el impacto económico-social que causan las enfermedades transmitidas por alimentos.



La contaminación por pesticidas, es otro punto importante en el análisis de alimentos. Para exportar frutas y hortalizas frescas, el productor mexicano debe garantizar que sus productos cumplan los requisitos fitosanitarios establecidos.

Ciertos países, como Estados Unidos, tienen límites establecidos para las frutas y hortalizas, que van desde 0.01 a 3 mg/kg y tienen más restricciones si estos productos se destinan a la producción de alimentos infantiles (0.01 mg/kg). Por esta razón, se deben aplicar técnicas que identifiquen este tipo de rangos de contaminación, para eliminar las barreras que impiden la entrada de los productos mexicanos al mercado internacional y de igual manera, analizar eficazmente las frutas y hortalizas de importación para asegurar el bienestar de los consumidores.

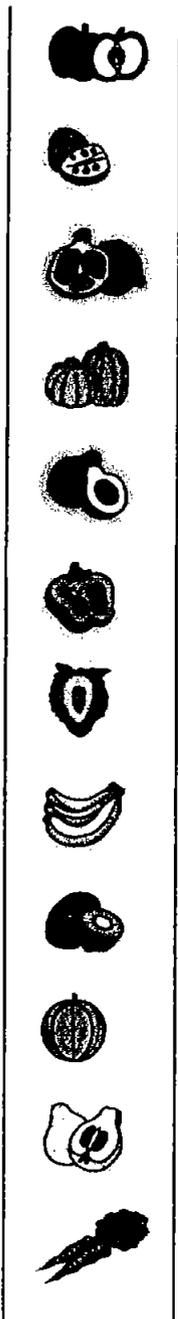
Tomando en cuenta que no todos los laboratorios pueden analizar un alimento de la misma forma, se exponen diferentes técnicas para resolver el problema, según convenga al analista.

La gran variedad de adulterantes que se pueden utilizar para enmascarar la identidad de estos productos, ha llevado a desarrollar técnicas más selectivas y sensitivas para identificarlas.

Para analizar estos componentes, también existe un abanico de posibilidades y la elección de una técnica se complica, debido a que en su mayoría son costosas.

En México las normas son casi obsoletas y no existen parámetros claros que marquen límites de los ingredientes que se usan en el proceso. Sin embargo, éstos son criterios de calidad internos, y para el consumidor adquieren mayor importancia los criterios externos como: el color y la textura, en el presente trabajo se mencionan técnicas útiles, fáciles y rápidas de aplicar y evaluarlos.

El contar con un Manual de frutas y hortalizas y productos derivados es una herramienta para la industria hortofrutícola o para pequeños laboratorios, ya que es una ayuda para poder realizar en cada producto, de frutas y hortalizas, los diferentes tipos de análisis según el fin que se persiga y los medios con los que se cuente. En todos los casos se menciona cual es la técnica oficial y diferentes alternativas que convengan al analista.



# BIBLIOGRAFÍA



## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIAN, Jean, POTUS, Jaques, POIFFAIT, Annie y DAUVILLIER, Pierre. *Análisis Nutricional de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 2000. 292 p.
2. ADRIAN, Jean y FRANGNE, Régine. *La ciencia de los alimentos de la A a la Z*. España, Ed. Acribia, 1990. 317 p.
3. ALEIXANDRE Benavent, José Luis y GARCÍA Esparza, Ma. José. *Industria Alimentaria*. España, Universidad Politécnica de Valencia, 1999. 602 p.
4. ALTUG, Tomris. *Introduction to Toxicology and Food*. EUA, CRC Press, 2003. 152 p.
5. ALVARADO, Juan de Dios y AGUILERA, José Miguel. *Métodos para medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos*. España, Ed. Acribia, 2001. 410 p.
6. AMERINE, Maynard A., PANGBORN, Rose Marie y ROESSLER, Edward B. *Principles of Sensory Evaluation of Food*. EUA, Academic Press, 1965. 602 p.
7. ARTHEY, David y ASHURST, P.R. *Procesado de Frutas*. España, Ed. Acribia, 1997. 273 p.
8. ARTHEY, David y DENNIS, Colin. *Procesado de Hortalizas*. España, Ed. Acribia, 1992. 317 p.
9. ASHURST, P.R. *Food Authentication*. Gran Bretaña, Ed. Blackie Academic, 1996. 399 p.
10. ASHURST, P.R. y DENNIS, M.J. *Analytical Methods of Food Authentication*. Gran Bretaña, Ed. Blackie Academic, 1998. 350 p.
11. ASHURST, P.R. *Producción y Envasado de Zumos y Bebidas de Frutas sin gas*. España, Ed. Acribia, 1999. 415 p.
12. ASKAR, A. y TREPTOW, H. *Quality Assurance in Tropical Fruits Processing*. Alemania, Ed. Springer-Verlag Heidelberg, 1993. 238 p.
13. ASTIASARÁN, Iciar y MARTÍNEZ, J. Alfredo. *Alimentos. Composición y Propiedades*. España, Ed. McGraw-Hill, 2000. 364 p.
14. AURAND, Leonard W. y WOODS, A. Edwin y WELLS, Marion R. *Food Composition and Analysis*. EUA, .AVI Book, 1987. 690 p.
15. BADUI Dergal, Salvador. *Diccionario de Tecnología de los Alimentos*. México, Ed. Alhambra Mexicana, 1996. 300 p.
16. BALLANTYNE, Bryan, MARRS, Timothy C. y SYVERSEN, Tore. *General and Applied Toxicology*. Vol. 3, 2a Ed., Gran Bretaña, MacMillan Reference, 1999. 1425-2200 p.
17. BECKETT, S.T. *Physicochemical Aspects of Food Processing*. Gran Bretaña, Blackie Academic and Professional, Gran Bretaña, 1995.
18. BELITZ, Hans-Dieter y GROSCH, W. *Química de los Alimentos*. 2ª Ed., España, Ed. Acribia, 1997. 1087 p.
19. BEUCHAT, Larry R. *Food and Beverage Mycology*. 2a Ed., EUA, AVI Book, 1987. 661 p.



20. BOSQUEZ Molina, Elsa y COLINA Irezabal, María Luisa. *Fundamentos y Aplicaciones del Procesamiento Técnico de Frutas y Hortalizas*. México, UAM Iztapalapa, 1999. 263 p.
21. BOURNE, Malcolm C. *Food Texture and Viscosity*. EUA, Academic Press, 1982. 325 p.
22. BOURNE, Malcolm. *Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement*. EUA, Academic Press, 2002. 423 p.
23. BOWERS, Jane. *Food Theory and Applications*. 2ª Ed., EUA, McMillan Publishing Co, 1992. 777 p.
24. CALDERÓN Alcaraz, Esteban. *Fruticultura General. El esfuerzo del hombre*. México, Ed. Limusa, 1993. 763 p.
25. CASP Vanaclocha, Ana y ABRIL Requena, José. *Procesos de Conservación de Alimentos*. España, Ed. Mundi-Prensa, 1999. 494 p.
26. CHAMBERS, Janice E. y LEVI, Patricia E. *Organophosphates. Chemistry, Fate and Effects*. EUA, Academic Press, 1992. 443 p.
27. CHARLEY, Helen. *Tecnología de Alimentos*. México, Ed. Limusa, 1999. 767 p.
28. CHEFTEL, Jean-Claude y CHEFTEL, Henry. *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Vol. 1, España, Ed. Acribia, 1999. 333 p.
29. CORONADO Herrera, Martha y VEGA y León, Salvador. *Conservación de alimentos: Un texto de métodos y técnicas*. México, Coordinación de Educación Continua y Publicaciones C.B.S., 1993. 200 p.
30. CRUESS, W.V. *Commercial Fruit and Vegetable Products*. 2ª Ed, EUA, Ed. McGraw-Hill, 1968. 884 p.
31. DE VRIES, John. *Food Safety and Toxicity*. EUA, CRC Press, 1997. 349 p.
32. DEMAN, John M. *Principles of Food Chemistry*. 3a Ed., EUA, Aspen Publishers, 1999. 426 p.
33. DEMAN J.M., VOISEY, P.W., RASPER, V.F. y STANLEY, D.W. *Rheology and Texture in Food Quality*. EUA, AVI Publishing Company, 1979. 588 p.
34. DERACHE, R. *Toxicología y Seguridad de los Alimentos*. España, Ed. Omega, 1990. 491 p.
35. DESROSIER, Norman W. *Elementos de Tecnología de Alimentos*. México, Compañía Editorial Continental, 1999. 783 p.
36. DOX, Ida, MELLONI, Biaggio J. y EISNER, Gilbert M. *Diccionario Médico Ilustrado de Melloni*. España, Ed. Reverté, 1985. 598 p.
37. DOYLE, Michael P., BEUCHAT, L.R. y MONTVILLE, T.J. *Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y Fronteras*. España, Ed. Acribia, 2001. 799 p.
38. ENSMINGER, Audrey H., ENSMINGER, M.E., KONLANDE, James E. y ROBSON, John R. K. *Foods and Nutrition Encyclopedia*. 2ª Ed., EUA, CRC Press, 1994. Vol 1, 1-1208 p. y Vol. 2., 1209-2415 p.
39. ESKIN, N.A.M., HENDERSON, H.M. y TOWNSEND, R.J. *Biochemistry of Foods*. EUA, Academic Press, 1971. 240 p.
40. FELLOWS, Peter. *Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas*. España, Ed. Acribia, 1994. 549 p.
41. FORSTYTHE, S.J. y HAYES, P.R. *Higiene de los Alimentos: Microbiología y HACCP*, 2ª Ed, España, Ed. Acribia, 2002. 489 p.



42. FRAZIER, W.C. y WESTHOFF, D.C. *Microbiología de los Alimentos*. 4ª Ed.; España, Ed. Acribia, 2000. 681 p.
43. FULLER, Harry James y RITCHIE, Donald D. *Botánica General*. 5ª Ed., México, CECSA, 1980. 272 p.
44. GÓMEZ Chávez, Alejandro Othoniel. *Desarrollo de Programas Computacionales para el cálculo de Dureza en un Penetrómetro Universal y Parámetros de Creep con el Modelo de Burger*. Tesis. México, UNAM, FESC, 2001. 106 p.
45. GONZÁLEZ Pacheco, Cuauhtémoc y TORRES Torres, Felipe. *Los Retos de la Soberanía Alimentaria en México*. Tomo 1, México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, 1993. 465 p.
46. GOULD, Wilbur A. Y GOULD, Ronald W. *Total Quality Assurance for the Food Industries*. EUA, CTI Publications, 1993. 464 p.
47. GRAHAM, Horace D. *Safety of Foods*. 2a Ed., EUA, AVI Publishing, 1980.
48. GUNASEKARAN, Sundaram. *Nondestructive Food Evaluation. Techniques to Analyze Properties and Quality*. EUA, Marcel Dekker, 2001. 423 p.
49. HARRIGAN, Wilkie F. *Laboratory Methods in Food Microbiology*. 3a Ed., EUA, Academic Press, 1998. 532 p.
50. HART, F. Leslie y JOHNSTONE Fisher, Harry. *Análisis Moderno de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1991. 619 p.
51. HAYES Jr., Wayland J. y LAWS, Edward R. *Toxicology of Pesticides*. EUA, Williams and Wilkins Co., 1975. 580 p.
52. HAYES, P.R. *Microbiología e Higiene de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1993. 369 p.
53. HELFERICH, William y WINTER, Carl K. *Food Toxicology*. EUA, CRC Press, 2001. 225 p.
54. HERRERO, Alfonso y GUARDIA, Jorge. *Conservación de Frutas. Manual Técnico*. España, Ed. Mundi-Prensa, 1992. 409 p.
55. HERSCHDOERFER, S.M. *Quality Control in the Food Industry*. Vol. 3, 2a Ed., Gran Bretaña, Academic Press, 1986. 366 p.
56. HERSOM, A.C. y HULLAND, E.D. *Conservas Alimenticias*. España, Ed. Acribia, 1995. 451 p.
57. HOLDSWORTH, S.D. *Conservación de Frutas y Hortalizas*. España, Ed. Acribia, 1988. 186 p.
58. HORWITZ, William. *Oficial Methods of Analysis of AOAC International*. Vol 1 y 2, 17ava Ed., EUA, 2000.
59. ICMSF. *Microorganismos de los Alimentos. Características de los patógenos microbianos*. España, Ed. Acribia, 1998. 606 p.
60. ICMSF. *Microbiología de los Alimentos 1. Significado y métodos de enumeración*. Vol. 1, 2ª Ed., España, Ed. Acribia, 2000. 439 p.
61. ICMSF. *El Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos 4. Su Aplicación en las Industrias Alimentarias*. España, Ed. Acribia, 1991. 332 p.
62. ICMSF. *Microbiología de los Alimentos 6. Ecología microbiana de los productos alimentarios*. España, Ed. Acribia, 2001. 593 p.
63. JAY, James M. *Microbiología Moderna de los Alimentos*. 3ª Ed., España, Ed. Acribia, 1994. 804 p.



64. JOHNS, Nicholas. *Higiene de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 2000. 375 p.
65. JOSLYN, Maynard A. *Methods in Food Analysis*. EUA, Academic Press, 1970. 845 p.
66. KEXIANG, Diing y GUNASEKARAN, Sundaram. Food Shape Insection with Computer Vision. En: *Food Processing Automation III*. EUA, Ed. ASAE, 1994. 546 p.
67. KIMBALL, Dan A. *Procesado de Cítricos*. España, Ed. Acribia, 2002. 463 p.
68. KIRK, Ronald S., SAWYER, Ronald y EGAN, Harold. *Composición y Análisis de Alimentos de Pearson*. México, Cía. Continental, 1999. 777 p.
69. KRESS-ROGERS, Erika. *Instrumentation and Sensors for the Food Industry*. Gran Bretaña, Butterworth-Heinemann, 1993. 780 p.
70. LEES, R. *Análisis de los Alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad*. 2a Ed., España, Ed. Acribia, 1980. 288 p.
71. LEWIS, M.J. *Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado*. España, Ed. Acribia, 1993. 494 p.
72. LEWIS, Robert A. *Lewis' Dictionary of Toxicology*. EUA, CRC Press, 1998. 1127 p.
73. LIGHTFOOT, N.F. y MAIER, E.A. *Análisis Microbiológico de Alimentos y Aguas: Directrices para el Aseguramiento de la Calidad*. España, Ed. Acribia, 2002. 235 p.
74. LINDEN, G. *Analytical Techniques for Foods and Agricultural Products*. EUA, VCH Publishers, 1996. 578 p.
75. LINDNER, Ernst. *Toxicología de los Alimentos*. 2ª Ed., España, Ed. Acribia, 1995. 262 p.
76. MACRAE, R. *HPLC in Food Analysis*. 2a Ed.; Gran Bretaña, Academic Press, 1988. 502 p.
77. MACRAE, R., ROBINSON, R.K. y SADLER, M.J. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. Vol. 1, Gran Bretaña, Academic Press, 1993. 743 p.
78. MADRID, Vicente A. *Métodos Oficiales de Análisis de los Alimentos*. España, Mundi-Prensa Libros, 1994.
79. MATISSEK, Reinhard, SCHNEPEL, Frank M. y STEINER, Gabriele. *Análisis de los Alimentos. Fundamentos, Métodos, Aplicaciones*. España, Ed. Acribia, 1998. 416 p.
80. McWILLIAMS, Margaret. *Food Fundamentals*. EUA, John Wiley and Sons, 1976. 379 p.
81. MILLER, Klara. *Toxicological Aspects of Food*. Gran Bretaña, Elsevier Applied Science, 1987. 458 p.
82. MOSKOWITZ, Howard R. *Food Texture*. EUA, Marcel Dekker, 1987. 335 p.
83. MOSSEL, D.A.A., CORRY, J.E.L., STRVIJK, C.B. y BAIRD, R.M. *Essentials of the Microbiology of Foods. A textbook for advanced studies*. Gran Bretaña, John Wiley and Sons, 1995. 699 p.
84. MOSSEL, D.A.A. y MORENO García, B. *Microbiología de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1985. 375 p.
85. MÜLLER, Günter. *Microbiología de los Alimentos Vegetales*. España, Ed. Acribia, 1981. 291 p.



86. MULTON, J.L. *Analysis of Food Constituents*. EUA, Wiley-VCH, 1997. 510 p.
87. NOLLET, Leo M.L. *Food Analysis by HPLC*. 2ª Ed., EUA, Marcel Dekker, 2000. 1049 p.
88. NOLLET, Leo M.L.. *Handbook of Food Analysis*. EUA, Marcel Dekker, 1996. Vol 1, 1-1088 p. y Vol. 2, 1089-2041 p.
89. OSBORNE, D.R. y VOOGT, P. *Análisis de los Nutrientes de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1986. 258 p.
90. PANTASTICO, E.R.B. *Fisiología de la Posrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales*. México, Cia. Editorial Continental, 1979. 663 p.
91. PASCUAL Anderson, Ma. del Rosario y CALDERÓN Pascual, Vicente. *Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas*. 2ª Ed., España, Ed. Díaz de Santos, 2000. 441 p.
92. PAUL, Pauline C. y PALMER, Helen H. *Food Theory and Applications*. EUA, John Wiley and Sons, 1972. 797 p.
93. POMERANZ, Yeshajahu y MELOAN, Crifton Ed.. *Food Analysis. Theory and Practice*. 2a Ed., EUA, AVI Book, 1987. 797 p.
94. PONCE Batista, Laura, ROSAS Cobos, José Daniel. *Algunos Aspectos en el manejo Post-cosecha de Jitomate (*Lycopersicon esculentum*) de las variedades Bola*. Tesis. México, UNAM, FESC, 1992. 99 p.
95. POTTER, Norman M. *Ciencia de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1999. 749 p.
96. PRIMO Yúfera, E. *Química Agrícola III. Alimentos*. España, Ed. Alhambra, 1987. 683 p.
97. QUINTÍN Olascoaga, José. *Bromatología de los Alimentos*. 5ª Ed., México, Méndez Editores, 1977. 460 p.
98. RAUCH, George H. *Fabricación de Mermeladas*. España, Ed. Acribia, 1987. 199 p.
99. REMES, Quiroga A. *Sistema Integrador del Aseguramiento de la Calidad de los Alimentos*. México, AGT Editor, 1997. 132 p.
100. ROBERTS, Diane, HOOPER, William y GREENWOOD, Melody. *Microbiología práctica de los alimentos*. España, Ed. Acribia, 2000. 276 p.
101. ROSENTHAL, Andrew J. *Textura de los Alimentos. Medida y percepción*. España, Ed. Acribia, 2001. 299 p.
102. SALUNKHE, D.K. y DESAI, B.B. *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Vol. 1, EUA, CRC Press, 1984. 168 p.
103. SALUNKHE, D.K. y DESAI, B.B. *Postharvest Biotechnology of Vegetables*. EUA, CRC Press, 1984. Vol. 1 y Vol. 2, 194 p.
104. SÁNCHEZ Rivera, Leticia Araceli y ZAVALA Ríos, Carlos. *Manual de Análisis de Carne y Productos Cármicos (Revisión Bibliográfica)*. Tesis. México. UNAM, FESC, 2002. 141 p.
105. SECOFI. *Jugos de Frutas y Verduras*. México, Ed. Limusa, 2000. 238 p.
106. SEP. *Control de Calidad de Productos Agropecuarios*. México, Ed. Trillas, 1985. 102 p.



107. SEP. *Manuales para educación agropecuaria: Hortalizas*. México, Ed. Trillas, 1983. 115 p.
108. SEP. *Manual para educación agropecuaria. Elaboración de frutas y hortalizas*. México, Ed. Trillas, 2002. 115 p.
109. SHEWFELT, Robert L. y PRUSSIA, Stanley E. *Postharvest Handling. A Systems Approach*. EUA, Academic Press, 1993. 358 p.
110. SHIBAMOTO, Takayuki y BJELDANES, Leonard F. *Introducción a la Toxicología de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1996. 203 p.
111. SIELAFF, Heinz. *Tecnología de la Fabricación de Conservas*. España, Ed. Acribia, 2000. 287 p.
112. SOUTHGATE, D. *Conservación de Frutas y Hortalizas*. 3ª Ed., España, Ed. Acribia, 1992. 216 p.
113. SPECK, Marvin L. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 2a Ed., EUA, American Public Health Association, 1992. 913 p.
114. STEWART, Kent K. y WHITAKER, John R. *Modern Methods of Food Analysis*. EUA, AVI Publishing, 1984. 421 p.
115. THATCHER, F.S. y CLARK, D.S. *Análisis Microbiológicos de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 1973. 271 p.
116. TING, S.V. y ROUSSEFF, Russell L. *Citrus Fruits and their Products. Analysis, Technology*. EUA, Marcel Dekker, 1986. 293 p.
117. TIRILLY, Yves y BOURGEOIS, Claude M. *Tecnología de las Hortalizas*. España, Ed. Acribia, 2002. 591 p.
118. TSCHEUSCHNER, Horst-Dieter. *Fundamentos de Tecnología de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 2001. 746 p.
119. VACLAVIK, Vickie A. *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*. España, Ed. Acribia, 2002. 485 p.
120. VALADEZ López, Artemio. *Producción de Hortalizas*. México, Ed. Limusa, 1994. 298 p.
121. VALLE Vega, Pedro. *Toxicología de Alimentos*. México, OMS-OPS, 1986. 218 p.
122. VAN DER HEIJDEN, Kees, YAUNES, Maged, FISHBEIN, Lawrence y MILLER, Sanford. *International Food Safety Handbook. Science, International Regulation, and Control*. EUA, Marcel Dekker, 1999. 811 p.
123. VEGA, Sylvia G. *Toxicología III. Aspectos Específicos de la Toxicología de algunos Contaminantes*, OMS-OPS, 1985.
124. VOLLMER, Günter, JOSST, Gunter, SCHENKER, Dieter, STURM, Wolfgang y VREDEN, Norbert. *Elementos de Bromatología Descriptiva*. España, Ed. Acribia, 1999. 644 p.
125. WEICHMANN, J. *Postharvest Physiology of Vegetables*. EUA, Marcel Dekker, 1987. 597 p.
126. WILEY, Robert C. *Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas*. España, Ed. Acribia, 1997. 362 p.
127. WILLS, Ron, LEE, T.H., MCGLOSSON, W.B., HALL, E.G. y GRAHAM, D. *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post Recolección*. 2ª Ed.; España, Ed. Acribia, 1999. 195 p.



128. YAHIA, Elhadi e HIGUERA, Inocencio. *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. México, Ed. Limusa, 1992. 303 p.

## HEMEROGRAFÍA

129. ALETOR, O., OSHODI, A.A. e IPINMOROTI, K. *Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates*. *Food Chemistry*, **78**: 63-68, 2002.
130. AL-MAIMAN, Salah A. y AHMAD, Dilshad. *Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation*. *Food Chemistry*, **76**: 437-447, 2002.
131. ALVAREZ, J., MARCO, L.M., ARROYO, J., GREAVES, E.D. y RIVAS, R. *Determination of calcium, potassium, manganese, iron, copper and zinc levels in representative samples of two onion cultivars using total reflection X-ray fluorescence and ultrasound extraction procedure*. *Spectrochimica Acta Part B*, **58**: 2183-2189, 2003.
132. ANDRÉS-LACUEVA, Cristina, MATTIVI, Fulvio y TONON, Diego. *Determination of riboflavin, flavin mononucleotide and flavin-adenine dinucleotide in wine and other beverages by High-performance liquid chromatography with fluorescence detection*. *Journal of Chromatography A*, **823**: 355-363, 1998.
133. ANTOLOVICH, Michael, LI, Xia y ROBARDS, Kevin. *Detection of Adulteration in Australian Orange Juices by Stable Carbon Isotope Ratio Analysis (SCIRA)*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 2623-2626, 2001.
134. BANCOMEXT. *Alimentos Frescos*. Guía de Exportación Sectorial. 1ª Ed., México, Ed. RACSY, 1999. 192 p.
135. BAYES, Stewart, STRÜBL, Peter y DAWES, Helen. *Measurement of Protein Content in Fruit Juices, Wine and Plant Extracts in the presence of endogenous organic compounds*. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, Food Science and Technology*, **30**: 778-785, 1997.
136. BELTON, P.S., DELGADILLO, I., GIL, A.M., ROMA, P., CASUSCELLI, F., COLQUHOUN, I.J., DENNIS, M.J. y SPRAY, M. *High-Field Proton NMR Studies of Apple Juices*. *Magnetic Resonance in Chemistry*, **35**: S52-S60, 1997.
137. BENITEZ Aguilar, Alejandro. *Codex Alimentarius. Tecnología de Alimentos*, **33**(5): 44-46, Mayo 1998.
138. BEUCHAT, Larry R. *Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruit and vegetables*. *Microbes and Infection*, **4**: 413-423, 2002.
139. BHAGWAT, Arvind A. *Simultaneous detection of Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes and Salmonella strains by real-time PCR*. *International Journal of Food Microbiology*, **84**: 217-224, 2003.
140. BHAGWAT, Arvind A. *Rapid detection of Salmonella from vegetable rinse-water using real-time PCR*. *Food Microbiology*, **21**: 73-78, 2004.



141. CÁCERES, A., CÁRDENAS, S., GALLEGU, M. y VALCÁRCEL, M. A *continuous Spectrophotometric system for the Discrimination/Determination of monosaccharides and oligosaccharides in foods. Analytica Chimica Acta, 404*: 121-129, 2000.
142. CANCELON, Paul F. *Vitamin analysis by capillary electrophoresis. LC GC Europe, 16*(3): 150-153, Marzo 2003.
143. COSTABEBER, I., IBÁÑEZ, P.J., GALLEGU, M.C., SERRANO, S., ANGULO, R. y JODRAL, M. *Métodos de Identificación de Levaduras en Alimentos. Alimentaria, (289)*: 89-95, Enero-Febrero 1998.
144. CRAIGE Trenery, V. *The application of capillary electrophoresis to the Analysis of Vitamins in Food and Beverages. Electrophoresis, 22*: 1468-1478, 2001.
145. DEFERNEZ, Marianne, KEMSLEY, Katherine y WILSON, Reginald H. *Use of Infrared Spectroscopy and Chemometrics for the Authentication of Fruit Purees. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43*: 109-113, 1995.
146. ELKINS, Edgar R., LYON, Ray, HUANG, C.J. y MATTHYS, Allen. *Characterization of Commercially produced Pineapple Juice Concentrate. Journal of Food Composition and Analysis, 10*: 285-298, 1997.
147. ESCRICHE, I., SERRA, J.A., DOMÉNECH, E. y MARTORELL, S. *Evolución del HACCP (Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos) al RACCP (Valoración de Riesgos y Control de Puntos Críticos). Alimentaria, (296)*: 23-27, Octubre 1998.
148. ESTI, Marco, MESSIA, María Cristina, BEROCCHI, Paola, SINESIO, Fiorella, MONETA, Elisabetta, NICOTRA, Antonio, FANTECHI, Paolo y PALLESCHI, Giuseppe. *Chemical compounds and sensory assessment of kiwifruit (Actinidia chinensis (Planch.) var. Chinensis): electrochemical and multivariate analysis. Food Chemistry, 61*(3): 293-300, 1998.
149. FERNÁNDEZ, M., PICÓ, Y. y MAÑES, J. *Determination of carbamate residues in fruits and vegetables by matrix solid-phase dispersion and liquid chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 871*: 43-56, 2000.
150. FITO, P.J., BETORET, N., SEGURA, I., DÍAZ, M.J., FIDALGO, L. y FITO, P. *Utilización de Técnicas Combinadas de Deshidratación en la Preparación de Nuevos Productos de Frutas. Alimentaria, (320)*: 113-118, Marzo 2001.
151. FLORES Luna, José Luis. *Importancia de la Inocuidad de los Alimentos en México. Tecnología de Alimentos, 37*(4): 25-34, 2002.
152. FÜGEL, Ralf, CARLE, Reinhold y SCHIEBER, Andreas. *A novel approach to quality and authenticity control of fruit products using fractionation and characterisation of cell wall polysaccharides. Food Chemistry, 87*(1): 141-150, 2004.
153. GALLALI, Y.M., ABUJNAH, Y.S. y BANNANI, F.K. *Preservation of fruits and vegetables using solar drier. A comparative study of natural and solar drying III, chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples (grapes, figs, tomatoes and onions). Renewable Energy, 19*: 203-212, 2000.



154. GARCÍA, Humberto A. y VÁZQUEZ, Rafael D. *Cuantificación de Proteínas: una revisión. Biotecnología*, 3, 1998
155. GARCIA-WASS, Febe, HAMMOND, David, MOTTRAM, Donald S. Y GUTTERIDGE, Colin S. *Detection of Fruit Juice Authenticity using Pyrolysis Mass Spectroscopy. Food Chemistry*, 69: 215-220, 2000.
156. GARDUÑO, Alejandro T. *El Aprovechamiento Racional de los Recursos Alimentarios de Origen Vegetal es indispensable para México. Industria Alimentaria*, 22(1): 3, Enero-Febrero 2000.
157. GARZA, S. y SANCHIS, V. *Principales Agentes Microbiológicos causantes de Alteraciones en Zumos, Concentrados y Cremogenados de Frutas. Alimentaria*, (295): 31-35, Septiembre 1998.
158. GELSOMINO, Antonio, PETROVIZOVÁ, Beatriz, TIBURTINI, Simona, MAGNANI, Ermenegildo, FELICI, Marcello. *Multiresidue analysis of pesticides in fruits and vegetables by gel permeation chromatography followed by gas chromatography with electron-capture and mass spectrometric detection. Journal of Chromatography A*, 782: 105-122, 1997.
159. GIESE, James. *Pesticide Residue Analysis in Foods. Food Technology*, 56(9): 93-96, Septiembre 2002.
160. GÖKMEN, Vural et al. *Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of Ascorbic Acid and Dehydroascorbic Acids in Fruit and Vegetables. Journal of Chromatography A*, 881: 309-316, 2000.
161. GONZÁLEZ, Javier, JAMIN, Eric, REMAUD, Gérard, MARTIN, Yves-Loic, MARTIN, Gilles G. y MARTIN, Maryvonne L. *Authentication of Lemon Juice and Concentrates by a Combined Multi-isotope Approach using SNIF-NMR and IRMS. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2200-2205, 1998.
162. GONZÁLEZ, Javier, REMAUD, Gérard, JAMIN, Eric, NAULET, Norbert y MARTIN, Gilles G. *Specific natural Isotope Profile studied by Isotope Ratio Mass Spectrometry (SNIP-IRMS) <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C Ratios of Fructose, Glucose and Sucrose form improved detection of Sugar addition to Pineapple Juices and Concentrates. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 2316-2321, 1999.
163. GONZÁLEZ Castro, M.J., LÓPEZ Hernández, J. Y SIMAL Lozano, J. *Conservación de Vegetales: Congelación, Conservación en Atmósferas Modificadas y Liofilización. Alimentaria*, (295): 53-56, Septiembre 1998.
164. GONZÁLEZ Mejuto, Rogelio, LEYVA Castillo, Virginia y de MEDICI, Darío. *Métodos Rápidos y Modernos de Diagnóstico Microbiológico en Alimentos (Revisión). Alimentaria, Extraordinario*: 11-22, 2002.
165. GRANADO, F. et al. *A fast, reliable and low-cost Saponification protocol for analysis of carotenoids in vegetables. Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 479-489, 2001.
166. GUIL Guerrero, J.L. GIMÉNEZ Martínez, J.J. y TORIJA Isasa, M.E. *Mineral nutrient composition of edible wild plants. Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 322-328, 1998.
167. GUILLOU, C., KOZIET, J., ROSSMANN, A. y MARTIN, G.J. *Determination of the <sup>13</sup>C contents of Organic Acids and Sugars in Fruit*



- Juices: an inter-comparison study. *Analytica Chimica Acta*, **388**: 137-143, 1999.
168. HERNÁNDEZ Sánchez, J.L., VALDÉS Herrera, Gabriela, LEGORRETA, Mariana y FLORES Luna, José Luis. *Guía de Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos*. Secretaría de Salud. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. Dirección General de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios. México, 2002.
169. HILT, Petra, SCHIEBER, Andreas, YILDIRIM, Caner, ARNOLD, Gabi, KLAIBER, Iris, CONRAD, Jürgen, BEIFUSS, Uwe y CARLE, Reinhold. *Detection of Phloridzin in Strawberries (Fragaria x ananassa Duch.) by HPLC-PDA-MS/MS and NMR Spectroscopy*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 2896-2899, 2003.
170. IRUESTE Alejandro, Mercedes. *La importancia de la participación del Sector Privado en la Normalización y Certificación Agroalimentaria*. *Industria Alimentaria*, **21**(1): 44-46, Enero-Febrero 1999.
171. IWASE, Hiroshi. *Use of an amino acid in the mobile phase for the determination of ascorbic acid in food by High-performance liquid chromatography with electrochemical detection*. *Journal of Chromatography A*, **881**: 317-326, 2000.
172. JAMIN, Eric, GONZÁLEZ, Javier, REMAUD, Gérald, NAULET, Norbert y MARTIN, Gilles G. *Detection of Exogenous Sugars or Organic Acids addition in Pineapple Juices and concentrates by <sup>13</sup>C IRMS Analysis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**: 3961-3967, 1997.
173. JAMIN, Eric, GONZÁLEZ, Javier, BENGOCHEA, Ivan, KERNEUR, Ghislaine, REMAUD, Gérald, IRIONDO, Carmen y MARTIN, Gilles G. *Proteins as Intermolecular Isotope Reference for detection of Adulteration of Fruit Juices*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**: 5118-5123, 1998.
174. JAMIN, Eric, GUÉRIN, Régis, RÉTIF, Melinda, LEES, Michele y MARTIN, Gérard J. *Improved detection of added water in Orange Juice by Simultaneous determination of the Oxygen-18/Oxygen-16 Isotope ratios of water and ethanol derived form sugars*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 5202-5206, 2003.
175. JEZEK, Juraj, SUHAJ, Milan. *Application of Capillary Isotachopheresis for Fruit Juices Authentication*. *Journal of Chromatography A*, **916**: 185-189, 2001.
176. KAWASHIMA, Luciane M. y VALENTE, Lucía M. *Mineral profile of raw and cooked leafy vegetables consumed in Southern Brazil*. *Journal of Food Composition and Analysis*, **16**: 605-611, 2003.
177. KVASNICKA, Frantisek., VOLDRICH, Michal, PYS, Petr y VINS, Ivan. *Determination of Isocitric acid in Citrus Juices – A comparison of HPLC, Enzyme set and Capillary Isotachopheresis Methods*. *Journal of Food Composition and Analysis*, **15**: 685-691, 2002.
178. LACKER, T., STROHSCHNEIN, S. Y ALBERT, K. *Separation and identification of various carotenoids by C<sub>30</sub> Reversed-phased High-performance liquid chromatography coupled to UV and Atmospheric*



- Pressure Chemical Ionization Mass Spectrometric detection. Journal of Chromatography A*, **854**: 37-44, 1999.
179. LEE, Junsoo, YE, Lin, LANDEN Jr., William O. y EITENMILLER, Ronaldo R. *Optimization of an Extraction Procedure for the Quantification of Vitamin E in tomato and broccoli using Response Surfing Methodology. Journal of Food Composition and Analysis*, **13**: 45-57, 2000.
180. LE GALL, Gwénaelle, PUAUD, Max y COLQUHOUN, Ian J. *Discrimination between Orange Juice and Pulp Wash by H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: Identification of Marker Compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 580-588, 2001.
181. LEITE Moraes, Solange, OLIVEIRA Rezende, Maria Olimpia, NAKAGAWA, Lia Emi, LUCHINI, Luiz Carlos. *Multiresidue Screening Methods for the determination of Pesticides in tomatoes. Journal of Environmental Science and Health, Part B-Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, **B38(5)**: 605-615, 2003.
182. LI, Betty W., ANDREWS, Karen W. Y PEHRSSON, Pamela R. *Individual Sugars, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber contents of 70 high consumption foods. Journal of Food Composition and Analysis*, **15**: 715-723, 2002.
183. LUNA Martínez, María Victoria, CASTILLO Pino, Alberto, CASTRO Domínguez, Arnaldo y MUÑIZ Pérez, Selma. *Introducción a la Normalización e Implementación del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la rama alimentaria en Cuba. Alimentaria*, (330): 29-33, Marzo 2002.
184. MARTÍNEZ Vidal, J.L., ARREBOLA, F.J. y MATEU-SÁNCHEZ, M. *Application of gas chromatography-tandem mass spectrometry to the analysis of pesticides in fruits and vegetables. Journal of Chromatography A*, (959): 203-213, 2002.
185. MESEGUER, I., GONZÁLEZ, M.J., MATEOS, C.J., AGUILAR, M.V. y MARTÍNEZ Parra, M.C. *Composición de la Fracción Pécica de las frutas. Ácidos urónicos y Azúcares. Alimentaria*, (324): 67-71, Julio-Agosto 2001.
186. MOL, Hans G.J., VANDAM, Ruud C.J. y STEIJGER, Odile M. *Determination of polar organophosphorus pesticides in vegetables and fruits using liquid chromatography with tandem mass spectrometry: selection of extraction solvent. Journal of Chromatography A*, (1015): 119-127, 2003.
187. MOULY, Pierre P., GAYDOU, Emile M. Y CORSETTI, Josiane. *Characterization of Paprika (Capsicum annum) extract in Orange Juices by Liquid Chromatography of Carotenoid Profiles. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**: 968-976, 1999.
188. OLLILAINEN, V., FINGLAS, P.M., VAN DEN BERG, H. y FRAIDMONT-GÖRTZ, I. *Certification of B-Group Vitamins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> and B<sub>12</sub>) in Four Food Reference Materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**: 315-321, 2001.
189. ORTEGÓN Ávila, Aurora. *Detección de Salmonella. Industria Alimenticia*, **9(6)**: 34-36, Junio 1998.
190. PIIRONEN, V. y KOMU, T. *Quality of Vitamin K analysis and Food Composition data in Finland. Food Chemistry*, **68**: 223-226, 2000.



191. REMES, Quiroga A. *La Consultoría para el Aseguramiento de la Calidad de los Alimentos. Industria Alimentaria*, 2(2): 38, Marzo-Abril 1998.
192. RIVERA Reyes, Ángela. *¿Qué es la calidad en la industria de alimentos?. Tecnología de Alimentos*, 34(12): 26-27, Diciembre 1999.
193. ROBERTSON, Lucy J., JOHANNESSEN, Gro S, GJERDE, Bjorn K. y LONCAREVIC, Semir. *Microbiological analysis of speed sprouts in Norway. International Journal of Food Microbiology*, 75: 119-126, 2002.
194. RODRÍGUEZ-SAONA, Luis E., FRY, Fredrick S., MCLAUGHLIN, Michael A. y CALVEY, Elizabeth M. *Rapid analysis of sugars in fruit juices by FT-NIR spectroscopy. Carbohydrate Research*, 336: 63-79, 2001.
195. ROIG, B. Y THOMAS, O. *Rapid estimation of global sugars by UV-photodegradation and UV spectrophotometry. Analytica Chimica Acta*, 477: 325-329, 2003.
196. SAAVEDRA, L., GARCÍA, A. y BARBAS, C. *Development and validation of a Capillary Electrophoresis Method for direct measurement of isocitric, citric, tartaric and malic acids as adulteration marker in Orange Juice. Journal of Chromatography A*, 881: 395-401, 2000.
197. SAAVEDRA, L., RUPÉREZ, F.J. y BARBAS, C. *Capillary Electrophoresis for evaluating Orange Juice Authenticity: a study on Spanish Oranges. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 9-13, 2001.
198. SALAZAR, Alonso. *Tras las Certificaciones, el Pulso de la Industria. Tecnología de Alimentos*, 35(3): 18-24, Marzo 2000.
199. SALAZAR Torres, Alonso. *Sistemas de Garantía de Calidad. Tecnología de Alimentos*, 34(8): 18-23, Agosto 1999.
200. SÁNCHEZ-CASTILLO, Claudia P., DEWEY, Peter J.S., AGUIRRE, Antonia, LARA, Jose J., VACA, Rebeca, LEON de la Barca, Patricia, ORTIZ, Margarita, ESCAMILLA, Ismael y JAMES, W.P.T. *The mineral content of Mexican fruits and vegetables. Journal of Food Composition and Analysis*, 11: 340-356, 1998.
201. SÁNCHEZ-CASTILLO, Claudia P., ENGLYST, Hans N., HUDSON, Geoffrey J., LARA, José J., SOLANO, María de Lourdes, MUNGUÍA, José L. y JAMES, W.P.T. *The Non-Starch Polysaccharide Content of Mexican foods. Journal of Food Composition and Analysis*, 12: 293-314, 1999.
202. SÁNCHEZ-CASTILLO, Claudia P., DEWEY, Peter J.S., LARA, José J., HENDERSON, Donna L., SOLANO, María de Lourdes y JAMES, W.P.T. *The Starch and Sugar Content of some Mexican cereals, cereal products, pulses, snack foods, fruits and vegetables. Journal of Food Composition and Analysis*, 13: 157-170, 2000.
203. SÁNCHEZ-MORENO, C. *Compuestos Polifenólicos: Estructura y Clasificación. Presencia en Alimentos y Consumo. Biodisponibilidad y Metabolismo. Alimentaria*, (329): 19-25, Enero-Febrero 2002.
204. SÁNCHEZ Pineda de las Infantas, M.T., CANO Muñoz, G. y CRUZ Ramírez, J. *El uso de Atmosferas Modificadas en la Conservación de Espárragos Verdes. Alimentaria*, (317): 125-128, Noviembre 2000.
205. SANDRA, Pat, TIENPONT, Bart y DAVID, Frank. *Multi-residue screening of pesticides in vegetables, fruits and baby food by stir bar sorptive*



- extraction-thermal desorption-capillary gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A*, (1000): 299-309, 2003.
206. SAUCEDO P., Luis Arturo. *Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la Elaboración de un ingrediente alimentario complejo. Tecnología de Alimentos*, 36(2): 7-14, Septiembre-October 2001.
207. SAURA-CALIXTO, Fulgencio, GARCIA-ALONSO, Alejandra, GOÑI, Isabel y BRAVO, Laura. *In Vitro Determination of the Indigestible Fraction in Foods: An alternative to Dietary Fiber Analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 3342-3347, 2000.
208. SCHOEFS, Benoit. *Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. Trends in Food Science and Technology*, 13: 361-371, 2002.
209. SCHOEFS, Benoit. *Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. A practical case-by-case view. Trends in Analytical Chemistry*, 22 (6): 335-339, 2003.
210. SHUI, Guanghou y LEONG, Lai Peng. *Separation and determination of Organic Acids and Phenolic Compounds in Fruit Juices and Drinks by High-Performance Liquid Chromatography. Journal of Chromatography A*, 977: 89-96, 2002.
211. SILVA, B.M., ANDRADE, P.B., MENDES, G.C., VALENTAS, P., SEABRA, R.M. y FERREIRA, M.A. *Analysis of Phenolic Compounds in the Evaluation of Commercial Quince Jam Authenticity. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2853-2857, 2000.
212. SILVA, Branca M., ANDRADE, Paula B., MENDES, Gisela C., SEABRA, Rosa M. y FERREIRA, Margarida A. *Study of the Organic Acids Composition of Quince (Cydonia oblonga Miller) Fruit and Jam. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2313-2317, 2002.
213. SIMPKINS, Wayne A., PATEL, Gordhan, HARRISON, Mark y GOLDBERG, David. *Stable Carbon Isotope Ratio Analysis of Australian Orange Juices. Food Chemistry*, 70: 385-390, 2000.
214. STAJNBAHER, Darinka y ZUPANAIC-KRALJ, Lucija. *Multiresidue method for determination of 90 pesticides in fresh fruits and vegetables using solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A*, (1015): 185-198, 2003.
215. SURAREUNGCHAI, Werasak, DEEPUNYA, Wilasinee y TASAKORN, Pornpip. *Quadruple-pulsed amperometric detection for simultaneous flow injection determination of glucose and fructose. Analytica Chimica*, 448: 215-220, 2001.
216. TAYLOR, Michael J., HUNTER, Kenneth, HUNTER, Kirsty B., LINDSAY, David y LBOUHILLEC, Soazig. *Multi-residue method for rapid screening and confirmation of pesticides in crude extracts of fruits and vegetables using isocratic liquid chromatography with electrospray tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A*, (982): 225-236, 2002.
217. TRKOV, M., MAJERIKOVA, I., JERASEK, B., STEFANOVICOVA, A., RIJPENS, N. y KUČHTA, T. *Detection of Salmonella in food over 30 h using enrichment and polymerase chain reaction. Food Microbiology*, 16: 393-399, 1999.



218. VALDÉS Martínez, Sara E. *Análisis de leche y productos lácteos. Tecnología de Alimentos*, 28(3): 21-36, 1993.
219. VARELA, Orlando. *Comité de Sistemas de Calidad. Tecnología de Alimentos*, 32(4): 41-42, Mayo 1997.
220. VERSARI, A., BIESENBRUCH, S., BARBANTI, D. Y FARNELL, P.J. *Adulteration of fruit Juices: Dihydrochalcones as quality markers for apple juice identification. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, Food Science and Technology*, 30: 585-589, 1997.
221. VOGELS, Jack T.W.E., TERWEL, Loes, TAS, Albert C., VAN DEN BERG, Frans, DUKEL, Fred y VAN DER GREEF, Jan. *Detection of Adulteration on Orange Juices by a new Screening Method using Proton NMR Spectroscopy in combination with Pattern Recognition Techniques. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 175-180, 1996.
222. WEAGANT, S.D. y FENG, P.C.H. *Comparative analysis of a modified rapid presence/absence test and the standard MPN method for detecting Escherichia coli in orange juice. Food Microbiology*, 19: 111-115, 2002.

### PÁGINAS ELECTRÓNICAS

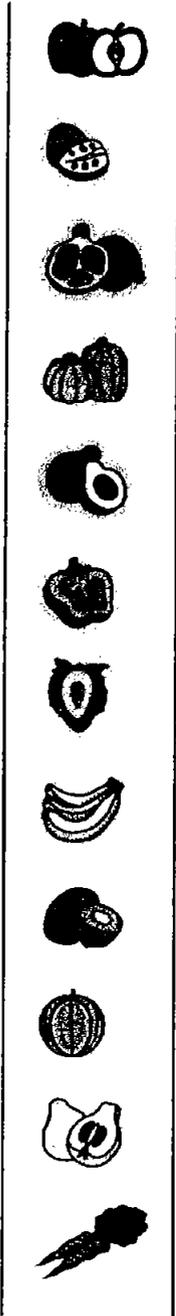
223. ANÓNIMO. ¿Conoce las reglas técnicas y controles de importación?, disponible en [www.fao.org/es/ESC/common/ecq/35950/es/certificacion2.pdf](http://www.fao.org/es/ESC/common/ecq/35950/es/certificacion2.pdf)
224. BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL Online (2001). FDA, disponible en [www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html](http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html)
225. BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. *Tecnologías emergentes para la conservación y preservación de alimentos por métodos no térmicos*, disponible en <http://usuarios.lycos.es/pabcortes/altas/apuntes/esterilizacion%20no%20termica.pdf>
226. CARRILLO, Laura y CEVALLOS, Yolanda (10 febrero 2003), Ganan frutas y hortalizas con el TLCAN, disponible en [www.reforma.com](http://www.reforma.com)
227. CODEX ALIMENTARIUS. *Directrices sobre Buenas Prácticas en el Análisis de Residuos de Plaguicidas*, CAC/GL 40-1993, disponible en [www.codexalimentarius.com](http://www.codexalimentarius.com)
228. EUROCENTRO CANACINTRA; *I. Características del Sector, 1.1. Situación General del Sector Agroindustrial en México*, disponible en [www.eurocentromexico.org/agroindustrial.pdf](http://www.eurocentromexico.org/agroindustrial.pdf)
229. NORMA Mexicana. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas. NMX-F-102-S-1978, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
230. NORMA Mexicana. Alimentos – Frutas y derivados – Determinación de Grados Brix. NMX-F-103-1982, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
231. NORMA Mexicana. Alimentos para humanos - Frutas y derivados - Mermeladas - Determinación de la consistencia. NMX-F-151-S-1981, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)



232. NORMA Mexicana. Cuenta de Bacterias Mesofílicas Aerobias. NMX-F-253-1977, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
233. NORMA Mexicana. Método de Conteo de Hongos y Levaduras en Alimentos. NMX-F-255-1978, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
234. NORMA Mexicana. Método General de Investigación de *Salmonella* en Alimentos. NMX-F-304-1977, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
235. NORMA Mexicana. Alimentos – Cuenta de Organismos Coliformes Fecales. NMX-F-308-1992, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
236. NORMA Mexicana. Determinación de cuenta de Estafilococo áureo, coagulasa positiva, en Alimentos. NMX-F-310-1978, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
237. NORMA Mexicana. Determinación de la consistencia de la salsa de tomate catsup. NMX-F-322-S-1978, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
238. NORMA Mexicana. Alimentos - Muestras de jugo de especies vegetales productoras de azúcares - Índice de acidez - Método de prueba. NMX-F-323-1983, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
239. NORMA Mexicana. Alimentos para humanos - Microbiológicos - Frutas, Hortalizas y derivados - Cuenta de filamentos de hongos, Método de Howard. NMX-F-357-S-1981, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
240. NORMA Mexicana. Productos Alimenticios no Industrializados para uso humano – Fruta Fresca – Determinación de Tamaño en base al peso unitario. NMX-FF-008-1982, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
241. NORMA Mexicana. Productos Alimenticios no Industrializados para uso humano – Fruta Fresca – Determinación del Tamaño en base al diámetro ecuatorial. NMX-FF-009-1982, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
242. NORMA Mexicana. Hortaliza en Estado Fresco – Determinación de Tamaño con base a su longitud – Método de Prueba. NMX-FF-067-1988, disponible en [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
243. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. NOM-092-SSA1-1993, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
244. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. NOM-111-SSA1-1994, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
245. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del muestreo más probable. NOM-112-SSA1-1994, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
246. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes fecales en placa. NOM-113-SSA1-1994, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
247. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. NOM-114-SSA1-1994, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
248. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos. NOM-115-SSA1-1994, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)



249. NORMA Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Métodos de prueba microbiológicos para alimentos. Determinación de *Listeria monocytogenes*. NOM-143-SSA1-1995, disponible en [www.economia-nom.gob.mx](http://www.economia-nom.gob.mx)
250. PESTICIDE ANALYTICAL MANUAL; Volumen 1: Multiresidue Methods; FDA; 3a Ed.; EUA; 1999, disponible en <http://vm.cfsan.fda.gov/~frf/pamil.html>
251. RODRÍGUEZ Juárez, Hugo de Jesús, ESPINOSA Solares, Teodoro, ALMENGOR Serret, Raúl, REYES Vigil, Miguel y HERNÁNDEZ Montes, Arturo (2003). *Estado del arte de la tecnología de los campos eléctricos pulsantes en la conservación de alimentos*, disponible en [www.chapingo.mx/agroind/articulo/campo052003.pdf](http://www.chapingo.mx/agroind/articulo/campo052003.pdf)



# ANEXO 1



## 1. MEDIOS MICROBIOLÓGICOS

Agar KAA	Agar confirmativo kanamicina-aesculina-azida
BGA	Agar verde brillante modificado
BGBB	Caldo bilis verde brillante
BGBL	Caldo lactosado biliado verde brillante
BHI	Caldo cerebro-corazón
BLEB	caldo de enriquecimiento buferado para Listeria
BMA	Agar buffer MUG
BP	Medio sólido selectivo Baird Parker
BPA	Agar Baird-Parker
BS	Agar sulfito de bismuto
Caldo KAA	Caldo presuntivo kanamicina-aesculina-azida
Caldo MR-VP	Rojo de metilo Voges Proskauer
CFCA	Agar cefalorina-fucidina-cetrimida
CMRS (MRS)	Agar de Man, Rogosa y Sharpe
CO	Reactivo para prueba de citocromo-oxidasa
DCA	Agar citrato desoxicolato
DG	Agar cloranfenicol glicerol dicloran
DRBC	Agar cloranfenicol rosa de Bengala dicloran
DRCM	Medio diferencial reforzado clostridial
EB	Caldo de enriquecimiento
EDTA	Plasma de conejo con acido etilendiamina tetraacético
EE	Caldo de enriquecimiento para Enterobacterias
EM	Agar extracto de malta
FL	Agar para la fermentación de lactosa
GN	Caldo gramnegativo
HE	Agar Hektoen
KIA	Agar de Fierro Kliger
Levine	Agar eosina azul de metileno
LIA	Agar lisina-hierro
LYL	Agar lactosa leche yema de huevo
MA	Agar Malta
MAC	Agar MacConkey
MEPPA	Agar yema de huevo fenol rojo polimixina
MLCB	Agar manitol-lisina-cristal violeta-verde brillante
MUG	Caldo lauril sulfato
MYA	Agar manitol yema de huevo
MYP (MYPA)	Agar manitol yema de huevo polimixina
OGE	Agar extracto de levadura-glucosa-oxitetraciclina
PALCAM	Agar polimixina acriflavina-cloruro de litio-ceftasidina-aesculina-manitol



PCA	Agar triptona glucosa extracto de levadura (agar nutritivo de recuento)
PDA	Agar papa dextrosa
PPEMBA	Agar polimixina piruvato yema de huevo manitol azul de bromol
PT	Diluyente peptona-Tween 80
RCM	Medio para Clostridium reforzado con neomicina
RV	Medio Rappaport-Vassiliadis
SC	Caldo de cistina selenito
SIC	Agar sulfito hierro cicloserina
S-S	Agar Salmonella- Shigella
TBA	Agar triptona biliado
TCBS	Agar sacarosa sales biliares citrato tiosulfato
TC-SMAC	Agar McConkey sorbitol cefixina telurito
TEL	Medio triptona extracto de levadura
TSA	Agar soya tripticasa
TSAM	Agar tripticasa soya-magnesio sulfato
TSAYE	Agar triptona soya extracto de levadura
TSB	Caldo de triptona soya
TSC	Agar triptosa sulfito cicloserina
TSCY	Agar triptosa sulfito cicloserina con yema de huevo
TSFA	Agar tripticasa soya rápida verde
TSI	Agar hierro-triple azúcar
TSN	Agar triptona-sulfito-neomicina
TSTB	Caldo triptona soya triptosa
TT	Caldo tetracionato
UPEB	Caldo de preenriquecimiento universal
VB	Agar verde brillante
VRBA	Agar biliado rojo neutro cristal violeta
VRBGA	Agar biliado rojo violeta glucosa
XLD	Agar xilosa-lisina-desoxicolato
YM	Agar extracto de levadura y extracto de malta



# ANEXO 2



## 2. LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Atmósferas Controladas
AChE	Acetilcolinesterasa
ADF	Acid Detergent Fiber Fibra Detergente Ácido
AM	Atmósferas Modificadas
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AQP	Análisis Químico Proximal
ARD	Azúcares reductores directos
ART	Azúcares reductores totales
ATR	Attenuated total reflectance Reflectancia total atenuada
$a_w$	Actividad de agua
CC	Cromatografía de columna
CIE	Commission Internationale des l'Eclairage
CSIRA	Análisis de la relación de los isótopos estables del carbono
DAD	Discriminant analysis Análisis discriminatorio
DDT	1,1'-(2,2,2-tricloroetilideno)bis[4-clorobenceno]
DMR	High-field deuterium magnetic resonance spectroscopy Espectroscopia de resonancia magnética de deuterio
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ECD	Detector de captura de electrones
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
ES	Electrospray
FAO	Food and Agricultural Organization Organización Internacional para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Food and Drug Administration Agencia Americana de los Alimentos y Fármacos
FPD	Detector fotométrico de flama
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy Espectroscopia infrarroja de la transformación de Fourier
FT-NIR	Fourier Transform Near-Infrared Espectroscopia del infrarrojo cercano de la transformación de Fourier
GC	Cromatografía de gases
GC-MS	Cromatografía de gas – espectrometría de masa
GC-MS-MS	Cromatografía de gas tandem espectrometría de masa
GLC	Cromatografía líquida – gas
GLC-FPD	Cromatografía gas/líquido – detector fotométrico de flama
GMP	Good Manufacturing Practice Buenas Prácticas de Manufactura



<b>HACCP</b>	<b>Hazard Analysis and Critical Control Point</b> <b>Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos</b>
<b>HATR</b>	<b>Horizontal attenuated total reflectance</b> <b>Reflectancia horizontal total atenuada</b>
<b>HFCS</b>	<b>High Fructose Corn Syrup</b> <b>Jarabe de maíz de alta fructosa</b>
<b>HGMF</b>	<b>Hydrophobic gris Membrane Filter</b> <b>Filtración con membranas reticuladas</b>
<b>HPAEC-PAD</b>	<b>High performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection</b> <b>Cromatografía líquida de intercambio iónico con detector de pulsos amperométricos</b>
<b>HPLC</b>	<b>High performance liquid chromatography</b> <b>Cromatografía líquida de alta presión</b>
<b>HPLC-UV-IQ-MS</b>	<b>Cromatografía líquida de alta presión- UV – Ionización química-espectrometría de masa</b>
<b>ICP</b>	<b>Inductively coupled plasma spectrometry</b> <b>Espectrómetro de plasma de acoplamiento inductivo</b>
<b>IQ</b>	<b>Ionización química</b>
<b>IRMS</b>	<b>Isotope Ratio Mass Spectrometry</b> <b>Espectroscopía de relación de radio isótopos</b>
<b>IS</b>	<b>Jarabes invertidos</b>
<b>ISO</b>	<b>International Standardization Organization</b> <b>Organización Internacional para la Normalización</b>
<b>LC-MS</b>	<b>Cromatografía líquida – espectrometría de masa</b>
<b>LC-MS-MS</b>	<b>Cromatografía líquida tandem espectrometría de masa</b>
<b>LFRA</b>	<b>Leatherhead Food Research Association</b>
<b>LRM</b>	<b>Límites Residuales Máximos</b>
<b>MS</b>	<b>Espectrometría de masa</b>
<b>MT</b>	<b>Magness-Taylor</b>
<b>NDF</b>	<b>Neutral Detergent Fiber</b> <b>Fibra Detergente Neutro</b>
<b>NIR</b>	<b>Near-infrared Reflectance</b> <b>Reflectancia Infrarrojo próximo</b>
<b>NMP</b>	<b>Número más probable</b>
<b>NMR</b>	<b>Nuclear Magnetic Resonance</b> <b>Resonancia magnética nuclear</b>
<b>NMX</b>	<b>Normas Mexicanas</b>
<b>NOM</b>	<b>Normas Oficiales Mexicanas</b>
<b>NPD</b>	<b>Detector Nitrógeno-Fósforo</b>
<b>NPK</b>	<b>Prueba Nitrógeno, Fósforo y Potasio</b>
<b>OC</b>	<b>Organoclorados</b>
<b>OF</b>	<b>Organofosforados</b>
<b>OMS</b>	<b>Organización Mundial de la Salud</b>
<b>OSIRA</b>	<b>Análisis de la relación de los isótopos estables de oxígeno</b>
<b>PAD</b>	<b>Pulsed Amperometric Detector</b> <b>Detector amperométrico de pulsos</b>



PC	Cromatografía en papel
PCC	Puntos críticos de control
PCR	Polymerase Chain Reaction Reacción en cadena de la polimerasa
ppb	Partes por billón (ng/g)
ppm	Partes por millón (mg/g)
Py-Ms	Pirólisis – espectrometría de masa
RPLA	Reverse passive latex agglutination Aglutinación Látex Reversa Pasiva
SNIF-NMR	Site-specific natural isotope fractionation-nuclear magnetic resonance Fraccionamiento de isótopos de sitio específico - Resonancia magnética nuclear
SNIP-IRMS	Specific Natural Isotope Profile – Isotope Ratio Mass Spectrometry Perfil de isótopos específicos naturales- Espectrometría de masa de relación de radio isótopos
SSOP	Standard Sanitation Operating Procedure Procedimientos Operacionales Estándares de Sanitización
TA	Alteración termófila anaerobia
TLC	Cromatografía en capa fina
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TPA	Texture Profile Analysis Perfil de Análisis de Textura
TXRF	X-ray fluorescente Fluorescencia de rayos X
USDA	United Status Department of Agriculture Departamento de Agricultura de Estados Unidos



# ANEXO

# 1

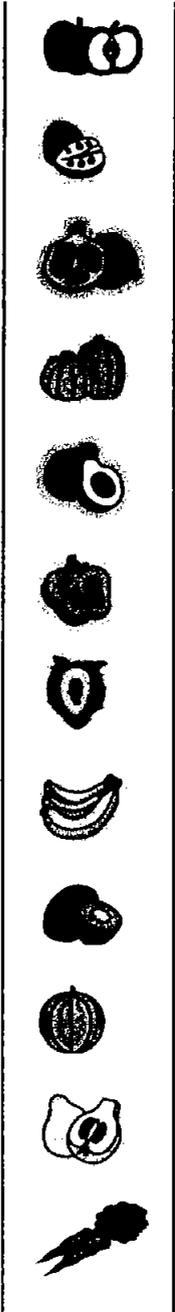


## 1. MEDIOS MICROBIOLÓGICOS

Agar KAA	Agar confirmativo kanamicina-aesculina-azida
BGA	Agar verde brillante modificado
BGBB	Caldo bilis verde brillante
BGBL	Caldo lactosado biliado verde brillante
BHI	Caldo cerebro-corazón
BLEB	caldo de enriquecimiento buferado para Listeria
BMA	Agar buffer MUG
BP	Medio sólido selectivo Baird Parker
BPA	Agar Baird-Parker
BS	Agar sulfito de bismuto
Caldo KAA	Caldo presuntivo kanamicina-aesculina-azida
Caldo MR-VP	Rojo de metilo Voges Proskauer
CFCA	Agar cefalorina-fucidina-cetrimida
CMRS (MRS)	Agar de Man, Rogosa y Sharpe
CO	Reactivo para prueba de citocromo-oxidasa
DCA	Agar citrato desoxicolato
DG	Agar cloranfenicol glicerol dicloran
DRBC	Agar cloranfenicol rosa de Bengala dicloran
DRCM	Medio diferencial reforzado clostridial
EB	Caldo de enriquecimiento
EDTA	Plasma de conejo con acido etilendiamina tetraacético
EE	Caldo de enriquecimiento para Enterobacterias
EM	Agar extracto de malta
FL	Agar para la fermentación de lactosa
GN	Caldo gramnegativo
HE	Agar Hektoen
KIA	Agar de Fierro Kliger
Levine	Agar eosina azul de metileno
LIA	Agar lisina-hierro
LYL	Agar lactosa leche yema de huevo
MA	Agar Malta
MAC	Agar MacConkey
MEPPA	Agar yema de huevo fenol rojo polimixina
MLCB	Agar manitol-lisina-cristal violeta-verde brillante
MUG	Caldo lauril sulfato
MYA	Agar manitol yema de huevo
MYP (MYPA)	Agar manitol yema de huevo polimixina
OGYE	Agar extracto de levadura-glucosa-oxitetraciclina
PALCAM	Agar polimixina acriflavina-cloruro de litio-ceftasidina-aesculina-manitol



PCA	Agar triptona glucosa extracto de levadura (agar nutritivo de recuento)
PDA	Agar papa dextrosa
PPEMBA	Agar polimixina piruvato yema de huevo manitol azul de bromol
PT	Diluyente peptona-Tween 80
RCM	Medio para Clostridium reforzado con neomicina
RV	Medio Rappaport-Vassiliadis
SC	Caldo de cistina selenito
SIC	Agar sulfito hierro cicloserina
S-S	Agar Salmonella- Shigella
TBA	Agar triptona biliado
TCBS	Agar sacarosa sales biliares citrato tiosulfato
TC-SMAC	Agar McConkey sorbitol cefixina telurito
TEL	Medio triptona extracto de levadura
TSA	Agar soya tripticasa
TSAM	Agar tripticasa soya-magnesio sulfato
TSAYE	Agar triptona soya extracto de levadura
TSB	Caldo de triptona soya
TSC	Agar triptosa sulfito cicloserina
TSCY	Agar triptosa sulfito cicloserina con yema de huevo
TSFA	Agar tripticasa soya rápida verde
TSI	Agar hierro-triple azúcar
TSN	Agar triptona-sulfito-neomicina
TSTB	Caldo triptona soya triptosa
TT	Caldo tetracionato
UPEB	Caldo de preenriquecimiento universal
VB	Agar verde brillante
VRBA	Agar biliado rojo neutro cristal violeta
VRBGA	Agar biliado rojo violeta glucosa
XLD	Agar xilosa-lisina-desoxicolato
YM	Agar extracto de levadura y extracto de malta



# ANEXO 2



## 2. LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Atmósferas Controladas
AChe	Acetilcolinesterasa
ADF	Acid Detergent Fiber Fibra Detergente Ácido
AM	Atmósferas Modificadas
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AQP	Análisis Químico Proximal
ARD	Azúcares reductores directos
ART	Azúcares reductores totales
ATR	Attenuated total reflectance Reflectancia total atenuada
$a_w$	Actividad de agua
CC	Cromatografía de columna
CIE	Commission Internationale des l'Eclairage
CSIRA	Análisis de la relación de los isótopos estables del carbono
DAD	Discriminant analysis Análisis discriminatorio
DDT	1,1'-(2,2,2-tricloroetilideno)bis[4-clorobenceno]
DMR	High-field deuterium magnetic resonance spectroscopy Espectroscopia de resonancia magnética de deuterio
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ECD	Detector de captura de electrones
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
ES	Electrospray
FAO	Food and Agricultural Organization Organización Internacional para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Food and Drug Administration Agencia Americana de los Alimentos y Fármacos
FPD	Detector fotométrico de flama
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy Espectroscopia infrarroja de la transformación de Fourier
FT-NIR	Fourier Transform Near-Infrared Espectroscopia del infrarrojo cercano de la transformación de Fourier
GC	Cromatografía de gases
GC-MS	Cromatografía de gas - espectrometría de masa
GC-MS-MS	Cromatografía de gas tandem espectrometría de masa
GLC	Cromatografía líquida - gas
GLC-FPD	Cromatografía gas/líquido - detector fotométrico de flama
GMP	Good Manufacturing Practice Buenas Prácticas de Manufactura



<b>HACCP</b>	<b>Hazard Analysis and Critical Control Point</b> <b>Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos</b>
<b>HATR</b>	<b>Horizontal attenuated total reflectance</b> <b>Reflectancia horizontal total atenuada</b>
<b>HFCS</b>	<b>High Fructose Corn Syrup</b> <b>Jarabe de maíz de alta fructosa</b>
<b>HGMF</b>	<b>Hydrophobic gris Membrane Filter</b> <b>Filtración con membranas reticuladas</b>
<b>HPAEC-PAD</b>	<b>High performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection</b> <b>Cromatografía líquida de intercambio iónico con detector de pulsos amperométricos</b>
<b>HPLC</b>	<b>High performance liquid chromatography</b> <b>Cromatografía líquida de alta presión</b>
<b>HPLC-UV-IQ-MS</b>	<b>Cromatografía líquida de alta presión- UV – Ionización química-espectrometría de masa</b>
<b>ICP</b>	<b>Inductively coupled plasma spectrometry</b> <b>Espectrómetro de plasma de acoplamiento inductivo</b>
<b>IQ</b>	<b>Ionización química</b>
<b>IRMS</b>	<b>Isotope Ratio Mass Spectrometry</b> <b>Espectroscopía de relación de radio isótopos</b>
<b>IS</b>	<b>Jarabes invertidos</b>
<b>ISO</b>	<b>International Standardization Organization</b> <b>Organización Internacional para la Normalización</b>
<b>LC-MS</b>	<b>Cromatografía líquida – espectrometría de masa</b>
<b>LC-MS-MS</b>	<b>Cromatografía líquida tandem espectrometría de masa</b>
<b>LFRA</b>	<b>Leatherhead Food Research Association</b>
<b>LRM</b>	<b>Limites Residuales Máximos</b>
<b>MS</b>	<b>Espectrometría de masa</b>
<b>MT</b>	<b>Magness-Taylor</b>
<b>NDF</b>	<b>Neutral Detergent Fiber</b> <b>Fibra Detergente Neutro</b>
<b>NIR</b>	<b>Near-infrared Reflectance</b> <b>Reflectancia Infrarrojo próximo</b>
<b>NMP</b>	<b>Número más probable</b>
<b>NMR</b>	<b>Nuclear Magnetic Resonance</b> <b>Resonancia magnética nuclear</b>
<b>NMX</b>	<b>Normas Mexicanas</b>
<b>NOM</b>	<b>Normas Oficiales Mexicanas</b>
<b>NPD</b>	<b>Detector Nitrógeno-Fósforo</b>
<b>NPK</b>	<b>Prueba Nitrógeno, Fósforo y Potasio</b>
<b>OC</b>	<b>Organoclorados</b>
<b>OF</b>	<b>Organofosforados</b>
<b>OMS</b>	<b>Organización Mundial de la Salud</b>
<b>OSIRA</b>	<b>Análisis de la relación de los isótopos estables de oxígeno</b>
<b>PAD</b>	<b>Pulsed Amperometric Detector</b> <b>Detector amperométrico de pulsos</b>



PC	Cromatografía en papel
PCC	Puntos críticos de control
PCR	Polymerase Chain Reaction
	Reacción en cadena de la polimerasa
ppb	Partes por billón (ng/g)
ppm	Partes por millón (mg/g)
Py-MS	Pirólisis – espectrometría de masa
RPLA	Reverse passive latex agglutination
	Aglutinación Látex Reversa Pasiva
SNIF-NMR	Site-specific natural isotope fractionation-nuclear magnetic resonance
	Fraccionamiento de isótopos de sitio específico - Resonancia magnética nuclear
SNIP-IRMS	Specific Natural Isotope Profile – Isotope Ratio Mass Spectrometry
	Perfil de isótopos específicos naturales- Espectrometría de masa de relación de radio isótopos
SSOP	Standard Sanitation Operating Procedure
	Procedimientos Operacionales Estándares de Sanitización
TA	Alteración termófila anaerobia
TLC	Cromatografía en capa fina
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TPA	Texture Profile Analysis
	Perfil de Análisis de Textura
TXRF	X-ray fluorescent
	Fluorescencia de rayos X
USDA	United Status Department of Agriculture
	Departamento de Agricultura de Estados Unidos