



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD IZTAPALAPA

# Estudios fisiológicos y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas



Elsa **Bosquez Molina**

Clara **Pelayo Zaldívar**

María de Lourdes **Yáñez López**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Dr. Salvador Vega y León  
*Rector General*

Mtro. Norberto Manjarrez Álvarez  
*Secretario General*

**UNIDAD IZTAPALAPA**

Dr. José Octavio Nateras Domínguez  
*Rector de Unidad*

Dr. Miguel Ángel Gómez Fonseca  
*Secretario de Unidad*

Dra. Edith Ponce Alquicira  
*Directora de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud*

Dra. Milagros Huerta Coria  
*Coordinadora de Extensión Universitaria*

Lic. Adrián Felipe Valencia Llamas  
*Jefe de la Sección de Producción Editorial*

Primera Impresión 2015  
ISBN: 978-607-28-0676-4

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD IZTAPALAPA

Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina,  
Del. Iztapalapa, C.P 09340, México D.F. Tel.: 5804 4600

Impreso y hecho en México/*Printed in Mexico*

## Presentación

El presente manual de prácticas de laboratorio para el curso de Fisiología y Tecnología Poscosecha de Frutas y Hortalizas, contiene las prácticas que se adecuaron y actualizaron para fortalecer la formación académica de los alumnos de la licenciatura en Ingeniería de los Alimentos posibilitando el ejercicio práctico de los conocimientos adquiridos mediante el desarrollo experimental que demuestran los procesos fisiológicos básicos que ocurren en los productos vegetales frescos y que constituyen el fundamento de las tecnologías que se aplican para extender su periodo de conservación en términos nutricionales, funcionales y sensoriales.

El manual cumple con los cuatro ejes rectores del nuevo modelo educativo de la UAM-Iztapalapa: a) flexibilidad curricular, b) corresponsabilidad, c) desarrollo de habilidades básicas incluyendo la incorporación de nuevas tecnologías educativas en la formación de recursos humanos y d) vinculación entre la docencia e investigación.

Asimismo, se consideran los requisitos normativos para el uso de los servicios, instalaciones y medidas de seguridad para el cabal cumplimiento del desarrollo experimental en los laboratorios de docencia, publicados en el *"Instructivo del Funcionamiento Interno y Operativo para Regular el Uso de los Servicios e Instalaciones de los Laboratorios de Docencia de la Unidad Iztapalapa"* y sus 9 Anexos (<http://www.izt.uam.mx/conacad>), aprobado por el Consejo Académico de la Unidad Iztapalapa en la Sesión número 314, del 9 de noviembre de 2009.

El manual se inicia con una presentación de las normas de seguridad e higiene que se deben conocer y adoptar rigurosamente tanto en los laboratorios de docencia como de investigación.

Cada práctica de la nueva versión incluye una introducción sobre el fundamento teórico de cada tema, así como las indicaciones precisas para el desarrollo experimental correspondiente; el alumno tiene además la oportunidad de reforzar los conocimientos adquiridos y organizar el trabajo realizado mediante la elaboración de un reporte siguiendo los lineamientos científicos.

En resumen, el diseño en general del presente material está estructurado con el propósito de promover y favorecer el trabajo en equipo para que el alumno complemente su aprendizaje teórico, desarrollando habilidades cualitativas y cuantitativas al familiarizarse con la aplicación de los principios fisiológicos y tecnológicos orientados a la obtención de productos frescos íntegros y mínimamente procesados de óptima calidad y con mayor potencial de conservación.

Los autores

### **Agradecimientos**

A la Dra. Leticia Ponce de León García por su contribución en las técnicas histológicas de la Práctica 2.

Al Dr. José Ramón Verde Calvo por su apoyo en la explicación del software Clarity de la Práctica 5.

A la M. en B. Lizette Liliana Rodríguez Verástegui por su contribución en las técnicas histoquímicas de la Práctica 11.

Nota: El apéndice del Anexo 3 correspondiente a cálculos matemáticos básicos y conceptos de precisión y exactitud, así como el Anexo5 relativo al manejo del potenciómetro, fueron tomados del Manual de Química Analítica.

## Contenido

Normas de seguridad en el laboratorio .....	7
Práctica 1 Clasificación de frutas y hortalizas .....	9
Práctica 2 Estructuras celulares y anatomía de frutas y hortalizas .....	15
Práctica 3 Técnicas de análisis para la determinación de la calidad de los productos hortofrutícolas frescos .....	21
Práctica 4 Pérdida de peso por transpiración de frutas y hortalizas .....	33
Práctica 5 Actividad respiratoria asociada a la maduración de frutos .....	39
Práctica 6 Actividad respiratoria y vida útil de los productos hortofrutícolas .....	53
Práctica 7 Efecto de factores bióticos y abióticos en el desarrollo de enfermedades y fisiopatías poscosecha en productos hortofrutícolas .....	57
Práctica 8 Aplicación de dos métodos de enfriamiento en productos hortofrutícolas .....	67
Práctica 9 Evaluación de recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas .....	75
Práctica 10 Maduración controlada y desverdizado .....	81
Práctica 11 Curado de papa y naranja .....	89
Práctica 12 Fumigación con dióxido de azufre para conservar el color rojo de los frutos de litchi .....	95
Práctica 13 Fumigación de uva de mesa con dióxido de azufre para el control de <i>Botrytis cinerea</i> .....	103
Práctica 14 Comparación de tecnologías para la conservación en fresco de frutas y hortalizas .....	109
Práctica 15 Procesamiento mínimo de frutas y hortalizas .....	115
Práctica 16 Evaluación de pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas .....	123
Anexo 1 Información básica para la manipulación segura de reactivos .....	129
Anexo 2 Información de medidas de seguridad para el manejo de instrumentos y equipo de laboratorio .....	135
Anexo 3 Instrucciones para el reporte con formato de artículo .....	137
Anexo 4 Índices de madurez utilizados en algunas frutas y hortalizas .....	143
Anexo 5 Instrucciones de operación del potenciómetro Conductronic pH 120 .....	145

Anexo 6	Procedimiento para el manejo de muestras de jugo de cítricos para la obtención de diluciones y determinación de la acidez titulable . . . . .	147
Anexo 7	Postulados de Koch . . . . .	149
Anexo 8	Guía para el análisis sensorial de productos hortofrutícolas frescos. . . . .	151
Anexo 9	Prácticas de higiene e inocuidad para el manejo de frutas y hortalizas mínimamente procesadas . . . . .	153
Anexo 10	Guía para la entrevista al distribuidor de frutas y hortalizas de la central de abasto . . . . .	155

## Normas de seguridad en el laboratorio

El trabajo experimental que se desarrolla en el laboratorio de frutas y hortalizas requiere disciplina en el cumplimiento de las medidas de seguridad e higiene debido a que se trabaja con equipo especializado, así como con materiales y sustancias químicas que pueden ser potencialmente peligrosos, por lo que a continuación se describen las medidas básicas para prevenir accidentes:

1. Usar bata de algodón en el laboratorio, ésta debe ser de manga larga, 1 o 2 tallas más grande de la talla habitual que usa el alumno y debe contar con todos los botones para mantenerla cerrada.
2. Usar guantes adecuados para cada caso, cuando se manejen materiales corrosivos o tóxicos, objetos punzo-cortantes (vidrio, cuchillos, peladores, etc.), materiales calientes o muy fríos. Los hay de diferentes materiales, de látex o neopreno para el trabajo habitual de laboratorio, de asbesto para sujetar objetos calientes y de neopreno para manejo de ácidos.
3. Usar zapato cerrado, de suela antiderrapante. La zapatilla de tacón alto, las sandalias y en general los zapatos abiertos no se consideran adecuados para trabajo de laboratorio.
4. Traer el cabello recogido, no llevar puestos aretes, "piercings", relojes, anillos, cadenas, broches, etcétera que representen una amenaza para la inocuidad del alimento y riesgo para la persona durante el manejo del equipo y materiales de laboratorio. Las uñas deben estar recortadas y sin esmalte.
5. Verificar la localización de las salidas de emergencia, extinguidores de fuego, regaderas y botiquín de primeros auxilios.

Mantenga su área de trabajo limpia y ordenada. No deben colocarse libros, abrigos o mochilas sobre las mesas de trabajo. Se deberá verificar que la mesa esté limpia al comenzar y al terminar el trabajo realizado.

6. Queda estrictamente prohibido comer, beber, masticar chicle, almacenar alimentos, correr, fumar, maquillarse o manipular lentes de contacto en el laboratorio, aun cuando no se estén realizando prácticas.
7. Para el manejo de reactivos considere los siguientes puntos:
  - Leer con cuidado las etiquetas en los frascos de reactivos que van a utilizarse.
  - Manipular los líquidos y sólidos de los frascos que los contienen, usando pipetas, probetas o espátulas limpias para las diferentes sustancias.
  - En el caso de los líquidos, extraerlos exclusivamente con la propipeta o perilla de extracción. Prohibido usar las pipetas succionando con la boca.
  - No regresar sobrantes de reactivos a los envases originales.
  - Los frascos de los reactivos deben cerrarse inmediatamente después de su uso, durante su utilización los tapones o las tapas deben colocarse siempre boca arriba sobre la mesa.
  - Se deberá etiquetar todo el material de vidrio con el nombre del reactivo, la concentración a la que esté preparado, fecha y nombre o número de equipo.
  - Cuando se preparen soluciones ácidas, verter siempre el ácido al agua y nunca en forma inversa.
  - Si un ácido, base o cualquier reactivo corrosivo salpica su cuerpo, enjuáguese con abundante agua y llame al profesor.
  - Antes de encender un mechero asegurarse de que no se encuentren cerca vapores o líquidos inflamables.
  - Todas las operaciones con sustancias volátiles deberán realizarse en la campana de extracción. Nunca calentar un líquido orgánico sobre la flama; para temperaturas menores de 95 °C usar un baño de agua.
  - Seguir las instrucciones correspondientes para el manejo de los residuos.

8. Informar inmediatamente sobre cualquier accidente que suceda, sea un daño físico (quemaduras o cortaduras), daño al equipo y/o instrumentos del laboratorio.
9. Usar los equipos siguiendo las instrucciones del profesor.
10. Antes de retirarse del laboratorio, deje limpio el material utilizado y asegúrese de que no quede equipo alguno encendido o llave de agua abierta.
11. Las balanzas deben dejarse en ceros y perfectamente limpias después de su uso.
12. Nunca trabaje solo, procure realizar su actividad cuando por lo menos otra persona esté trabajando en el laboratorio.
13. Para otras recomendaciones importantes y específicas para el buen manejo de los reactivos y equipos de laboratorio consultar los Anexos 1 y 2.

## Práctica 1

### Clasificación de frutas y hortalizas

#### Introducción

Las frutas y hortalizas son órganos vegetales constituidos por una gran diversidad de estructuras que les confieren características, propiedades y comportamientos poscosecha particulares. Debido a la naturaleza misma de estos productos, el trabajo de investigación y el campo de trabajo en Fisiología Poscosecha se han dividido en 2 grandes áreas:

#### GRANOS Y SEMILLAS

Contenido de agua bajo  
Tasa de respiración baja  
Desprendimiento bajo de calor  
Actividad metabólica baja  
Carácter poco perecedero

#### FRUTAS Y HORTALIZAS

Contenido de agua alto  
Tasa de respiración alta  
Desprendimiento alto de calor  
Actividad metabólica alta  
Carácter perecedero

La estructura, composición y fisiología diversa de cada órgano vegetal determinan su vida útil; así entonces, los granos, semillas, raíces, tubérculos y bulbos están adaptados para tener una actividad metabólica baja, y por lo tanto, una vida útil larga; mientras que las hojas, tallos, flores y frutos presentan una actividad metabólica más intensa y su vida útil es más corta.

**Definición de Hortaliza.** No hay una definición botánica de hortaliza debido a que bajo este término se incluyen diversos órganos con una amplia variedad de estructuras vegetales. Sin embargo, se acostumbra agruparlas en cuatro categorías:

1. Semillas y vainas.
2. Hortalizas subterráneas (bulbos, raíces y tubérculos).
3. Hortalizas de fruto (jitomate, calabaza, pepino, berenjena, chile, etc.).
4. Hortalizas de hoja y suculentas (hojas, flores, inflorescencias, yemas vegetativas, yemas florales y tallos).

Desde el punto de vista del consumidor, las hortalizas son productos vegetales comestibles, a los que comúnmente se les adiciona sal – o al menos no se endulzan – se cuecen o cocinan y comúnmente acompañan al plato principal (carnes o pescado).

**Definición de Fruto.** Desde el punto de vista botánico, un fruto es el órgano originado de uno o más pistilos presentes en una flor o en una inflorescencia (conjunto o agrupamiento de flores formando un ramillete) con o sin tejidos accesorios o extracarpelares (aquellos que no provienen de la hoja carpelar que dio origen al pistilo).

El término fruto así definido abarca por lo tanto al grupo de las hortalizas de fruto y a las denominadas frutas por parte del consumidor. Desde el punto de vista de éste, fruta es el producto de una planta, generalmente dulce y aromático en la madurez y que se consume como postre de manera natural o se endulza antes de consumirse.

Generalmente el desarrollo del fruto comienza inmediatamente después de que ocurre la fertilización del o los óvulos contenidos en el ovario del pistilo; sin embargo, existe el fenómeno de la partenocarpia mediante el cual ocurre el desarrollo normal del fruto pero sin fertilización y en este caso los frutos resultan sin semillas (plátano, piña, naranjas del grupo Washington Navel, etc.). Como a veces es difícil saber si hubo o no fertilización (puede haberla pero después los embriones abortan) o saber si las semillas proceden de óvulos fertilizados o se generaron de otros tejidos, el término fruto partenocárpico se asigna de manera práctica a cualquier fruto que no tiene semillas.

## Clasificación de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas se clasifican en varias categorías taxonómicas reconocidas botánicamente y utilizadas para identificarlas y asignarles un nombre científico. Por ejemplo, el aguacate procede de árboles pertenecientes a las siguientes categorías taxonómicas:

Familia: *Lauraceae*.

Género: *Persea*.

Especie: americana.

Nombre científico: *Persea americana* Mill.

Como se puede observar, el nombre científico se escribe en latín y en letras itálicas (o bien en letra normal pero entonces se subraya) y se compone de dos palabras, la primera (que corresponde al nombre del género) se escribe con mayúscula y la segunda (que corresponde al nombre de la especie) con minúscula, seguidas del nombre del científico que hizo esta clasificación.

En el caso de las hortalizas, la clasificación involucra identificar su nombre científico, el grupo al que pertenecen y el tipo de órgano del que se trata.

En lo que respecta a los frutos, su clasificación también involucra identificar su nombre científico y el grupo al que pertenecen. Para determinar este último se han propuesto varias clasificaciones, la más conocida y aceptada es la de Lawrence y Gray, propuesta en 1879 pero todavía vigente y que está basada en:

- El número de pistilos y flores que participan en el desarrollo del fruto.
- La naturaleza del pericarpio del fruto (seco o carnosos).
- Si el fruto se abre o no en la madurez para liberar las semillas (fenómeno de dehiscencia).
- El tipo de pistilo a partir del cual se forma el fruto (unicarpelar o multicarpelar).

Un esquema de esta clasificación se incluye al final de la práctica.

### Objetivos

- El alumno será capaz de clasificar diversas frutas y hortalizas atendiendo al grupo al que pertenecen, tipo de órgano del que se trata y función que éste desempeña en la planta; asimismo, indicará el nombre científico de cada una.
- El alumno será capaz de diferenciar si las frutas y hortalizas que se estudian en la presente práctica caen en la categoría de granos y semillas o en la de frutas y hortalizas y por lo tanto, si se trata de productos muy perecederos o poco perecederos.

### Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

#### Materia prima

Productos vegetales diversos: Papa, cebolla, zanahoria, epazote, espinaca, nabo, coliflor, ejotes, frijol, elote, aguacate, naranja, cereza, chabacano, piña, uva, tamarindo, fresa, limón, papaya, manzana, germinado de alfalfa o soya, calabacita, chile, etc.

Cada equipo deberá traer además una flor de geranio o lily y una muestra de frutos cítricos en diversos estados de desarrollo.

#### Utensilios y material de papelería

1 Tabla de madera.

Toallas de papel.

Masking tape y marcador indeleble.

Papel higiénico.

Telas desechables.

Material de fotocopiado: Nombre científico y estructuras de frutas y hortalizas; tipos de placentación (central, parietal, etc.), tipos de ovario (ífero, súpero y semi-ífero) y tipos de flor (hipógina, epígina y perígina).

### Equipo de laboratorio

- 1 Estereomicroscopio.
- 1 Estuche de disección.
- 1 Juego de cuchillos no dentados con filo.

### Desarrollo experimental

1. Con la ayuda del material escrito que se le proporcione, el esquema al final de esta práctica y la bibliografía recomendada, clasifique cada una de las frutas y hortalizas que se le proporcionen tratando de cubrir los objetivos planteados. Ayúdese de la siguiente guía:
  - Nombre común.
  - Nombre científico.
  - Parte de la planta de que se trata.
  - Descripción del producto vegetal, señalando las partes que lo componen.
  - En el caso de frutos(as), indicar la clasificación a la que pertenece explicando la razón.
  - Función del producto vegetal como órgano en la planta.
  - Indicar qué tan perecedero es (poco, regular, altamente perecedero).
  - Uso comestible.
2. Seleccione tres frutas y tres hortalizas de las que se le proporcionaron y con la ayuda de su equipo de disección y el microscopio estereoscópico, haga cortes y observe las estructuras más finas (nervaduras, haces vasculares, fibras, etc.) de cada una. Haga un esquema y señale las estructuras que la conforman (ayúdese del material fotocopiado). En el caso de los frutos, haga cortes transversales y longitudinales y determine el tipo de placentación que tienen.
3. En el caso de las flores, identifique las partes que las componen (verticilos florales). Haga un corte transversal en el ovario y observe con ayuda del microscopio estereoscópico los óvulos, el o los carpelos y el número de lóculos en cada una. Asimismo, indique en cada flor, si el ovario es ífero, súpero o semi-ífero, y si la flor es hipógina, epígina o perígina.

### Manejo de residuos



R1= enviar a composteo.

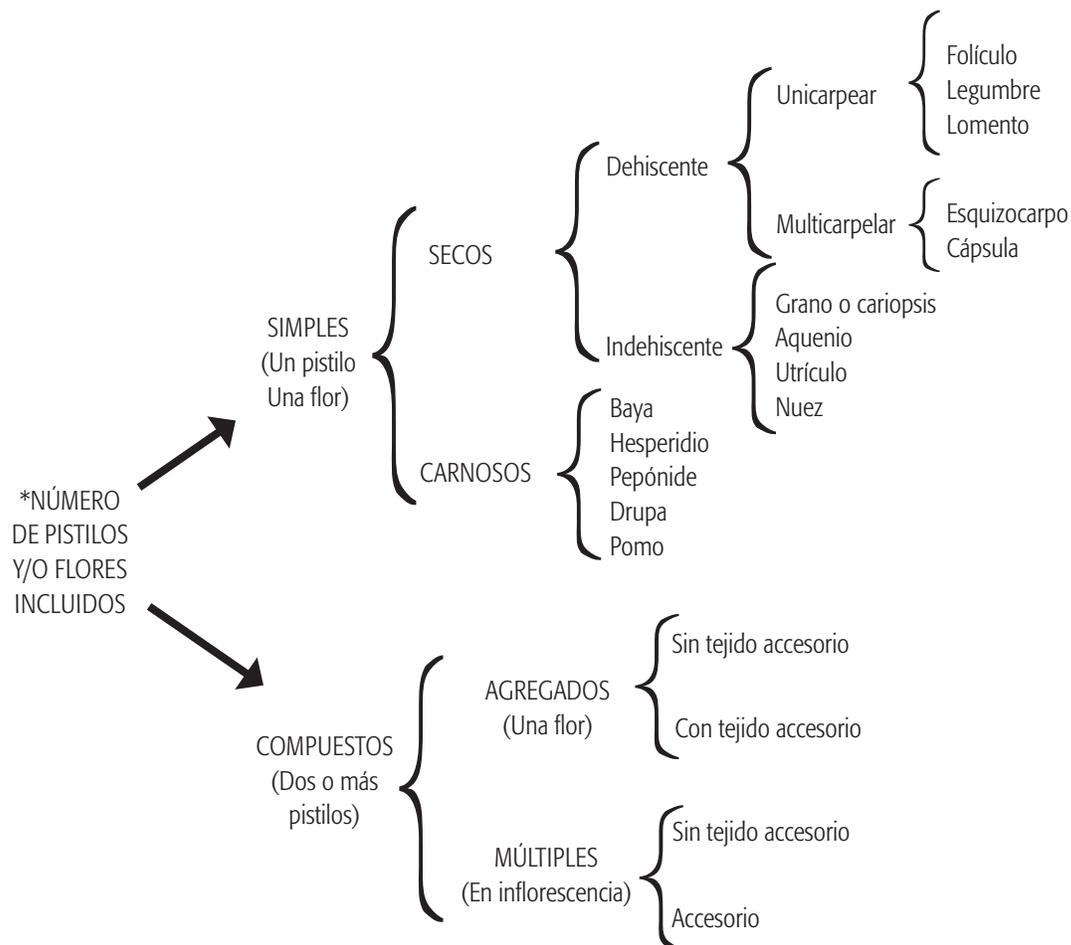
### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. Haga el esquema de una flor, indicando cada una de las partes que la forman.
2. Haga un esquema de una flor con ovario epigino, hipógino y perigino, indicando por qué se llaman así.
3. ¿Qué es el pericarpio?
4. ¿Qué es la placenta?
5. ¿A qué dan origen los óvulos?
6. ¿Qué término es más correcto emplear, el de verdura o el de hortaliza? ¿Por qué?
7. Indique brevemente qué fue lo más relevante de esta práctica para usted.
8. En el área de la Fisiología y Tecnología Poscosecha ¿Cuál es la importancia de conocer las partes de las que provienen los productos vegetales?

### CLASIFICACIÓN DE FRUTAS SEGUN LAWRENCE Y GRAY (1879)



\*Que participaron en la formación del fruto.

## Bibliografía

-  Fahn Abraham. 1985. Anatomía vegetal. 2ª ed. Editorial Pirámide, Madrid, España.
-  Fahn Abraham. 1990. Plant anatomy. Ed Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.
-  Font Quer Pío. 2010. Diccionario de botánica. En línea <http://jolube.wordpress.com/2010/05/12diccionario.b>
-  Font Quer Pío. 2000. Diccionario de Botánica. Ed. Península, Barcelona, España.
-  Esau Katherine. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
-  Esau Katherine. 2006. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
-  Esau Katherine. 1965. Plant anatomy. 2<sup>nd</sup>. Ed. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
-  Esau Katherine. Anatomía vegetal. 1985. Ed. Omega, Barcelona, España.
-  Robbins Wilfred, Weier T. Elliot and Stocking C. Ralph. 1970. Botánica. Ed Limusa-Wiley, México.
-  Rost L. Thomas, Barbour G. Michael and Stocking C. Ralph. 2006. Plant biology. Ed Thompson Brooks/Cole. Australia.
-  Wills, R.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. Mc Glasson and E.G. Hall. 2007. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. 5a ed. Ed. University of New South Wales Press Ltd., Sidney, Australia.
-  Wills, R.H., D. Graham, W.B. Mc Glasson and Daryl Joyce. 1999. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acribia, Zaragoza, España.



## Práctica 2

### Estructuras celulares y anatomía de frutas y hortalizas

#### Introducción

Las frutas y hortalizas son órganos vegetales constituidos por una gran diversidad de estructuras que les confieren características, propiedades y comportamientos poscosecha particulares.

Naturalmente, las unidades morfológicas, estructurales y funcionales de estos productos vegetales son las células. La célula vegetal se distingue de la animal porque presenta pared celular, cloroplastos, plastidios, vacuolas y sustancias ergásticas.

Los componentes de la célula vegetal se agrupan en *constituyentes protoplasmáticos* (citoplasma, núcleo, organelos como cloroplastos, plastidios, mitocondrias, retículo endoplásmico, aparato de Golgi, ribosomas, etc.) y en *constituyentes no protoplasmáticos* (vacuolas y sustancias ergásticas); la pared celular está compuesta de sustancias ergásticas que no residen en el protoplasto sino que se depositan sobre su superficie.

Las células están unidas mediante la *lámina media* y se asocian unas a otras de diversas maneras formando masas coherentes: los tejidos.

El arreglo o disposición, tanto de células como de tejidos no es al azar y es posible distinguir “unidades de tejidos” que muestran continuidad topográfica o similitud fisiológica, o ambas características; tales unidades de tejidos se denominan *sistemas de tejidos*. De aquí que los tejidos principales de una planta vascular se agrupan con base en su origen y continuidad topográfica en tres sistemas de tejidos: *dérmico*, *fundamental* y *vascular*.

*El sistema dérmico* comprende a la *epidermis*, que constituye la cubierta externa protectora del cuerpo vegetal, y a la *peridermis*, que es el tejido protector que sustituye a la epidermis, principalmente en partes de la planta que presentan crecimiento secundario.

*El sistema vascular* consta de dos tipos de tejidos de conducción: el *floema*, que conduce el alimento sintetizado en las hojas (savia elaborada o fotosintatos) y el *xilema*, que conduce el agua y nutrientes minerales disueltos (savia bruta).

*El sistema fundamental* incluye a los tejidos que, en cierto modo, forman el grueso del contenido de la planta, pero, al mismo tiempo, presentan varios grados de especialización. El tejido de fondo o base de este sistema es el *parénquima* en todas sus variedades, en él se encuentra inmerso el *colénquima*, que es un tejido de soporte con paredes primarias engrosadas y también se encuentra en este sistema el *esclerénquima*, que en la madurez es un tejido muerto y constituye por excelencia el principal tejido de soporte, ya que presenta paredes secundarias gruesas, duras y normalmente lignificadas.

Así entonces, la complejidad estructural de cada fruta y hortaliza es la expresión o manifestación no sólo de la variedad en la forma y función de las células, sino también de las diferentes maneras en que se combinan en los tejidos y sistemas de tejidos.

Considerando lo anterior, la importancia del estudio anatómico de los productos hortofrutícolas reside en las implicaciones prácticas que se derivan de estos conocimientos, dado que los tejidos involucrados en los diferentes órganos vegetales no sólo están directamente relacionados con los procesos fisiológicos como la transpiración, respiración y maduración, sino que determinan sus características de textura y resistencia tanto a lesiones causadas por microorganismos patógenos como físicas o mecánicas; lo que permite contar con criterios complementarios como lo sería el desarrollo de índices de cosecha confiables, diseño de envases de acuerdo a los requerimientos particulares del producto vegetal, establecimiento de las condiciones adecuadas para el enfriamiento previo y durante el almacenamiento refrigerado, en atmósferas modificadas y controladas, entre otras.

## Objetivos

- El alumno será capaz de elaborar los esquemas de las estructuras observadas en el microscopio de disección así como las identificadas en cortes histológicos del material vegetal fresco estudiado en el microscopio óptico.
- El alumno será capaz de asociar la presencia de las estructuras observadas (células y tejidos) con el tipo de órgano de la planta estudiado.
- El alumno será capaz de explicar la función de las estructuras observadas (células y tejidos) y su relevancia en el campo de la Fisiología y Tecnología Poscosecha.

## Materiales y reactivos

### Materia prima

2 Flores y frutos en desarrollo de *Citrus aurantifolia* Swingle (Limón) o de *Citrus sinensis* Swingle (Naranja).

5 Flores de geranio.

2 Flores de azucena.

1 Cebolla.

1 Manzana roja.

1 Hoja de hule ornamental.

1 Cladodio de nopal con espinas.

1 Pera.

1 Papa.

1 Plátano maduro.

1 Apio.

1 Hoja de lechuga o espinaca.

1 Hoja de *Citrus spp.*

1 Aguacate.

1 Durazno.

### Colorantes y reactivos\*

Rojo neutro 50 mL (tinción del tonoplasto y plasmalema).

Azul de toluidina 10 mL (tinción de parénquima, colénquima y tejido vascular).

Floroglucinol 50 mL (tinción de esclerénquima y xilema).

Sudán III 50 mL (tinción de cera, grasa y aceite).

Lugol 50 mL (tinción de almidón).

Solución NaCl al 5%, 50 mL (para inducir el fenómeno de plasmólisis).

HCl al 25%, 50 mL.

\*Consultar el Anexo 1 de recomendaciones en el uso de reactivos.

### Preparación de colorantes

**Profesor:** Prepare 50 mL de cada colorante para todo el grupo (5 mL por equipo).

**Alumnos:** Cada equipo etiquetará 5 frascos goteros con el nombre completo del colorante o reactivo, así como el número del equipo.

#### Floroglucinol

Floroglucinol 1 g

Alcohol de 96° 100 mL

Lugol

Yoduro de potasio (KI)	1.5 g
Yodo (I)	0.3 g
Agua destilada	100 mL

**Nota:** Existe solución de lugol ya preparada como reactivo, sólo hay que diluirla al 25%.

Rojo neutro

Rojo neutro	1 g
Agua destilada	99 mL
Ácido acético glacial	1 mL
Sudán III	
Acetona	50 mL
Alcohol de 70°	v

Sudán III 0.2 g aprox

Importante: disolver el Sudán III en alcohol al 70% y agregar posteriormente la acetona.

Azul de toluidina "O"

Azul de toluidina	1 mL
Agua destilada	100 mL

**Material de vidrio**

- 1 Caja de portaobjetos.
- 1 Caja de cubreobjetos.
- 2 Cajas de Petri.
- 2 Vasos de precipitados de 250 mL.
- 5 Frascos goteros de color ámbar de 10 mL.
- 5 Pipetas Pasteur.

**Utensilios**

- 1 Paquete de telas desechables.
- Etiquetas autoadheribles.
- 1 Cuchillo mediano.
- 1 Rollo de papel sanitario blanco o una caja de pañuelos desechables.
- 1 Tabla para cortar.
- 1 Caja de cerillos o encendedor.
- 1 Estuche de disección.

**Equipo de laboratorio**

- 1 Microscopio óptico.
- 1 Microscopio estereoscópico o de disección.

**Material de laboratorio**

- 1 Piseta con agua destilada.
- 1 Pinza de disección.
- 1 Microtomo.

## Desarrollo experimental

1. Verificar en el microscopio óptico la iluminación Kehler alineando el objetivo de 10X con la fuente de iluminación y cerrando los diafragmas.
2. Haga cortes transversales finos del material indicado y colóquelos en las cajas de Petri conteniendo agua destilada. Para realizar la observación, coloque el corte más fino sobre un portaobjetos, adicione agua o el colorante correspondiente y después de 1-2 min lave con agua destilada; coloque el cubreobjetos y observe la preparación en el microscopio, primero con el objetivo de 10X y después con el objetivo del siguiente aumento (40X, 60X, etc.).
3. Haga esquemas de cada una de sus observaciones indicando lo siguiente:
  - a) Nombre común y científico del material empleado.
  - b) Tipo de órgano.
  - c) Estructura(s) observada(s).
  - d) Tinción utilizada.
  - e) Amplificación empleada.

## Estructuras Celulares

1. Pared celular – Cebolla – Azul de toluidina.
2. Membrana plasmática – Cebolla – Agregue unas gotas de solución de NaCl al 5% y observe al microscopio.
3. Vacuolas – Manzana – Rojo neutro.
4. Cromoplastos – Durazno – Sin tinción.
5. Cloroplastos - Nopal o espinaca – Sin tinción.

## Sustancias Ergásticas

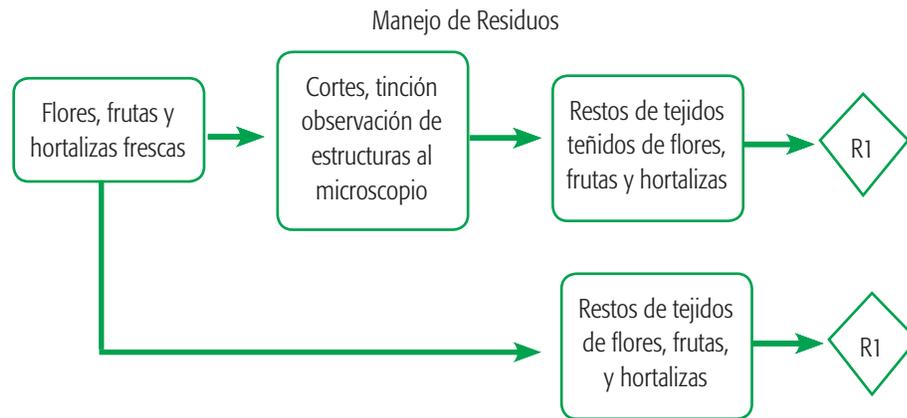
1. Almidón – Papa y/o plátano – Observar primero sin tinción y después agregue una gota de lugol, en este caso lave inmediatamente y observe al microscopio.
2. Aceite (sacos) – Aguacate – Sudán III.
3. Cristales prismáticos – Hoja de *Citrus spp.* Sin tinción.

## Tejidos

1. Capa cuticular – Hoja de hule (*Ficus elástica*) o manzana – Sudán III.
2. Epidermis – Cebolla, hoja de *Citrus spp.*, durazno - Sin tinción.
3. Colénquima – Apio - Azul de toluidina.
4. Esclerénquima – Pera – Floroglucinol. Agregue unas gotas de floroglucinol a su corte, deje evaporar un poco y adicione unas gotas de HCl al 25%, flamee la parte inferior del portaobjetos sin dejar secar la preparación, lave con agua destilada y observe al microscopio.
5. Parénquima:
  - De reserva – Papa o plátano – lugol.
  - Clorofílico – Hoja de espinaca o lechuga – Sin tinción.
  - Acuífero – Nopal – Primero sin teñir y después con rojo neutro.
6. Vascular: Xilema y floema – Hojas de *Citrus spp.*, cebolla - azul de toluidina.

## Gineceo y Ovario Floral

- Observe las flores del geranio, azucena y limón y haga un esquema indicando lo siguiente:
  - Nombre de la flor y verticilos.
  - Partes del gineceo.
  - Tipo de ovario (súpero, semiinfero, infero).
  - Número de carpelos.
  - Presentación de los carpelos: fusionados (ovario sincárpico) o no fusionados (ovario apocárpico).
- Haga un corte transversal del ovario e indique en un esquema lo que observa (óvulos, número y forma de lóculos, tipo de placentación).



R1=Enviar a composteo.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Cuál es el mecanismo por el cual se tiñe el almidón con el lugol?
2. ¿Qué compuestos tiñe el Sudán III?
3. Se desea teñir las membranas celulares de un hongo microscópico, y se tiene Rojo neutro y azul de algodón lactofenol. ¿Cuál utilizaría para tal propósito y por qué?
4. Mencione 4 ejemplos en los que se utilice el azul de toluidina.
5. ¿Considera que es importante conocer la fórmula química de los colorantes? ¿Por qué?

## Bibliografía

-  Bosquez, M.E. 1987. Importancia de la anatomía de frutas en el campo de la fisiología y tecnología poscosecha. Nota Técnica. Boletín Técnico Informativo Poscosecha No. 7. CONAFRUT/SARH.
-  Conn, H.J. 1977. H.J. Conn's Biological Stains. A handbook on the nature and uses of the dyes employed in the biological laboratory. 9a Ed. The Williams and Wilkins Company. Baltimore U.S.A. 692 pp.
-  Esau Katherine. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
-  Esau Katherine. 2006. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
-  Esau Katherine. 1965. Plant anatomy. 2<sup>nd</sup>. Ed. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
-  Esau Katherine. Anatomía vegetal. 1985. Ed. Omega, Barcelona, España.
-  Fahn Abraham. 1985. Anatomía vegetal. 2<sup>a</sup> ed. Editorial Pirámide, Madrid, España.
-  Fahn Abraham. 1990. Plant anatomy. Ed Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.
-  Font Quer Pío. 2010. Diccionario de botánica. En línea <http://jolube.wordpress.com/2010/05/12diccionario.b>
-  Font Quer Pío. 2000. Diccionario de botánica. Ed. Península, Barcelona, España.
-  Johansen, A. 1968. Plant microtechnique. Ed. Mc. Graw Hill. New York. 523 pp.
-  Pantastico, Er. B. 1975. Structure of fruits and vegetables. In: Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables.
-  Para consultar información específica de los reactivos empleados en esta práctica consulte la siguiente URL: <http://www.labkem.com>

## Práctica 3

### Técnicas de análisis para la determinación de la calidad de los productos hortofrutícolas frescos

#### Introducción

La palabra **calidad** se emplea de diversas formas cuando se hace referencia a las frutas y hortalizas frescas, así por ejemplo, se habla de calidad comercial o para mercadeo, calidad para el transporte, calidad de mesa, calidad comestible, calidad de postre, calidad nutricional, calidad interna y calidad de aspecto o apariencia.

La calidad de los productos hortofrutícolas frescos puede definirse como una combinación de características, atributos y propiedades que le dan valor como alimento.

De acuerdo con Kader (2002), los principales componentes de calidad que se utilizan para evaluar los productos hortofrutícolas por categorías y estándares establecidos en las especificaciones de las normas de calidad, son los que se presentan en el cuadro 3.1, y la importancia relativa de cada factor depende del producto en sí y del uso al que se le destinará (fresco, mínimamente procesado o procesado).

**Cuadro 3.1.** Componentes de la calidad de frutas y hortalizas frescas.

Factores Principales	Componentes
Apariencia	<p><i>Tamaño:</i> dimensiones, peso, volumen.</p> <p><i>Forma y condición:</i> diámetro/longitud, proporción, compactación, uniformidad.</p> <p><i>Color:</i> intensidad, uniformidad.</p> <p><i>Brillo:</i> naturaleza de la superficie cerosa.</p> <p><i>Defectos:</i> internos, externos.</p> <p>Morfológicos.</p> <p>Físicos y mecánicos.</p> <p>Fisiológicos.</p> <p>Patológicos.</p> <p>Entomológicos.</p>
Textura (sensación al tacto y/o en la boca)	<p>Firmeza, dureza, suavidad.</p> <p>Crujiente.</p> <p>Suculencia, jugosidad.</p> <p>Mieloso, granuloso.</p> <p>Chicloso, fibroso.</p>
Gusto y aroma	<p>Dulzura.</p> <p>Acidez.</p> <p>Astringencia.</p> <p>Amargoso.</p> <p>Aroma (compuestos volátiles).</p> <p>Aromas y sabores anormales.</p>
Valor Nutricional	<p>Carbohidratos (incluyendo fibra dietaria).</p> <p>Proteínas.</p> <p>Lípidos.</p> <p>Vitaminas.</p> <p>Minerales.</p>
Sanidad	<p>Compuestos tóxicos naturales presentes.</p> <p>Contaminantes (residuos químicos, metales pesados).</p> <p>Micotoxinas.</p> <p>Contaminación microbiana.</p>

Es importante definir las interrelaciones que existen entre los componentes de calidad de cada producto hortofrutícola y correlacionarlos con métodos objetivos (cuantitativos) y subjetivos (cualitativos) para precisar la evaluación de su calidad, ya que esta información es esencial para:

- Seleccionar nuevas variedades.
- Optimizar las prácticas de cultivo.
- Definir el estado de desarrollo o madurez óptimo de cosecha.
- Establecer operaciones óptimas de manejo poscosecha.

**Estado de madurez o desarrollo de las frutas y hortalizas.** La condición de madurez o desarrollo que presenten los productos vegetales al ser cosechados es especialmente importante para su manejo, transportación y comercialización, ya que repercute directamente en la calidad final alcanzada por el producto y su potencial de conservación en fresco. De aquí que la distinción entre los conceptos de desarrollo, madurez fisiológica (*mature* en inglés), madurez hortícola y madurez de consumo (*ripe* en inglés), así como la identificación de estos estados de desarrollo, son aspectos relevantes para la aplicación de las diferentes tecnologías poscosecha.

En Fisiología Poscosecha, los términos *sazón* o *madurez fisiológica* (*mature*) y *madurez de consumo* (*ripe*) denotan diferentes estados de desarrollo en el caso específico de los frutos. Actualmente la definición más aceptada para el estado sazón es la siguiente: “*Aquel estado en el cual un fruto ha alcanzado un estado de desarrollo suficiente para que, después de la cosecha y manejo poscosecha (incluyendo la maduración, cuando sea requerida), su calidad sea al menos, la mínima aceptable para el consumidor final*”. La *madurez de consumo* sería el estado de desarrollo en el que el fruto ha alcanzado su máxima calidad estética y sensorial que lo hacen apto para el consumo humano inmediato.

Un término aplicable a cualquier órgano vegetal lo constituye el de *madurez hortícola*, el cual se define como aquel estado de desarrollo de una planta o parte de ella que posee los requisitos necesarios para ser utilizado por el consumidor para un propósito particular.

De acuerdo con esta definición, un producto vegetal dado puede estar hortícolamente maduro en cualquier estado de desarrollo, así por ejemplo los germinados o plántulas están hortícolamente maduras en los estados tempranos del desarrollo, mientras que otros órganos de la planta como las flores, hojas, y tubérculos, se encuentran en los estados intermedios del desarrollo, y, las semillas y nueces en los últimos estados del desarrollo (Reid, 1992).

Para la mayoría de las hortalizas, la madurez hortícola se alcanza en más de un estado de desarrollo, dependiendo del uso o destino deseado, y coincide con la calidad de consumo; así por ejemplo, en la calabacita *zuchini* el producto con madurez hortícola puede ser la flor completamente abierta (flor de calabaza), el fruto joven o el fruto completamente desarrollado. Sin embargo en el caso de muchas frutas, la calidad de consumo o comestible en el momento de la cosecha (estado sazón o madurez fisiológica) está muy lejana de ser la óptima; por ejemplo el plátano.

**Madurez o desarrollo y los índices de cosecha.** Debido a que el estado de desarrollo o madurez óptima para la cosecha es una característica de calidad de los productos vegetales perecederos, su determinación objetiva ha ocupado la atención de muchos investigadores, ya que el número de índices confiables es escaso y, para la mayoría de los productos vegetales aún continúa la búsqueda de un índice satisfactorio.

El índice de cosecha para un producto vegetal, por definición, es una medida o medidas que pueden emplearse para identificar un estado de desarrollo en particular. Estos índices son muy importantes para la comercialización en fresco de los productos vegetales por razones del cumplimiento de normas o estándares establecidos, estrategias de mercadeo y eficacia en el empleo de recursos para la labor de la cosecha. Se pueden agrupar en:

*Cronológicos.* Incluyen la contabilización de los días desde la plantación, días desde la floración o cuantificación de las unidades de calor acumuladas.

*Físicos.* En donde las más importantes son la forma, el tamaño, el color, las características de la superficie (rugosidad, brillo, cerosidad), % materia seca, textura (firmeza, fibrosidad, correosidad), cambios de color.

*Químicos.* Las medidas más importantes incluyen °Brix, sólidos solubles totales (SST), contenido de almidón, % acidez, SST/acidez, contenido de jugo, contenido de aceite.

*Fisiológicos.* En este caso se determinan los patrones respiratorio y de producción de etileno a través del desarrollo de los frutos, los cuales constituyen los indicadores fisiológicos más precisos de la edad. Sin embargo las técnicas para su determinación son caras y no prácticas para su utilización a nivel comercial en campo.

Los índices de cosecha que se han propuesto y que actualmente se utilizan se presentan en el Anexo 4.

**Métodos para la determinación de madurez y calidad.** Son varios los métodos, técnicas e instrumentos que se emplean para medir las diferentes características que determinan la madurez y calidad de las frutas y hortalizas y es preferible que los indicadores sean objetivos (una medida) más que subjetivos (una evaluación). En el Cuadro 3.2 se presentan los métodos más importantes así como la naturaleza de la determinación.

**Cuadro 3.2.** Métodos y tipo de determinación de la madurez de productos hortofrutícolas.

Índice o Parámetro de calidad	Método o técnica empleada	Subjetivo	Objetivo	Destructivo	No Destructivo
Días transcurridos desde floración	Cómputo.		X		X
Promedio de unidades de calor	Cómputo a partir de datos del clima.				
Desarrollo de la capa de abscisión	Visual o fuerza de separación.	X	X		X
Estructura de la superficie	Visual.	X			X
Tamaño	Medidas de longitud, peso.		X		X
Gravedad específica	Uso de soluciones con gradiente de densidad, Técnicas de flotación vol/peso.		X		X
Forma	Dimensiones longitud(l), ecuatorial (e), relación l/e.		X		X
<b>Propiedades de Textura:</b>	Penetrómetros, medidores de deformación.		X	X	
Firmeza	Tenderómetro.		X	X	
Terneza	Texturómetro, fibrómetro.		X	X	
Dureza	(métodos químicos para det. de polisacáridos).		X	X	
Color externo	Reflectancia de la luz. Cartas de color.	X	X		X
Color interno	Transmitancia de la luz. Retraso en la emisión de luz. Cartas de color.	X	X X		X X X
<b>Propiedades composicionales:</b>					
Contenido almidón	Prueba de KI. Refractómetro de mano o técs. químicas.		X X	X X	
Contenido azúcar	Titulación, kits químicos.		X	X	
Contenido de ácido	Extracción.		X	X	
Contenido de jugo	Extracción.		X	X	
Contenido de aceite	Prueba de cloruro férrico.		X	X	
Contenido de taninos					
Etileno interno	Cromatografía de gases.		X		
Activ. Respiratoria	Cromatografía de gases.		X	X	X

En esta sesión de laboratorio se utilizarán varios instrumentos y técnicas para determinar únicamente la calidad y grado de madurez poscosecha de algunos frutos.

## Objetivos

- El alumno será capaz de determinar los parámetros físicos y químicos de diferentes frutos en diferentes estados de madurez.
- El alumno será capaz de clasificar los parámetros determinados en cada producto en objetivos, subjetivos, destructivos y no destructivos, indicando cuáles identifican mejor el estado de madurez y calidad en cada especie trabajada.
- El alumno será capaz de explicar el fundamento de los instrumentos y técnicas empleados en las determinaciones anteriores.
- El alumno será capaz de analizar y discutir los resultados obtenidos con respecto a la información sobre madurez y calidad reportada por la literatura para las especies trabajadas.

## Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

### Materia prima

Equipo	Producto / Estado de madurez	Cantidad
1	Jitomate saladet (verde).	1 kg o 6 piezas
	Jitomate saladet (maduro).	1 kg o 6 piezas
2	Guayaba (verde).	½ kg o 12 piezas
	Guayaba (madura).	½ kg o 12 piezas
3	Limón Mexicano (verde).	Limón 15 piezas
	Limón Mexicano (amarillo).	Limón 15 piezas
4	Piña (verde).	1 pieza
	Piña (madura).	1 pieza
5	Papaya (verde).	1 pieza
	Papaya (madura).	1 pieza

**Nota importante:** Ponerse de acuerdo entre los integrantes de los equipos que trabajen la misma especie para adquirir el producto en el mismo lugar de venta. Todos los productos deben encontrarse en buenas condiciones, sin daños mecánicos, ni pudriciones y uniformes en el estado de madurez o desarrollo solicitado.

### Reactivos

Solución de NaOH 0.1N 250 mL.

Solución de I-KI 250 mL.

Fenoltaleína al 1% en etanol al 50% 10 mL.

Buffer a pH 4 y pH 7.

2 Garrafones de agua potable.

### Material de vidrio

6 Embudos de cuello corto.

6 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.

6 Matraces volumétricos de 100 mL.

6 Vasos de precipitados de 250 mL.

6 Pipetas volumétricas de 10 mL.

2 Propipetas de 3 vías.

1 Bureta de 50 mL.

1 Probeta de 50 mL.

1 Probeta de 100 mL.

1 Probeta de 1000 mL.

1 Vaso de precipitados de 2 L.

## Utensilios

### Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos

- 1 Tabla para cortar.
- 1 Rollo de papel toallero.
- 1 Rollo de papel higiénico.
- 1 Tela limpiadora desechable.
- 1 Marcador indeleble.
- 1 Masking tape.

### Otros materiales

- 1 Cinta métrica.
- 0.5 m de gasa, manta de cielo o tela de organza blanca.
- Tablas de color y material impreso de formas [proporcionadas por el profesor(a)].

### Equipo de laboratorio (por equipo de alumnos)

- 1 Pinza para bureta.
- 1 Soporte universal.
- 1 Calibradores electrónicos digitales Trupper.
- 1 Vernier.
- 1 Refractómetro de mano.
- 1 Refractómetro de Abbe.
- 1 Penetrómetro Effegi.
- 1 Potenciómetro (Consulte el Anexo 5 para calibrar el instrumento).
- 1 Colorímetro Hunter-Lab o Minolta portátil.
- 1 Extractor de jugo.
- 1 Exprimidor de cítricos.
- 1 Batidora de inmersión.
- 1 Balanza granataria digital con precisión de 0.1g.
- 1 Cuchillo con filo (no dentado).

## Desarrollo experimental

### 1. Materia prima.

De acuerdo al número total de productos que se trabajen, agrupe la especie en 3 lotes por estado de madurez con un número igual de unidades y marque cada lote.

Ej., si se tienen 9 naranjas maduras y 9 verdes:

Lote 1= 3 frutos, Lote 2 = 3 frutos; Lote 3 = 3 frutos (maduras).

Lote 1'= 3 frutos, Lote 2' = 3 frutos; Lote 3' = 3 frutos (verdes).

Lave los productos con jabón y agua de la llave; posteriormente enjuague con agua potable.

En el caso de que se cuente con productos grandes, dividir longitudinalmente el producto en tres partes iguales.



La determinación de cada característica destructiva y no-destructiva deberá realizarse en cada lote o sección longitudinal, y se obtendrá un valor promedio de los tres datos obtenidos con la respectiva desviación estándar. Registre los datos ordenándolos en un cuadro de resultados y discuta las variaciones para juzgar la calidad y el estado de madurez del producto estudiado.

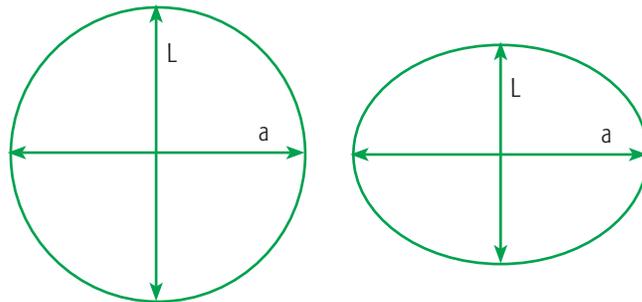
## 2. Determinación de parámetros no-destructivos

### Tamaño

- Dimensiones (longitud, ancho, diámetro, perímetro). Para obtener esta información utilice calibradores, el vernier, regla o cinta métrica, dependiendo del producto a trabajar. Reporte las dimensiones en cm.
- Peso. Utilice una balanza granataria y reporte en kg.
- Volumen. (Determinarlo por desplazamiento de agua o por cálculo utilizando las medidas y fórmulas para sólidos de formas geométricas conocidas). Reporte en  $\text{cm}^3$ .

### Forma

- Relacione las dimensiones obtenidas ( $L/a$ ), donde  
 $L$ = diámetro longitudinal;  $a$ = diámetro ecuatorial



- Elabore un diagrama de la forma

### Color

Establezca si existe uniformidad e indique la intensidad, mediante:

- Apreciación visual.
- Cartas de color.
- Colorímetro Hunter-Lab o Minolta.

Reporte el color de acuerdo con el método empleado. En el caso de usar el colorímetro, explique su fundamento de manera concisa.

### Brillo

- Presencia de cera cuticular.
- Brillómetro.
- Reporte el brillo de acuerdo con el método empleado. En el caso de usar el brillómetro, explique su fundamento de manera concisa.

### Presencia de Defectos (externos, internos)

Cambios en el crecimiento: brotación, presencia de raíces, elongación, germinación.

Físicos: daño mecánico, arrugamiento, deshidratación, grietas, manchas, cicatrices.

Fisiológicos: congelación, quemado, picado, desintegración de pulpa, esponjosidad.

Patológicos: pudriciones o presencia de hongos, bacterias, virus, insectos.

Reporte los defectos encontrados en términos de presencia, número y grado (ligero, moderado o severo).

### 3. Determinación de Parámetros Destructivos

#### Firmeza, suavidad, textura

La firmeza o suavidad de los productos hortofrutícolas representa la resistencia que ofrecen los productos a una fuerza aplicada.

Para determinarla utilice el penetrómetro Effegi.

1. Elimine parte de la piel del producto con el pelador de acero inox. o con un cuchillo filoso en cada lado opuesto del producto y en la parte media entre el pedúnculo y la punta estilar (Figura 3.1).
2. Utilice el punzón adecuado e introduzca el punzón hasta la marca que éste tiene indicada y registre la lectura que marca la carátula.

Todas las determinaciones para cada lote debe realizarlas la misma persona para minimizar el error de variabilidad.



Figura 3.1. Forma correcta de medir la firmeza.

La unidad de fuerza de acuerdo al SI de medidas es el **newton (N)**:

Libra-fuerza (lbf) x 4.448 = newton (N).

kilogramo-fuerza (kgf) x 9.807 = newton (N).

Si se usan libras o kilogramos, la unidad debe escribirse como libra-fuerza (lbf) o kilogramo-fuerza (kgf) para evitar confusión con las unidades de masa.

Reporte el promedio de las determinaciones en N con su desviación estándar. Explique el fundamento del instrumento.

### Composición química (% jugo, °Brix, SST, % acidez)

#### Determinación del % jugo

1. Pese cada lote de producto.
2. Extraiga el jugo con el extractor adecuado a la especie.
3. Determine el volumen y el peso del jugo extraído en cada lote.
4. Calcule el porcentaje de jugo de cada lote (p/p, v/p).
5. Reporte en % de jugo promedio de la especie trabajada con su desviación estándar.

## Determinación de °Brix y %SST

**Grados Brix.** Representan el % de sacarosa determinado en el jugo del fruto. Se mide utilizando un brixómetro o un refractómetro para grados brix, las lecturas registradas están dadas a la temperatura indicada por estos instrumentos.

**Sólidos solubles totales (SST).** Las frutas y hortalizas contienen otros sólidos solubles diferentes de la sacarosa, esto es, otros tipos de azúcares y también ácidos orgánicos, por lo que es más frecuente determinar el contenido total de éstos en porcentaje. Para ello se emplean instrumentos como el refractómetro de Abbe.

Frecuentemente se consideran a los °Brix como equivalentes de los SST porque el mayor contenido de sólidos solubles en el jugo de las frutas son azúcares, sin embargo es más preciso realizar las correcciones pertinentes a las lecturas registradas con los refractómetros para obtener datos reales en términos de SST. También deben hacerse correcciones por la temperatura a la cual se realice la determinación.

1. Uso del refractómetro de mano. Coloque una gota de agua destilada y observe que el instrumento esté calibrado (debe indicar cero grados Brix).
2. Limpie y coloque ahora una gota del jugo de su producto, tome la lectura y registre también la temperatura.
3. Reporte el promedio de las lecturas obtenidas en los tres lotes con su desviación estándar. Describa el fundamento del instrumento.
4. Uso del refractómetro de Abbe. Calibre el instrumento con agua destilada y registre los valores del índice de refracción y de los sólidos solubles (SST=0, IR=1.3330).
5. Coloque una gota del jugo de cada muestra y tome la lectura del índice de refracción, de los sólidos solubles y de la temperatura a la que realizó las determinaciones. Compare las lecturas obtenidas con los dos instrumentos y discuta tomando como base el fundamento de los instrumentos.

## Determinación del % Acidez titulable

**Acidez titulable.** La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez titulable representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba; en la práctica se toma como punto final pH = 8.3 usando fenolftaleína como indicador. Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y sólo una parte del ácido fosfórico y fenoles están involucrados en el resultado final. Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante. En el caso de que se desconozca el ácido dominante, o se desee comparar la acidez entre diversas especies o la misma en diferentes estado de desarrollo, se recomienda calcular la acidez en términos de miliequivalentes/100 ml de jugo o 100 g de muestra. Hay que considerar que esto implica una modificación en el factor de conversión de gramos a miliequivalentes en la ecuación utilizada para el cálculo de este parámetro.

Antes de continuar con el procedimiento para determinar la acidez, consulte el Anexo 6 para el manejo que debe seguirse en el caso de muestras de cítricos y en el de muestras sólidas.

1. Utilice un volumen conocido del jugo de su producto o una dilución de éste, adicione 2 o 3 gotas de fenolftaleína y titule con la solución de NaOH 0.1N a un punto final de pH =8.2 (momento en que ocurre el cambio de color del indicador). En el caso de productos de color rojo u otro que no permite ver el vire, utilice un potenciómetro. La acidez puede calcularse con la siguiente ecuación. Utilice el valor del miliequivalente del ácido orgánico predominante en el producto (Cuadro 3.3).

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH}(ml) \times N_{NaOH} (meq/ml) \times (g/meq. \text{ácido dominante}) \times (aforos)(ml)}{(g \text{ o vol. jugo})(mL \text{ muestra titulada})} 100$$

2. Reporte la deducción de esta ecuación.

**Cuadro 3.3.** Peso equivalente y miliequivalente para 3 ácidos orgánicos.

Ácido	Peso molecular g/mol	Peso equivalente (g/equivalente)	Peso miliequivalente (g/miliequivalente)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COOH} \\   \\ \text{HOC}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{COOH} \\ \text{Cítrico} \end{array}$	192.12	64.04	0.064
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HOCH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \\ \text{Málico} \end{array}$	134.09	67.05	0.067
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{COOH} \\ \text{Tartárico} \end{array}$	150.08	75.04	0.075

**Relación SST/Acidez.** Desde el punto de vista práctico, los azúcares y la acidez son componentes muy prácticos en poscosecha y la relación que guardan constituye un índice, incluso legal, del estado de madurez para la cosecha de cítricos y uvas.

### Determinación de Almidón

Los cambios en la distribución del almidón en la pulpa de algunos frutos como las manzanas y peras se puede medir usando una solución de yoduro de potasio. Esta determinación es cualitativa y muy práctica como indicador de la madurez de cosecha en estas frutas. Se evalúa en términos del área oscura teñida de la pulpa, la cual se considera que cuando es de un 60% el producto puede cosecharse.

1. Corte las frutas por la mitad.
2. Coloque varias gotas de la solución de I-KI, enjuague con agua y calcule el % de área teñida de oscuro.

### Determinación de algunas características sensoriales

Textura.

Fibrosidad (correoso). Subjetivamente.

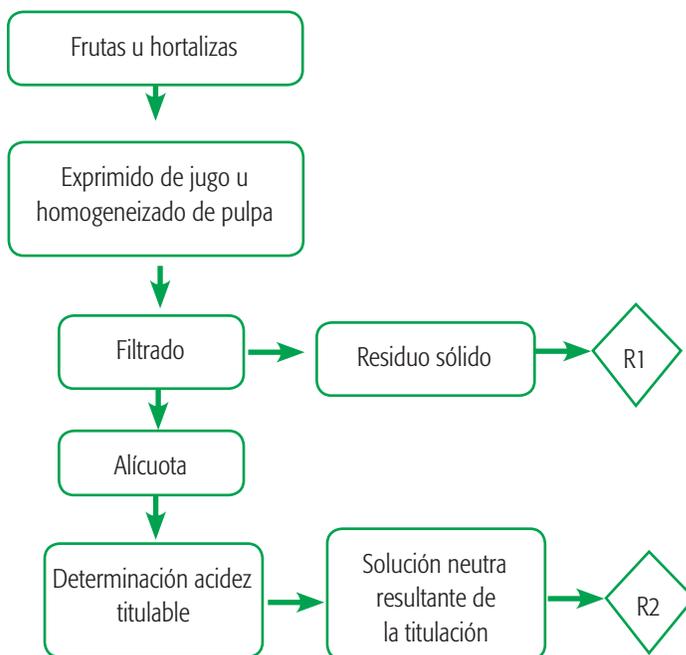
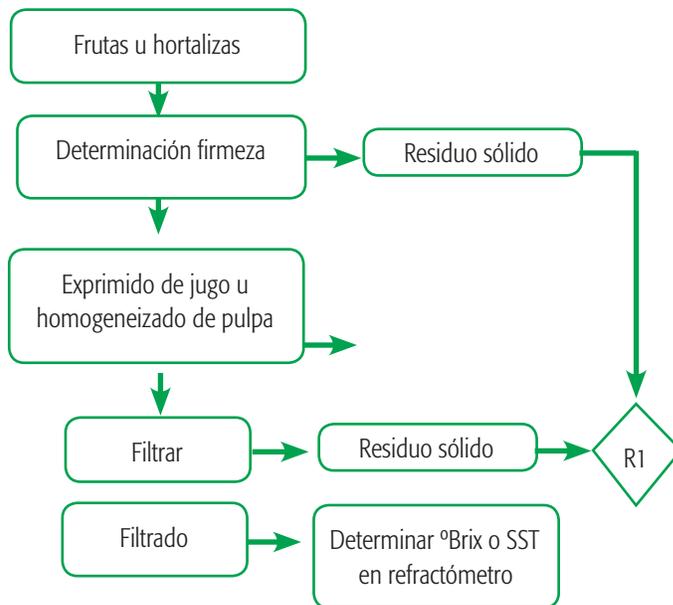
Suculencia (jugosidad).

Características sensoriales.

- a. Tacto. (firmeza, suavidad, etc.).
- b. Boca. (chicloso, fibroso, granuloso, pegajoso, oleoso, etc).

## Manejo de residuos

En el caso de las determinaciones de parámetros destructivos.



R1 = envío a composteo, R2 = desechar en el drenaje con agua.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Cuál es la importancia del estado de madurez o estado de desarrollo en frutas y hortalizas frescas?
2. Defina madurez fisiológica, madurez de consumo y madurez hortícola.
3. ¿Qué es un índice de cosecha?
4. ¿Cuál es la diferencia entre métodos subjetivos y objetivos?
5. ¿Cuáles determinaciones son mejores, las destructivas o las no destructivas? ¿Por qué?
6. ¿Cómo determinaría los parámetros de madurez en elote, manzana y guanábana?

## Bibliografía

-  Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C.Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook No. 66 130.
-  Hulme, A.C. 1970. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 1. Ed. AVI. USA.
-  Kader, A. A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 2<sup>nd</sup>. Ed. Publication 3311. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.
-  Wills, R.B.H., Mc Glasson, W.B., Graham, D., Lee, T.H. and Hall, E.G. 1989. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. Ed. AVI. USA.



## Práctica 4

### Pérdida de peso por transpiración de frutas y hortalizas

#### Introducción

La mayoría de las frutas y hortalizas están constituidas de tejido parénquima con considerables espacios intercelulares que se encuentran interconectados y que conducen hasta las aberturas naturales que se encuentran en la epidermis (estomas y lenticelas).

El agua se vaporiza en los espacios intercelulares manteniéndose una atmósfera esencialmente saturada dentro del producto. El vapor se desplaza hacia la atmósfera exterior a través de los estomas, lenticelas, pedúnculos o cicatrices pedunculares, cualquier área dañada o a través de la cutícula.

La cantidad de vapor de agua eliminada por la fruta u hortaliza dependerá de la diferencia entre su concentración interna y la de la atmósfera que lo rodea, a este fenómeno se le conoce como *transpiración*, y en el caso particular de los productos hortofrutícolas frescos cosechados y almacenados se traduce físicamente en una pérdida de peso real y definitiva, que se le denomina *pérdida fisiológica de peso* o simplemente pérdida de peso. Cabe señalar que el peso total perdido se debe mayoritariamente a la transpiración (95%) y el 5% restante a la respiración del producto.

#### La cantidad de peso perdido depende de factores internos como:

Tipo de órgano vegetal (hoja, tallo, yema, flor, fruto fresco o seco, semilla).

Estructura (espesor, composición y estructura de la cutícula, número de lenticelas o estomas).

Cultivar.

Composición química.

Superficie expuesta al medio ambiente/peso o volumen.

Cicatriz del pedúnculo.

#### Entre los factores externos destacan:

1. La temperatura del medio ambiente.
2. La humedad relativa que rodea al producto.
3. La velocidad del aire que circula en el interior del almacén.

La pérdida de agua de los productos hortofrutícolas es importante porque repercute en su valor comercial, pues no solo perjudica su apariencia, sino que también puede provocar una disminución tal en el peso de los envases que puede rebasar el límite establecido en la etiqueta o en la norma de calidad, con el riesgo de incurrir en fraudes.

Muchas frutas y hortalizas se ven marchitas o arrugadas después de haber perdido solo un pequeño porcentaje de su peso original, este es el caso de las nectarinas cuando pierden de 6-8% de su peso. En el caso de las uvas y cerezas se produce un encafecimiento de los pedúnculos con un mínimo de pérdida de agua y muchas uvas se desprenden de los racimos si esto ocurre severamente; además, en el caso de una deshidratación severa se producen pérdidas considerables del producto mismo, pues en el caso de vegetales de hoja necesariamente se tienen que eliminar un número excesivo de hojas marchitas para hacer comerciable el producto, o incluso desechar productos arrugados antes de la venta.

En virtud de que la pérdida de peso como consecuencia de la transpiración se convierte en una pérdida de peso directa de producto vendible, ya que por ejemplo una pérdida del 5% significa 1 kg menos en cada envase de 20 kg o 50 kg menos por cada tonelada de producto manejado, es muy importante reducir la diferencia que existe entre la humedad del producto y la del ambiente que lo rodea.

Entre las medidas recomendadas para este efecto se encuentran:

1. Considerar la naturaleza del producto hortofrutícola para establecer sus requerimientos.
2. Mantener el producto en lugares frescos.
3. Mantener la humedad relativa del ambiente dentro de los requerimientos específicos para cada producto.
4. Utilizar bolsas de plástico perforadas, forros de polietileno o películas cubrientes adecuadas (en el caso de que la naturaleza del producto lo permita).
5. Evitar corrientes excesivas de aire en el ambiente.

## Objetivos

- El alumno será capaz de calcular la pérdida de peso debida a la transpiración de varios productos hortofrutícolas.
- Con base en los datos registrados de temperatura y humedad relativa, así como de la pérdida de peso acumulada de los productos hortofrutícolas estudiados, el alumno será capaz de relacionar el efecto de factores internos y externos en la transpiración y su repercusión en la calidad de los mismos.

## Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

### Materia prima

- 3 kg de manzana de una misma variedad.
- 3 piezas de brócoli de aproximadamente el mismo peso.
- 3 kg de fresa (sin golpes ni pudriciones).
- 3 kg de cebolla.
- 3 kg de espinacas (en manojos de 1 kg).

Los productos pueden variar como considere el profesor(a).

### Utensilios

- 2 Palanganas o bandejas.
- 2 Jergas de 1-1.5 m de largo o manta de cielo.
- 15 Charolas de poliestireno expandido (unicel) o aluminio.

### Equipo de laboratorio

- 3 Higrómetros o higrotermógrafos.
- 3 Termómetros.
- 1 Ventilador giratorio de tres velocidades.
- 1 Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g.

### Infraestructura

- 1 Cámara de refrigeración (10-15 °C).
- 1 Anaquel.

## Improvisación de espacios como cámaras de almacenamiento

Si se cuenta con un espacio equivalente a un cuarto de 3m x 3m se pueden establecer divisiones utilizando madera, cartón, plástico, o fibra de vidrio, y acondicionar cada espacio como a continuación se indica:

### Cámara con humedad relativa alta

- Construya un cuarto o sección en un cuarto empleando materiales plásticos o placas de unicel uniéndolos con cinta adhesiva, para evitar el escape de vapor de agua.
- Coloque jergas húmedas en el piso y si es posible sobre las paredes, así como palanganas con agua distribuidas estratégicamente en el piso.
- Coloque en medio del cuarto, un anaquel o una mesita de plástico, o rejas de plástico colocadas boca abajo.
- Instale 2 higrómetros en lugares que considere conveniente dentro del cuarto improvisado.

### Cámara con humedad relativa baja

- Si se dispone, utilice un cuarto vacío o construya una sección empleando materiales plásticos o placas de unicel uniéndolos con cinta adhesiva.
- Coloque en medio del cuarto un anaquel o una mesita de plástico.
- Instale 2 higrómetros como en el caso anterior.

### Cámara con corriente aire

- Construya un cuarto o acondicione una sección empleando materiales plásticos o placas de unicel uniéndolos con cinta adhesiva.
- Coloque en medio del cuarto un anaquel o una mesa pequeña de plástico.
- Coloque un ventilador giratorio enfrente de la mesa como a 2 m de distancia.
- Instale 2 higrómetros en lugares que considere conveniente dentro del cuarto improvisado.

## Desarrollo experimental

La presente práctica está diseñada considerando una sola temperatura (la temperatura de la cámara de refrigeración); sin embargo, si el profesor(a) lo juzga conveniente, se puede implementar el experimento comparando con la temperatura ambiente, duplicando las cantidades de la materia prima, utensilios e instrumentos de laboratorio.

Si es posible disponer de varias cámaras, se podrá estudiar el efecto combinado de temperatura-humedad relativa en la pérdida de peso y calidad de los productos.

1. Prepare 3 lotes pesando cantidades equitativas de cada producto sobre las charolas. Marque cada una con el número o letra de la cámara correspondiente.
2. Los productos se colocarán en el centro de la cámara o espacio acondicionado sobre la mesa, anaquel, cajas o rejas de plástico.
3. Registre los datos de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa y peso inicial de cada producto en la hoja de registro.
4. Revise diariamente que las jergas de la cámara con HR alta se mantengan húmedas y que el ventilador de la cámara con corriente esté funcionando.
5. Pese los productos en los días indicados en la hoja de registro y anote los datos correspondientes, incluyendo los de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo y humedad relativa.

6. Calcule el porcentaje de pérdida de peso acumulada en los días señalados para el producto trabajado almacenado en cada una de las cámaras con la siguiente ecuación:

$$\% PP = \frac{(\text{Peso}_{\text{inicial}}) - (\text{Peso}_{\text{final}})}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} \times 100$$

7. Reúna los datos de todos los equipos y llene el cuadro comparativo ordenando de mayor a menor % de pérdida de peso:

**HOJA DE REGISTRO DE DATOS PARA LA PÉRDIDA DE PESO**

EQ / PRODUCTO	HR ALTA				HR BAJA				AIRE			
	T <sub>BS</sub> = T <sub>BH</sub> =				T <sub>BS</sub> = T <sub>BH</sub> =				T <sub>BS</sub> = T <sub>BH</sub> =			
	Día 0	Día 3	Día 5	Día 7	Día 0	Día 3	Día 5	Día 7	Día 0	Día 3	Día 5	Día 7
1 / Manzana												
2 / Cebolla												
3/ Espinaca												
4/ Fresa												
5/ Brócoli												
6/												
7/												
8/												

T<sub>BS</sub> = Temperatura de Bulbo Seco

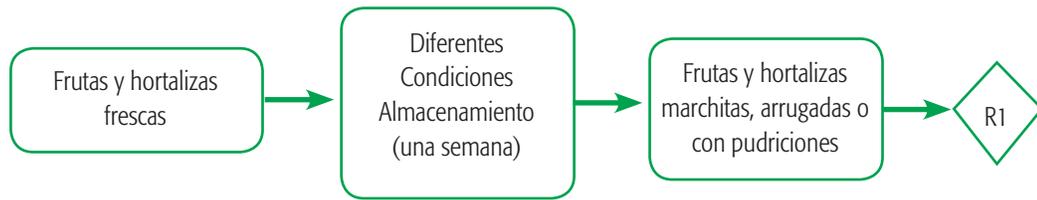
T<sub>BH</sub> = Temperatura de Bulbo Húmedo

**CUADRO COMPARATIVO DE PÉRDIDA DE PESO DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS**

PRODUCTO	% DE PÉRDIDA DE PESO			OBSERVACIONES
	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 3	
1)				
2)				
3)				
4)				
5)				

**NOTA:** En las observaciones considere tipo de producto, superficie expuesta, características de la cubierta natural, otras características particulares.

## Manejo de residuos



R1= Enviar a composteo.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. Explique qué entiende por déficit de presión de vapor.
2. ¿En qué consiste el fenómeno de transpiración?
3. ¿Qué es la humedad relativa? ¿Cómo se determina?

## Bibliografía

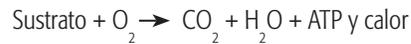
-  Bosquez, M. E. 1992. Manual de prácticas de laboratorio de fisiología poscosecha de frutas y hortalizas. *Libros de texto y manuales de práctica*. UAM. Unidad Iztapalapa. México.
-  Hardenburg, R.E., A.E. Watada and C.Y. Wang. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist, and Nursery Stocks. Agric. Handbook No. 66 USDA.
-  Wills, R., W.B. McGlasson, D. Graham, and J. Daryl. 1999. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª. Ed., Ed Acribia, Zaragoza, España. 240 pp.

## Práctica 5

### Actividad respiratoria asociada a la maduración de frutos

#### Introducción

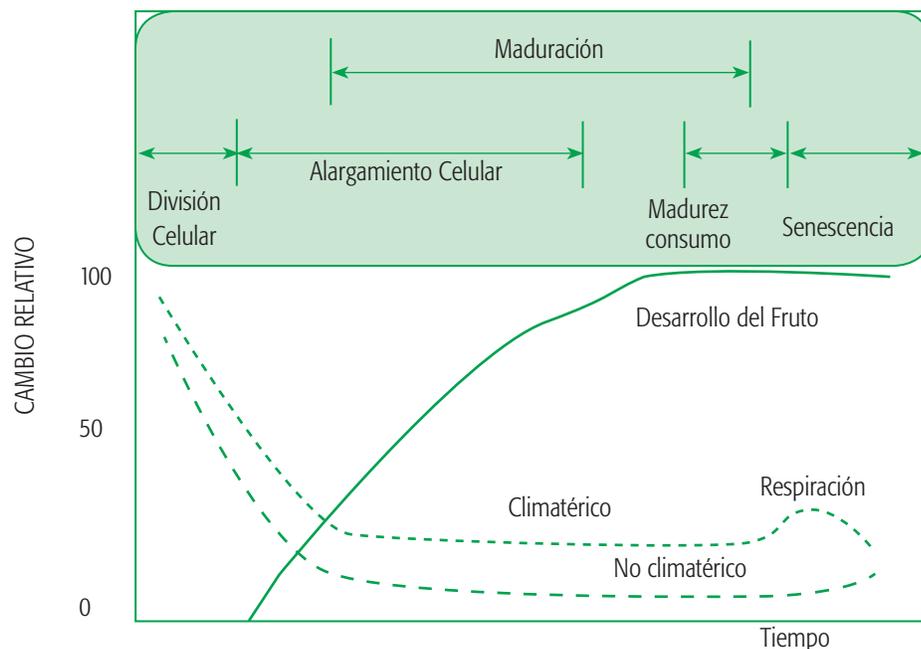
La respiración es el proceso mediante el cual la materia orgánica (carbohidratos, proteínas, grasas) se metaboliza para dar lugar a productos finales simples con la liberación de energía:



La respiración consume oxígeno del medio ambiente y sustrato del órgano vegetal.

El estado de desarrollo de la planta u órgano vegetal ejerce un efecto muy pronunciado sobre la actividad respiratoria y metabólica del tejido vegetal. Por lo general las células jóvenes de crecimiento activo tienden a tener una mayor tasa de actividad respiratoria que las células senescentes o más maduras.

Atendiendo a los cambios en la actividad respiratoria que ocurren en los frutos cosechados durante las etapas finales de la maduración del órgano, éstos se pueden clasificar típicamente en dos grupos, climatéricos y no climatéricos. Los frutos clasificados como climatéricos exhiben una elevación marcada en su actividad respiratoria hacia el final de la fase de maduración. La etapa climatérica representa una transición entre la maduración y la senescencia. Los frutos no climatéricos no exhiben dicha elevación en la actividad respiratoria, sino una disminución progresiva y lenta hasta la senescencia (Fig. 5.1).



**Figura 5.1.** Patrones de respiración durante el crecimiento, desarrollo y maduración de los frutos climatéricos y no climatéricos (modificada de Kays, 1991).

Existen factores internos y externos que determinan la actividad respiratoria; entre los internos se encuentran la especie, la variedad o cultivar, el tipo de órgano vegetal, tamaño, composición química, condición (enfermedades, infestaciones, daños físicos o mecánicos, etc.) y estado de desarrollo o madurez. Los factores externos o del medio ambiente incluyen la temperatura, la humedad relativa y los niveles de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y de etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) en el ambiente.

## Métodos para cuantificar la actividad respiratoria

Para cuantificar la respiración de un producto usualmente se emplean dos métodos:

**Métodos Estáticos.** Se coloca el producto en un contenedor hermético cerrado y se determina la disminución en los niveles de  $O_2$  o el aumento en la concentración de  $CO_2$  o la concentración de ambos gases después de un tiempo determinado tomando muestras de la atmósfera encerrada en el contenedor (Fig. 5.2.A). En este sistema cerrado se debe tener cuidado de no dejar el producto encerrado por más de 1-2 horas, ya que la disminución excesiva de los niveles de  $O_2$  y la alta acumulación de los niveles de  $CO_2$  afectarán subsecuentemente la tasa de respiración. No se recomienda permitir una acumulación de  $CO_2$  mayor o igual al 0.5% (Kays, 1991).

**Métodos Dinámicos.** Emplean un flujo continuo de aire de composición conocida que fluye a través del contenedor en el que está encerrado el producto (Fig. 5.1.B). En el momento en que se colocan los productos en el contenedor se exponen al aire durante una hora. Se conecta la manguera de entrada (parte superior del contenedor) en la fuente de aire y se ajusta el flujo de aire a 450-500 mL/min para el caso de los frutos climatéricos y a 300-400 mL/min para los no climatéricos. Un flujo de aire excesivo proporciona diferencias extremadamente bajas entre los gases de entrada y salida del contenedor, resultando muy difícil cuantificar con un nivel aceptable de precisión. Cuando los flujos de aire son muy bajos, ocurre una acumulación de  $CO_2$  y disminución de  $O_2$  no deseables, lo cual afecta los cálculos de la tasa de respiración. Por otro lado, se debe verificar que el sistema alcance el equilibrio (momento en el que dos determinaciones sucesivas no cambien).

Para fines de cálculos se debe conocer la velocidad de flujo a través del contenedor y el peso del producto, además de la diferencia en la concentración de  $O_2$  y  $CO_2$  de entrada y salida del contenedor (Kays, 1991) (Fig.5.2.B).

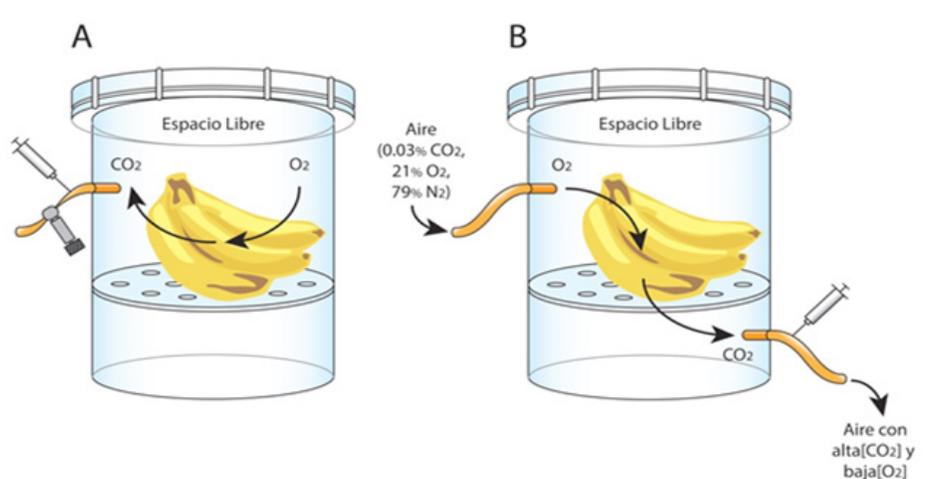


Figura 5.2. Sistema estático (A) y sistema dinámico (B) para coleccionar las muestras de gases de los frutos.

## Factores a considerar antes de realizar la cuantificación de la actividad respiratoria

### Factores internos que afectan la actividad respiratoria

En general, la actividad respiratoria es específica en intensidad (mg de  $CO_2$  o de  $O_2$ , producidos o consumidos) según la especie y cultivar de que se trate.

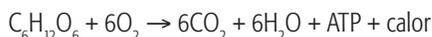
- Estado de desarrollo. Los frutos se caracterizan por exhibir una alta actividad respiratoria en estados jóvenes que disminuye en estados posteriores, con la excepción de los frutos climatéricos que al madurar presentan un resurgimiento de la respiración.
- Tamaño del producto. Los frutos chicos por unidad de peso o volumen presentan mayor superficie expuesta a la atmósfera. Por lo tanto, la actividad respiratoria es mayor.

### Factores externos que influyen sobre la actividad respiratoria

- Temperatura. Este factor tiene un efecto directo en la velocidad de la actividad respiratoria: a mayor temperatura, mayor actividad respiratoria, lo que acelera el proceso de maduración. En el caso particular de los frutos climatéricos las temperaturas superiores a 30-35°C o inferiores a las recomendadas para el almacenamiento refrigerado pueden suprimir el climaterio respiratorio. Así también en este tipo de frutas, a medida que la temperatura de almacenamiento disminuye desde alrededor de 25°C, la duración del aumento climatérico se prolonga y se abate la tasa de respiración en el pico climatérico.
- Composición y concentración de gases. También se puede disminuir la actividad respiratoria en los frutos debido a bajos niveles de O<sub>2</sub> y altos niveles de CO<sub>2</sub> en su entorno.
- Etileno. Estimula la respiración de tejidos y órganos vegetales. Sin embargo, esta respuesta difiere entre frutos climatéricos y no climatéricos, así por ejemplo, la exposición de frutos climatéricos a concentraciones fisiológicas de etileno (0.01-0.1 ppm o µL/L) acorta el tiempo en que ocurre el climaterio estimulando la maduración sin un efecto sustancial en la intensidad respiratoria. Una vez que se ha iniciado la maduración, la remoción del etileno no tiene ya efecto sobre el patrón respiratorio subsecuente. En el caso de los frutos no climatéricos, la respiración es estimulada por el etileno de manera proporcional a la concentración aplicada; sin embargo, al retirar el etileno la tasa de actividad respiratoria regresa al valor base encontrado antes de dicho tratamiento.
- Daños mecánicos y microorganismos. Provocan un aumento en la actividad respiratoria probablemente debido al desencadenamiento de la producción de etileno. La intensidad de la respuesta depende en gran parte de la severidad de los daños y de la variedad de los frutos.

### Métodos para la cuantificación de la actividad respiratoria

Teóricamente, los cambios en cualquiera de los productos resultantes de la respiración se pueden usar como medida de este proceso.



En vista de que las reacciones involucradas en la respiración se llevan a cabo en un medio acuoso, la pequeña cantidad de agua producida en relación con el volumen total de agua presente en el tejido no se puede medir exactamente.

La producción de energía, ya sea atrapada químicamente o liberada en forma de calor, es también difícil de medir con exactitud, aunque existen métodos para determinarla (medidas calorimétricas, rayos infrarrojos). Como consecuencia, la utilización de O<sub>2</sub> o la producción de CO<sub>2</sub> se usan casi invariablemente para monitorear la respiración.

### Cromatografía de gases

El principio de funcionamiento del cromatógrafo de gases se describe en el capítulo 1 del Manual de prácticas de química analítica II (Verde y col., 2012).

### Objetivos

- El alumno será capaz de determinar la actividad respiratoria de frutos climatéricos y no climatéricos en varios estados de madurez, utilizando el método estático.
- El alumno será capaz de determinar los cambios físicos (firmeza, color, patrón visual del contenido de almidón) y químicos (°Brix, acidez, pH) en los diferentes estados de madurez de frutos climatéricos y no climatéricos.
- El alumno será capaz de asociar la actividad respiratoria con los cambios de maduración correspondientes a los frutos climatéricos y no climatéricos.

## Materiales y reactivos

### Materia prima

1 kg de plátanos de cada uno de los estados de madurez indicados en la figura 5.3.

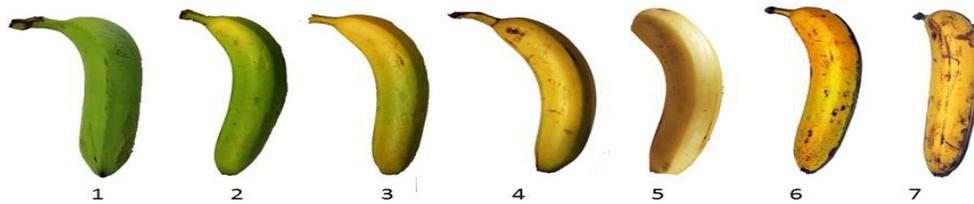


Figura 5.3. Carta de estados de madurez del plátano.

1 kg de limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) en los estados de madurez indicados en la figura 5.4. Un estado de madurez por equipo de alumnos según lo indique el (la) profesor(a).



Figura 5.4. Estados de madurez del limón Mexicano.

### Reactivos

Patrón estándar de CO<sub>2</sub> de concentración conocida (1 a 5%, balance nitrógeno) en un bulbo de vidrio para muestreo de gases.

Solución de lugol (yodo-yoduro de potasio al 1.5%) en goteros.

Solución de NaOH 0.1N.

Consultar medidas de seguridad (Anexo 1).

### Material de vidrio (por equipo de alumnos)

1 Contenedor de vidrio o acrílico de 5-10 L de capacidad. Pueden utilizar desecadores adaptados con tapones de hule para tomar muestras del espacio de cabeza (pueden ser frascos grandes de mayonesa cuya tapa sea perforada y se le coloquen 1 a 2 tapones de hule).

1 Bulbo de vidrio para la muestra estándar de CO<sub>2</sub>.

1 Bureta de 25-50 mL.

1 Soporte universal.

1 Pinzas para bureta.

2 Pipetas graduadas de 10 mL.

1 Pipeta graduada de 1 mL.

- 2 Propipetas de 3 vías.
- 6 Vasos de precipitados de 250 mL.
- 6 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.
- 1 Batidora de inmersión.
- 3 Embudos de cuello corto.
- Tela de organza.

#### **Utensilios (por equipo de alumnos)**

- 2 Jeringas desechables de 3 o 5 mL (al menos 2 por equipo).
- 3 Agujas desechables de 21X32mm (1 ¼) (al menos 3 por equipo).
- 1 Extractor de jugos.
- 1 Exprimidor de cítricos.
- 1 Cuchillo.
- 1 Tabla de madera o plástico.

#### **Equipo de laboratorio**

- 1 Cromatógrafo de gases con detector de conductividad térmica, gas acarreador Helio de preferencia (puede utilizarse nitrógeno también).
- 1 Potenciómetro.
- 1 Refractómetro (0-32°Brix).
- 1 Penetrómetro Effe-gi.

#### **Desarrollo experimental para utilizar el método estático**

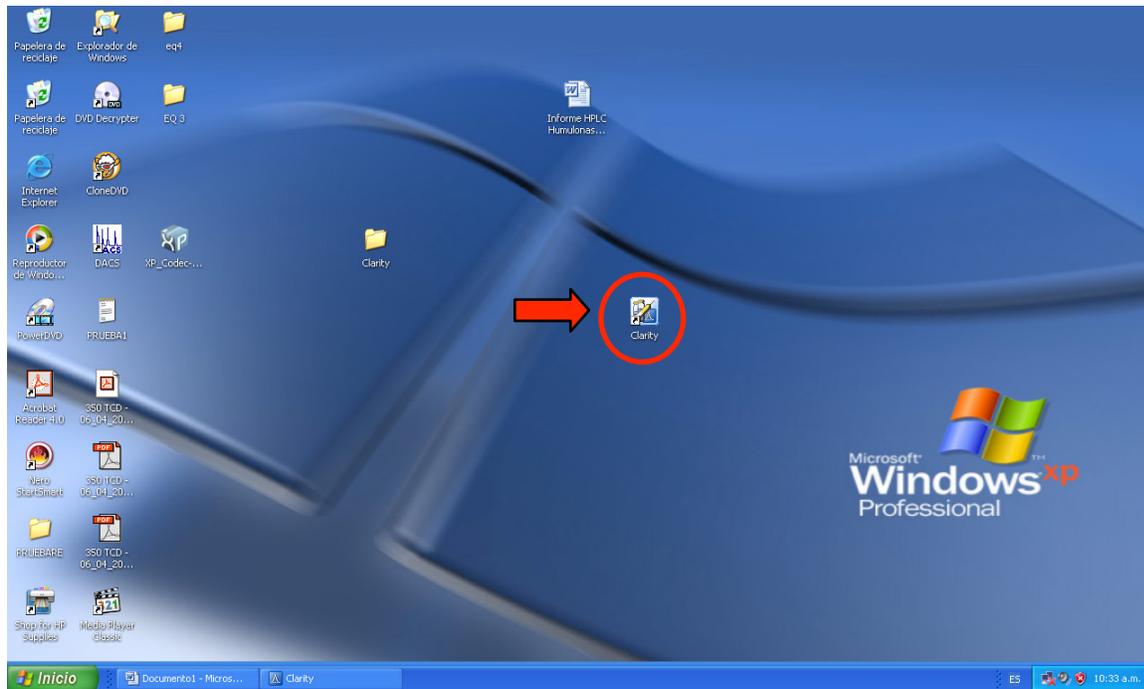
1. Coloque 1kg de material biológico en un contenedor de vidrio o acrílico, asegúrese de que quede bien cerrado y permita que el producto permanezca una hora.
2. Estabilice el cromatógrafo de la siguiente manera:  
Abra la llave del gas acarreador del cromatógrafo.
3. Encienda el control principal del cromatógrafo, espere 20-30 minutos con el gas fluyendo para que el equipo se estabilice.
4. Encienda el detector de conductividad térmica. Espere a obtener la línea base en el integrador (1-2 horas después de que ha sido encendido el detector del cromatógrafo).

**Nota:** El profesor (a) deberá realizar con antelación los pasos 2 a 4 para evitar pérdida de tiempo en la sesión de laboratorio.

5. Encienda la computadora y véase el instructivo para manejar el software del cromatógrafo de gases Gow-Mac Serie 350.

## Instructivo de Uso del Programa Clarity (Software) del Cromatógrafo de Gases Gow-Mac Serie 350

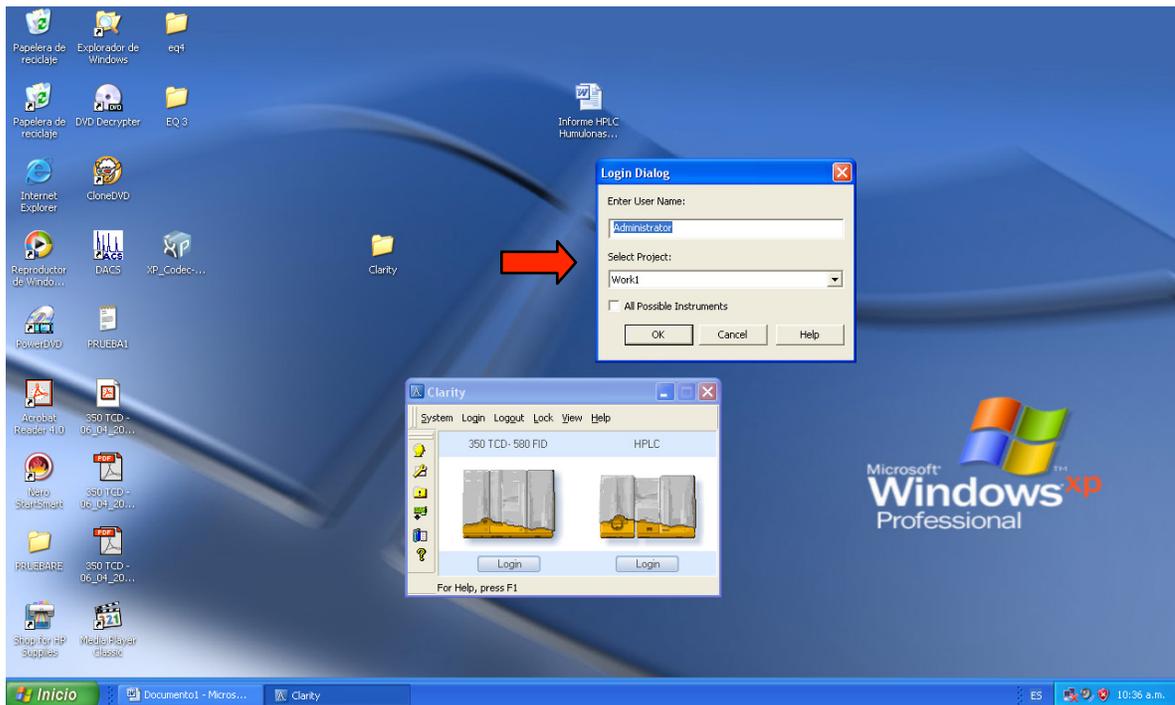
1. Abra el programa Clarity dando click en el ícono que se encuentra en el centro del escritorio. En el caso de que no se despliegue, de click con el botón derecho del mouse y seleccione **abrir**, o bien, de click en **inicio**, seleccione **todos los programas**, localice y de click en Clarity.



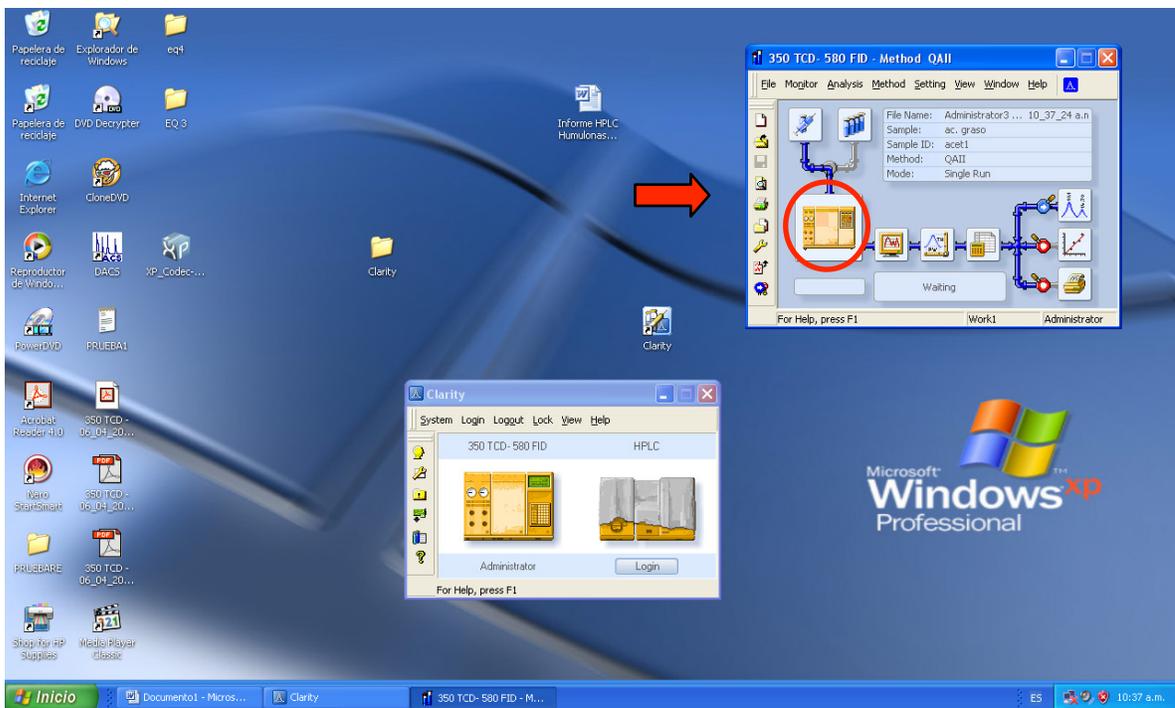
2. Se da click en el ícono y se despliega la siguiente pantalla.



3. Se da click en el login del 350 TCD 580FID y se despliega la pantalla señalada.

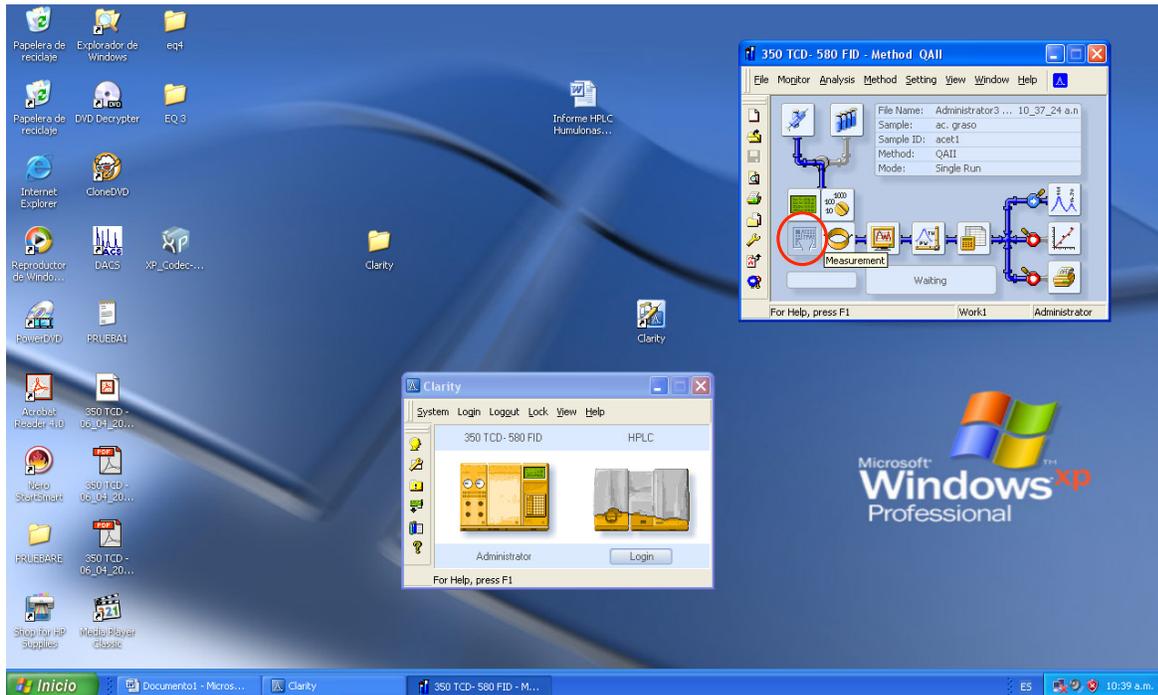


4. Se da click en OK sin cambiar nada y se despliega la pantalla señalada con la flecha.

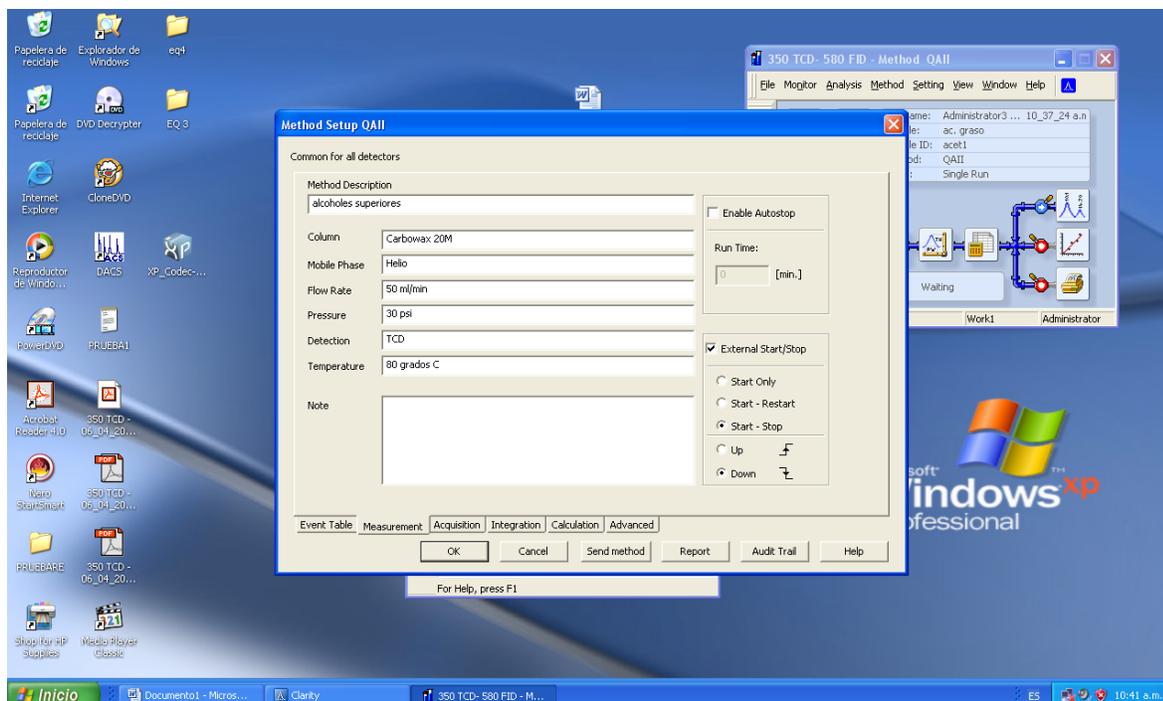


Al posicionarse en la imagen del cromatógrafo (encerrado en un círculo), la figura se divide en 4 imágenes.

5. Dar click en la imagen de la columna (encerrada en el círculo).



Y en el dibujo de la columna se despliega la siguiente pantalla.

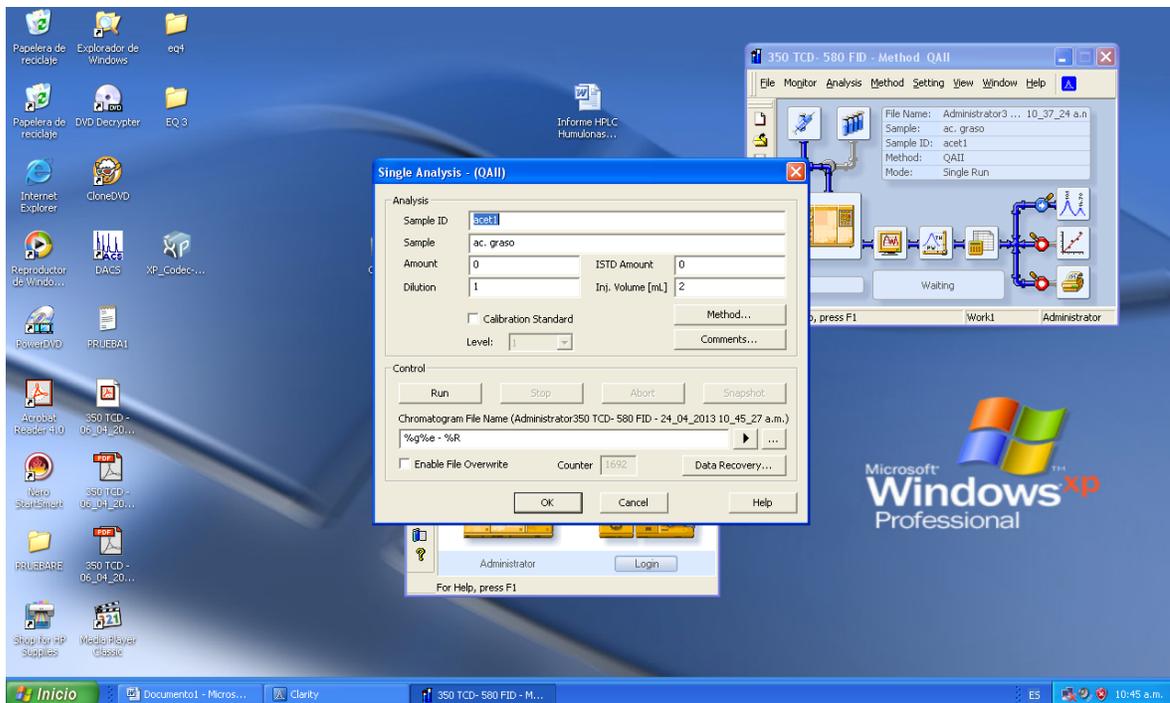


6. En donde dice Method Description se escribe el nombre del método, abajo aparecen los datos sobre el tipo de columna, fase móvil, el flujo, la presión, el detector y la temperatura de trabajo (los cuales ya están predeterminados para los propósitos de esta práctica, no se deben modificar). Se da click en OK.

7. Se da click en el dibujo de la jeringa.

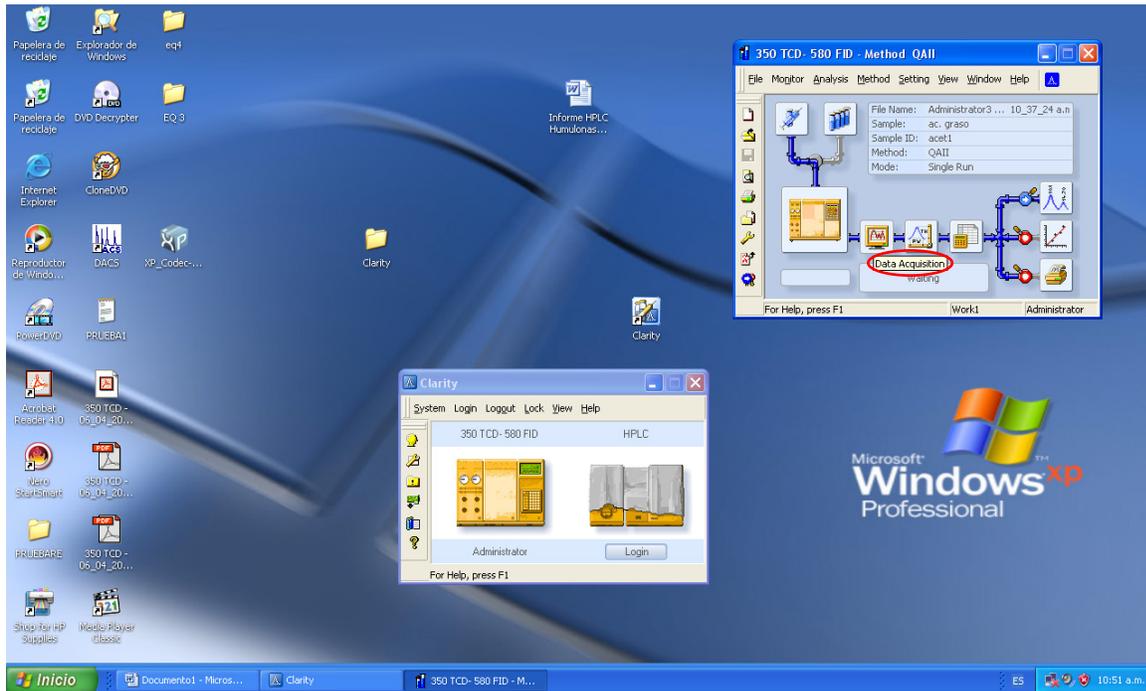


Y se despliega la siguiente pantalla.

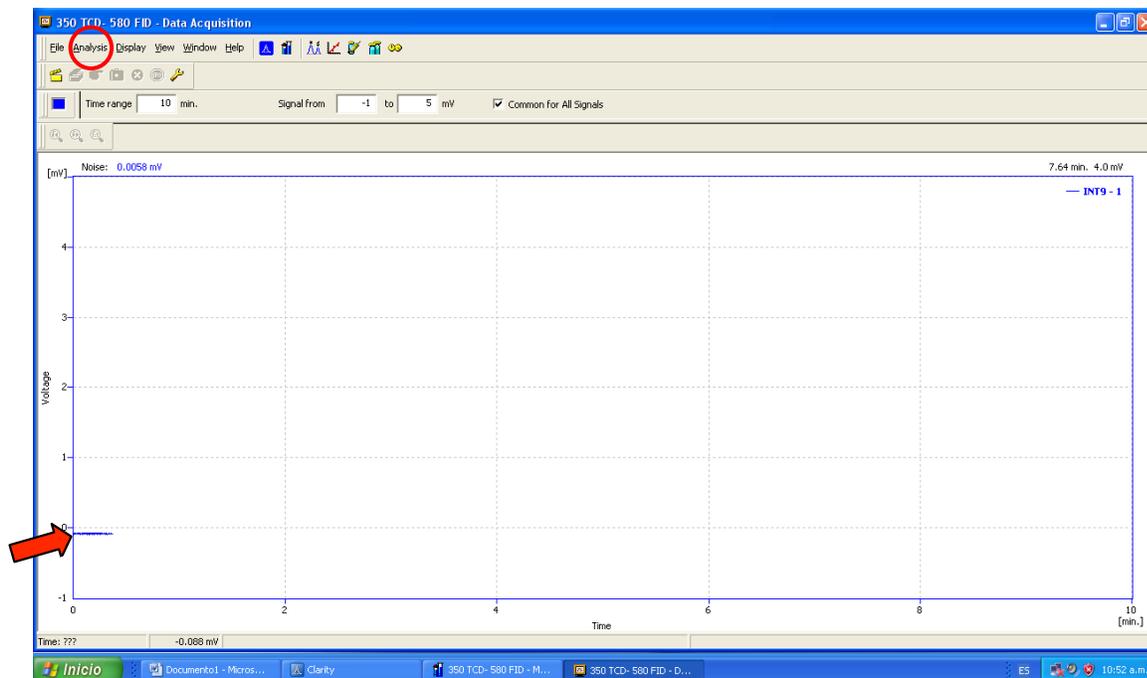


8. En donde se escribe la identificación (ID) de la muestra y su nombre, posteriormente se da click en OK.

9. Se da click en donde dice "data acquisition".



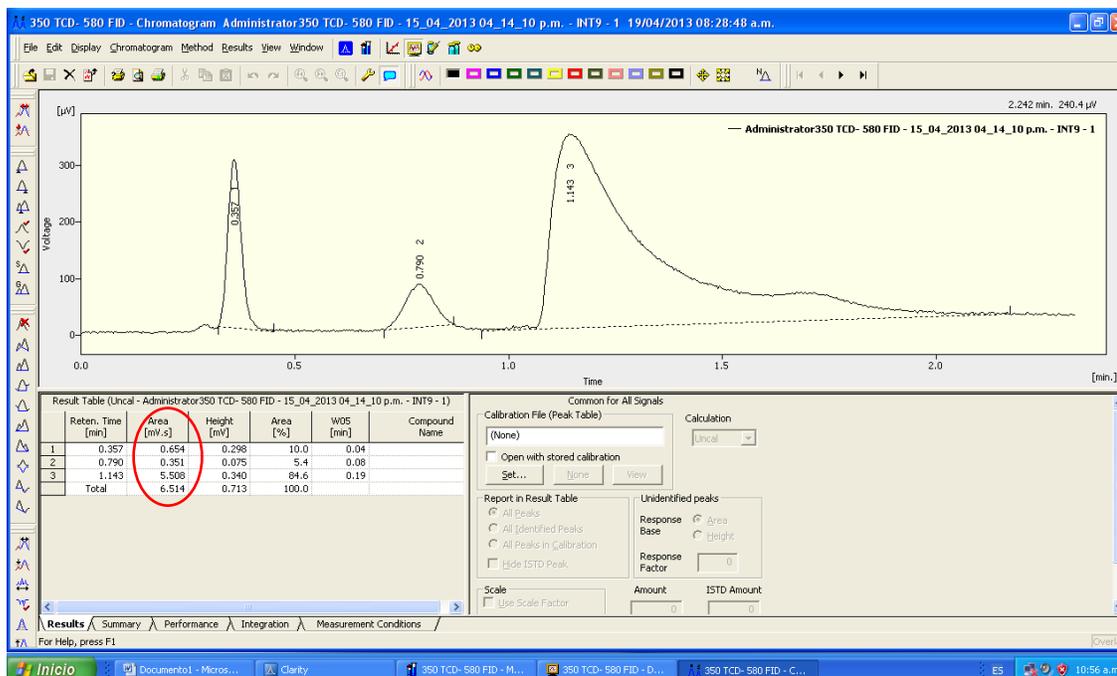
Y aparece la siguiente pantalla, en donde se observa el movimiento de la línea base y la aparición de los picos del cromatograma. Se posiciona en Analysis y se oprime Set Zero.



10. Extraiga 3 mL del CO<sub>2</sub> estándar contenido en el bulbo de vidrio. Inyecte la muestra en el puerto de inyección B del cromatógrafo y presione el botón que está en el extremo del cable de encendido y apagado de captura de información (véase la figura).



11. Al terminar la corrida del cromatograma se vuelve a apretar el botón del extremo del cable para que el programa deje de tomar datos y se genere el reporte correspondiente con los datos de las áreas, los tiempos de retención, etc., como se puede observar en la siguiente figura.



12. Se oprime "File", y posteriormente "Print" (seleccionando el ícono negro, señalado con la flecha roja) para imprimir el reporte resultante con los datos obtenidos. Una vez obtenida la impresión, es importante que se cierre el programa, de lo contrario, se acumularán los archivos hasta su saturación.
13. Para inyectar una nueva muestra de click en el ícono 350 TCD para que se despliegue nuevamente la pantalla en donde se observa el movimiento de la línea base.
14. Al cumplirse 1 hora de permanencia de los frutos en el interior del contenedor, transpórtelo al lugar donde se encuentra el cromatógrafo.
15. Extraiga 3 mL de gas del espacio de cabeza del contenedor después de bombear 3 veces el aire con la jeringa. Se recomienda empezar por los frutos no climatéricos y después por los frutos climatéricos empezando por los más verdes (sazones), los más senescentes, y por último los intermedios maduros.
16. Inyecte los 3 mL de la muestra en el puerto B de inyección del cromatógrafo y siga las instrucciones en los pasos 8-13 del programa Clarity arriba mencionados.
17. Para propósito de los cálculos, utilice los datos de las áreas bajo la curva de cada pico resultante indicadas por el (la) profesor(a) y compárelos con los del estándar. Registre sus datos en % de CO<sub>2</sub> por kilogramo de fruta.
18. Grafique una curva de respiración vs grado de madurez de los frutos de cada serie bajo estudio.

### Cálculos para la determinación de la actividad respiratoria de los productos hortofrutícolas (Kays, 1991)

El estándar utilizado para calibrar el cromatógrafo de gases tiene una concentración de CO<sub>2</sub> conocida en porcentaje. Con el objeto de que los resultados obtenidos sean comparables con los de la literatura, el porcentaje de CO<sub>2</sub> se debe calcular en mL de CO<sub>2</sub> / kg - h.

Para propósitos prácticos se puede considerar que la concentración de CO<sub>2</sub> en el tiempo 1 (inicial) equivale a la contenida en el aire (0.03%).

$\Delta\%CO_2$  = concentración de CO<sub>2</sub> en el tiempo 2 - concentración de CO<sub>2</sub> en el tiempo 1 para un sistema cerrado:

$$mL CO_2 kg h^{-1} = \frac{(\Delta\%CO_2 \times 10) (\text{vol espacio libre contenedor en litros})}{(\text{peso fresco producto en kg}) (\text{tiempo que estuvo cerrado el contenedor en h})}$$

Los mililitros de CO<sub>2</sub> se convierten a miligramos para eliminar el efecto de la temperatura sobre el volumen del gas de manera que se puedan realizar comparaciones directas; para lo cual se debe hacer una corrección por temperatura bajo el siguiente razonamiento:

Una mol de gas ocupa un volumen de 22.4L a 0°C y 1 atmósfera de presión, por lo tanto, su volumen (V<sub>1</sub>), a la temperatura del producto, se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$V1 = \left( \frac{22.4 L \ 25 \ ^\circ C + 2273K}{273K} \right) = 244.42 L$$

Por ejemplo, el volumen de 1 mol de CO<sub>2</sub> a 25°C es igual a 24.42 L. El volumen de gas por gramo se calcula dividiendo su volumen corregido entre el peso molecular del gas (CO<sub>2</sub> = 44 g), es decir, 24.42 L/44 g = 0.556 L/g ó 556 mL/1000 mg. Posteriormente se puede calcular el peso del gas de la muestra de respiración mediante la siguiente ecuación:

$$556mL/1000mg = mL \text{ determinados de la muestra} / X.$$

Peso del gas de la muestra de respiración en mg: X = mL determinados de la muestra / 0.556.

Correcciones para las temperaturas más comúnmente usadas:

0°C = 509 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg
5°C = 518 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg
10°C= 528 mL CO <sub>2</sub> /1000mg
15°C= 537 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg
20°C= 546 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg
25°C= 556 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg
30°C= 565 mL CO <sub>2</sub> / 1000mg

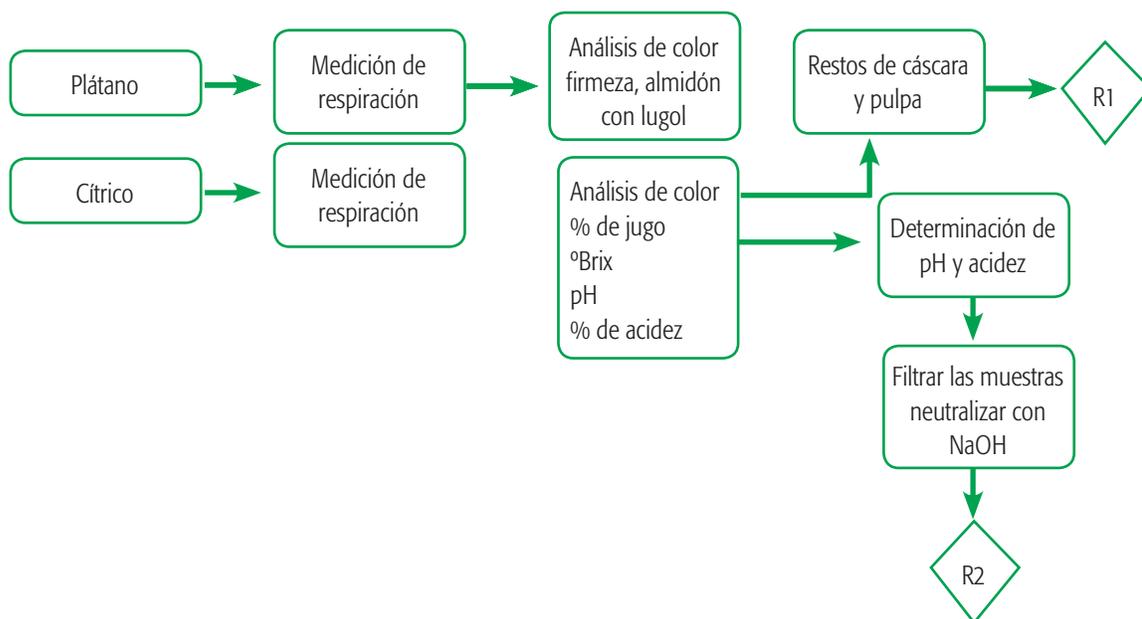
### Determinación de los parámetros físicos y químicos de la calidad de los frutos

Una vez terminadas las determinaciones de respiración se analizarán los principales parámetros físicos y químicos de calidad.

En el caso del plátano, manzana, y pera, se procederá a evaluar el color mediante las cartas de color y la firmeza con un penetrómetro. También se aplicará lugol a rebanadas de estos frutos para determinar cualitativamente los estados de madurez mediante el contenido presente de almidón.

En el caso de los cítricos se procederá a determinar los parámetros químicos de calidad (consulte las instrucciones en la práctica 3 para este propósito).

### Manejo de residuos



R1 = Enviar a composteo, R2 = Solución neutra, desechar en drenaje con suficiente agua.

### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor(a).

## Cuestionario

1. Explique por qué la aplicación de etileno exógeno provoca una respuesta diferente en frutos climatéricos y no climatéricos.
2. ¿Cuál es el fundamento de la cromatografía de gases?
3. Haga un diagrama de bloques que indique los principales pasos para operar el cromatógrafo de gases y especifique las condiciones de operación.
4. Explique el funcionamiento del detector de conductividad térmica.
5. ¿Qué otros parámetros diferentes al  $\text{CO}_2$  se pueden usar para medir la respiración en productos vegetales? ¿Cuáles serían sus ventajas y desventajas?
6. ¿Qué efectos tiene sobre el producto hortofrutícola rebasar los niveles de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  sugeridos para su almacenamiento o su exposición más allá del tiempo recomendado para determinar su actividad respiratoria?

## Bibliografía

-  Burton, W.G. 1982. Post-harvest physiology of food crops. Edit. Longman, U.S.A.
-  Douce, R. 1985. Mitochondrial oxidative activities in relation to *in vivo* metabolism. Cap. 4 en: Mitochondria in Higher Plants Ed. Academic Press, Inc. U.S.A. pp. 227-232.
-  Günther, H.O. 1973. Métodos modernos de análisis químico de carnes y productos cárnicos. Ed. Acribia, España. pp. 56-77.
-  Kader, A. A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview en: Kader A.A. (Ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cap. 3. 2a. Ed. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 3311. p. 15.
-  Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Ed. AVI, U.S.A. pp 75-95.
-  Verde C.J.R., Escamilla H.M.L., Reyes D. A. y Malpica S.F. 2012. Manual de prácticas de química analítica II. 2ª Ed. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México. 126 pp.
-  Para acceder al manual en línea, utilice la liga siguiente: <http://virtuami.izt.uam.mx/aulas/apresencial/login/index.php>

## Práctica 6

### Actividad respiratoria y vida útil de los productos hortofrutícolas

#### Introducción

La actividad respiratoria de un producto en poscosecha es un excelente indicador del desarrollo en el caso de los frutos climatéricos y en general, de la vida útil de las frutas y hortalizas. Además, con la tasa de respiración se puede calcular la cantidad de calor generada durante el almacenamiento, valor de utilidad para el cálculo del tonelaje de refrigeración de los equipos de un frigorífico.

#### Objetivos

- El alumno será capaz de cuantificar la tasa de respiración de los productos hortofrutícolas bajo estudio mediante cromatografía de gases durante el periodo de almacenamiento.
- El alumno será capaz de contrastar la tasa de respiración de diferentes productos hortofrutícolas y asociarla con su vida útil.
- El alumno será capaz de comparar la vida útil de los diferentes productos seleccionados, durante el almacenamiento a temperatura ambiente, mediante la evaluación de su apariencia.

#### Materiales y reactivos

##### Materia prima

A continuación se proporciona un cuadro en donde se indican las tasas de respiración de diversos productos hortofrutícolas. Se recomienda escoger uno de cada categoría y dentro de cada una, productos con diversas áreas de superficie expuestas al ambiente por unidad de peso.

**Cuadro. 6.1** Productos hortofrutícolas clasificados de acuerdo a su tasa de respiración (Kader, 1992).

Clase	Tasa de respiración a 5°C (mgCO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )*	Productos Hortofrutícolas
Muy baja	<5	Dátiles, frutas y hortalizas secas, semillas.
Baja	5-10	Manzana, betabel, apio, cítricos, arándano, ajo, uva, melón Honey Dew, kiwi, cebolla, papaya, pérsimon, piña, papa (madura), camote, sandía.
Moderada	10-20	Chabacano, plátano, mora (o arándano azul), melón, col, zanahoria sin follaje, apio-nabo, cereza, pepino, higo, grosella, lechuga romana, mango, nectarina, aceituna, durazno, pera, ciruela, papa (inmadura), rábano sin follaje, calabacita, jitomate.
Alta	20-40	Aguacate, zarzamora, zanahoria con follaje, coliflor, poro, lechuga orejona, frijol, rábano con follaje, frambuesa.
Muy alta	40-60	Alcachofa, germinados de frijol, brócoli, coles de Bruselas, flores cortadas, endivia, cebollines, okra, col rizada, ejotes, berros.
Extremadamente alta	>60	Espárrago, champiñón, perejil, chícharo, espinaca, elote dulce.

$$\text{*Calor vital (Btu ton}^{-1} \text{ 24 h}^{-1}) = \text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \times 220.$$

$$\text{Calor vital (Kcal 1000 kg}^{-1} \text{ 24 h}^{-1}) = \text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \times 61.2.$$

## Reactivos

Patrón estándar de CO<sub>2</sub> de concentración conocida (1 a 5%, balance nitrógeno) en un bulbo de vidrio para muestreo de gases.  
Consultar medidas de seguridad (Anexo 1).

## Material de vidrio (por equipo de alumnos)

1 Contenedor de vidrio o acrílico de 5-10 L de capacidad. Se pueden utilizar desecadores adaptados con tapones de hule para tomar muestras del espacio de cabeza (pueden ser frascos grandes de mayonesa cuya tapa sea perforada y se le coloquen 1 a 2 tapones de hule).

1 Bulbo de vidrio para la muestra estándar de CO<sub>2</sub>.

## Utensilios (por equipo de alumnos).

2 Jeringas desechables de 3 o 5 mL (al menos 2 por equipo).

3 Agujas desechables de 21X32mm (1 ¼) (al menos 3 por equipo).

## Equipo de laboratorio

1 Cromatógrafo de gases con detector de conductividad térmica, gas acarreador Helio de preferencia (puede utilizarse nitrógeno también).

## Desarrollo Experimental

1. Coloque 1 kg de producto de cada categoría seleccionada del cuadro 6.1 en los contenedores.
2. Determine la actividad respiratoria de acuerdo a lo indicado en la práctica 5.
3. Una vez determinada la actividad respiratoria, coloque los productos en charolas de unicel y almacénelos a temperatura ambiente durante una semana.
4. Evalúe la apariencia (marchitamiento, pérdida de brillo, color, síntomas de infección, etc.) al menos cada tercer día hasta que ésta ya no sea la deseable comercialmente.

## Manejo de Residuos



R1 = Enviar a composteo.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Qué relación guarda la cantidad de calor generada en el almacén con la actividad respiratoria de los productos hortofrutícolas frescos?
2. ¿Qué importancia tiene conocer la cantidad de calor generada en el almacén?
3. ¿Qué se entiende por calor vital?

## Bibliografía

-  Burton, W.G. 1982. Post-Harvest physiology of food crops. Ed. Longman Group Limited. U.K. pp. 97-127.
-  Hulme, A.C. (ed). 1971. The biochemistry of fruits and their products. Vols. 1 y 2. Academic Press, London.
-  Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A.A. (ed) Postharvest technology of horticultural crops. 2a. Ed. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publicación 3311. U.S.A. PP. 15-20.
-  Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Ed. AVI, U.S.A. pp. 75-95.
-  Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. (Eds.). 1993. Biochemistry of fruit ripening. Ed. Chapman & Hall. London. 454 pp.
-  Westwood, M.N. 1988. Post-harvest, storage and nutritional value. In: Temperate zone pomology. Cap. 13. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. U.S.A. pp. 261-282.



## Práctica 7

### Efecto de factores bióticos y abióticos en el desarrollo de enfermedades y fisiopatías poscosecha en productos hortofrutícolas

#### Introducción

Las pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas debido a factores abióticos (ambientales) y bióticos (organismos patógenos) pueden ser cuantiosas ya que afectan el funcionamiento, calidad integral y apariencia del producto en cuestión. El efecto de estos factores es muy amplio y puede generar síntomas desde muy sutiles y, aparentemente no visibles, hasta daños severos como malformaciones, desintegración de tejidos u otros perfectamente visibles en los productos hortofrutícolas. A continuación se presenta una breve descripción de ellos.

#### Factores Abióticos

Son aquellos agentes no vivos (asociados con el medio ambiente, excepto daño mecánico), como los macro y micro nutrientes, temperatura, agua, luz, gases, etc., que en niveles excesivos o deficientes para la especie en cuestión, inducen alteraciones físicas, químicas y fisiológicas que en su conjunto se denominan fisiopatías o desórdenes fisiológicos.

Las causas de las fisiopatías se pueden agrupar, según el momento en el que los factores abióticos ocurran en precosecha y/o poscosecha.

**Cuadro 7.1.** Factores abióticos agrupados de acuerdo a su origen.

Precosecha	Poscosecha
Labores culturales inadecuadas (deficiencias o exceso de macro o micronutrientes, exceso hídrico o sequía prolongada).	Aplicación inadecuada de tratamientos de acondicionamiento.
Climáticos (sequía, inundaciones, radiación solar, viento, temperaturas altas y bajas, heladas, etc.).	Condiciones inadecuadas durante el transporte, almacenamiento, distribución y venta (temperatura y humedad relativa, concentración de gases).
	Atmósferas modificadas o controladas inadecuadas.

A continuación se describen algunas de las fisiopatías ocasionadas por factores abióticos, que tienen impacto en poscosecha.

#### Desequilibrios nutricionales

**Picado amargo** (*bitter pit*, en inglés). Esta fisiopatía es común en manzanas debido a una deficiencia de calcio durante su cultivo, pero se manifiesta claramente en poscosecha. Los síntomas se expresan como pequeñas áreas hundidas de color pardo-oscuro sobre la epidermis y parte externa de la pulpa de las frutas, las áreas dañadas tiene sabor amargo, de ahí el nombre (Figura 7.1).



**Figura 7.1.** Picado amargo en manzana.

## Exceso de nitrógeno en cítricos

Produce una sintomatología típica, que se manifiesta en los árboles por un abundante desarrollo vegetativo con hojas grandes y gruesas de color oscuro que son más sensibles al ataque de parásitos como los pulgones. Los frutos tienen la corteza gruesa y rugosa, escaso contenido de jugo y desarrollan el color típico más tardíamente. Sin embargo, el exceso de nitrógeno no tiene ningún efecto sobre el contenido en sólidos solubles, ni en el cociente sólidos solubles totales/acidez y contenido de vitamina C.

## Exceso de potasio

Afecta adversamente la calidad del fruto: corteza gruesa, escaso contenido de jugo, alta acidez y mayor sensibilidad a las enfermedades. Las concentraciones excesivas de potasio pueden dificultar la absorción de otros elementos como el magnesio y el calcio.

## Temperatura

La exposición de los productos hortofrutícolas a temperaturas adversas genera daños por calor, frío o congelación.

*Daño por Calor.* Esta fisiopatía es inducida por la exposición de los productos hortofrutícolas a la luz directa del sol o a temperaturas excesivamente altas. El daño se puede presentar como manchas sobre la piel del producto. Las temperaturas excesivamente altas también inducen alteraciones fisiológicas; por ejemplo, cuando el jitomate queda expuesto a temperaturas altas en campo (35 °C o mayores), eleva su actividad respiratoria en el almacenamiento, reduciendo así su vida útil.

En el caso del plátano, cuando la temperatura en el almacén supera los 35 °C no hay degradación de la clorofila.

*Daño por Frío.* Esta fisiopatía es inducida por temperaturas bajas por encima del punto de congelación, entre 3-15 °C, dependiendo de la especie. La sintomatología varía según el tipo de producto y tejido involucrado, entre las más comunes se encuentran el picado de la piel, zonas hundidas y húmedas (hidrosis), áreas de color humo en pulpa o piel, maduración irregular o nula, mayor susceptibilidad a pudriciones, sabores y aromas anormales, entre otros. La manifestación de los síntomas se hace más notoria al transferir el producto del refrigerador a temperatura ambiente. Los principales factores que determinan el grado de susceptibilidad a este tipo de daño son la especie, variedad, estado de madurez, temperatura baja aplicada y tiempo de exposición. Los productos hortofrutícolas más susceptibles son los que provienen de regiones tropicales y subtropicales.



Figura 7.2. Picado y obscurecimiento.



Figura 7.3. Hidrosis y obscurecimiento externo e interno.

*Daño por congelación.* Este daño se genera cuando el producto se expone a temperaturas menores a los 0°C. El daño por congelación ocasiona la ruptura celular debido a la formación de cristales y el colapso inmediato de los tejidos vegetales dando lugar a la pérdida total del producto.

### Atmósferas inadecuadas en el almacén

Altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y bajas concentraciones de O<sub>2</sub> ocasionan deterioro. El etileno también puede inducir fisiopatías en algunos productos y la combinación de estos gases con la temperatura y la duración del almacenaje influyen sobre la incidencia y severidad de los desórdenes fisiológicos relacionados con la composición de la atmósfera del almacén.

### Factores Bióticos

En este grupo de factores se incluyen a las bacterias, virus y hongos que ocasionan enfermedades en los productos hortofrutícolas.

### Enfermedades latentes

Tienen su origen en el campo, dentro de los ejemplos clásicos se encuentran la antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* y la pudrición blanda o moho gris cuyo agente causal es *Botrytis cinerea*.

*Colletotrichum gloeosporioides.* Ataca a diversos frutos tropicales y subtropicales como el plátano, mango, papaya, aguacate y cítricos causando una enfermedad conocida como antracnosis. La infección se inicia cuando las esporas germinan en las superficies húmedas de las flores (particularmente en el estigma) o de los pequeños frutos en desarrollo formando un tubo germinal, el cual se hincha al cabo de algunas horas formando un apresorio; después de 24 a 72 horas, dependiendo de la temperatura, este apresorio se transforma en una estructura infecciosa que penetra la cutícula por presión mecánica, desarrollando en el fruto una hifa subcuticular que permanece latente durante el resto del desarrollo del fruto. El hongo reasumirá un crecimiento activo durante la maduración de los frutos en poscosecha, que es cuando hay mayor disponibilidad de nutrientes para su crecimiento.

*Botrytis cinerea.* Los conidios de este hongo son abundantes en las plantaciones en floración de los frutos susceptibles (fresas, uvas) y germinan bien en las delgadas películas de agua que se forman sobre los pétalos, sépalos y otras partes florales; una vez en fase de crecimiento, el microorganismo se desplaza a las orillas del receptáculo donde queda latente, y reasume nuevamente un crecimiento activo cuando el fruto madura y es cosechado.

### Enfermedades poscosecha ocasionadas por patógenos débiles

Muchas bacterias y hongos pueden causar pudriciones en poscosecha de frutas y hortalizas. Sin embargo, es muy común observar que el mayor número de las enfermedades es ocasionado por microorganismos tales como ciertas especies de hongos de los géneros: *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Phomopsis*, *Rhizopus* y *Sclerotinia* así como de las bacterias de los géneros *Erwinia* y *Pseudomonas*. Muchos de estos microorganismos son llamados patógenos débiles debido a que pueden infectar al órgano vegetal solo si éste está dañado por heridas ya que no producen ni excretan enzimas capaces de hidrolizar las paredes celulares para penetrar la piel intacta del hospedero (Snowdon, 1990).

Algunos ejemplos de estas enfermedades se muestran a continuación:



Figura 7.4. *Penicillium digitatum* (izquierda) y *Penicillium italicum* (derecha).

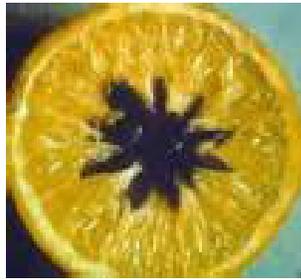


Figura 7.5. *Alternaria*.



Figura 7.6. *Rhizopus stolonifer*.



Figura 7.7. *Erwinia amylovora*.

Aun cuando el daño sea microscópico resulta una vía de entrada suficiente para que los patógenos presentes en la huerta y/o en la empacadora tengan acceso al producto.

Además, el lugar del corte durante la cosecha (tallo o pedúnculo) es un punto por el que frecuentemente penetran los microorganismos invasores debido a que es una herida expuesta al ambiente que queda desprotegida. Las pudriciones del extremo peduncular son causa de importantes pérdidas poscosecha de muchas frutas y hortalizas.

Cabe señalar que a menudo la relación entre hospedero y patógeno es específica, por ejemplo, *Penicillium digitatum* infecta sólo a los cítricos y *Penicillium expansum* únicamente a las manzanas y a las peras.

## Factores que propician el desarrollo y propagación de enfermedades

En la interacción hospedero-patógeno-ambiente, el medio ambiente desempeña un papel muy importante ya que los microorganismos se desarrollarán en función de las condiciones de temperatura, humedad relativa y concentración de gases que sean favorables. Pero también hay otros factores que suelen pasarse por alto y contribuyen significativamente al desarrollo de las pudriciones, así por ejemplo el pH del tejido vegetal actúa como medio selectivo; los frutos generalmente tienen un pH por debajo de 4.5 y son enormemente propensos al ataque de hongos; en cambio muchos vegetales tienen un pH por arriba de 4.5 y, consecuentemente las pudriciones bacterianas son mucho más comunes. La incidencia de fisiopatías es otro factor que hace al producto más propenso al ataque microbiano; asimismo, el fruto en etapa de maduración es más susceptible al ataque de microorganismos que el fruto inmaduro.

## Daños físicos

Estos daños no se consideran en el grupo de factores bióticos y abióticos porque no están relacionados con el ambiente sino más bien con factores, que en su mayor parte, dependen de las actividades humanas y generan grandes pérdidas. Los daños mecánicos ocasionados a los productos hortofrutícolas son diversos y pueden agruparse, atendiendo a sus causas, en daños por impacto, compresión, abrasión o vibración. Los daños por impacto y compresión se reflejan usualmente en la superficie de los productos en forma de magulladuras, fractura o incluso ruptura de la piel o cáscara; las abrasiones causadas por frotación entre los mismos frutos o por superficies ásperas o por vibración en el transporte, se manifiestan como manchas o rayones.

Los daños mecánicos por muy leves que sean no sólo demeritan la apariencia de los productos hortofrutícolas sino que desencadenan una serie de eventos que conducen más rápidamente a su deterioro ya que se eleva la actividad respiratoria, acción y producción de etileno, ocasionan ruptura de células y desintegración de tejidos vegetales facilitando el contacto de enzimas como la polifenoloxidasas con los compuestos fenólicos dando lugar al pardeamiento de dichos tejidos, pérdida acelerada de agua y vía de entrada para la invasión de los tejidos por microorganismos débiles (Kader, 1992).

### Métodos disponibles para la identificación de fitopatógenos

Para cualquier programa orientado al control poscosecha de pudriciones de productos vegetales, es necesario entender la naturaleza de los microorganismos causantes de la enfermedad, su origen, su tiempo y mecanismo de penetración al hospedero. En poscosecha, los factores que podrían afectar el desarrollo de los microorganismos incluyen la fisiología de las frutas y hortalizas en cuestión así como el manejo particular al que se les somete en su preparación para la transportación, almacenamiento, distribución y mercadeo.

Existen técnicas para identificar el agente causal y evaluar los daños ocasionados en productos hortofrutícolas para estimar las pérdidas poscosecha generadas. Dentro de ellas, están los Postulados de Robert Koch (ver Anexo 7).

### Factores a considerar para el control poscosecha de las enfermedades

La manera más obvia para prevenir el desarrollo de enfermedades es procurar el manejo cuidadoso de los productos hortofrutícolas desde la cosecha, para evitar exposiciones innecesarias a la radiación solar, golpes, cortes, magulladuras, etc. Asimismo, mantener la limpieza del almacén o zona de acopio, evitar altas o bajas temperaturas, humedades relativas o composición atmosférica inadecuadas que puedan afectar la fisiología del producto y su propensión al ataque de ciertos patógenos.

### Objetivos

- El alumno será capaz de evaluar el efecto de la baja temperatura y una atmósfera modificada pobre en oxígeno en el desarrollo de diferentes fisiopatías.
- El alumno será capaz de identificar y describir la sintomatología manifestada en cada una de las fisiopatías observadas.
- El alumno será capaz de demostrar el efecto del daño físico, temperatura ambiente y refrigeración en el desarrollo de la infección ocasionada por *Penicillium spp.* u otro hongo.
- El alumno será capaz de esquematizar y nombrar las estructuras microscópicas observadas de los microorganismos encontrados.

### Materiales

#### Materia prima (por equipo de alumnos)

1 Mano de plátanos en estado de madurez comestible.

2 Lechugas romana u orejona (las 2 de un solo tipo).

1 Naranja o limón infectada(o) con hongo azul (*P. italicum*) o verde (*P. digitatum*), que servirá para obtener el inóculo.

30-35 Naranjas, mandarinas o limones en muy buenas condiciones (con botón, y preferentemente con pedúnculo, sanos, sin daño mecánico, sin deshidratación y no senescentes).

#### Material de apoyo

Fotocopias de fotografías de diferentes estructuras de microorganismos fitopatógenos.

## Utensilios

- 1 Paquete de películas plásticas (Kleen Pack, Cling Wrap, etc.).
- 1 Bolsa de polietileno (Ziplock para refrigerar) sin perforaciones de 27 x 28 cm.
- 1 Bolsa de polietileno (Ziplock para refrigerar) con perforaciones de 27 x 28 cm.
- 8 Charolas de poliestireno.
- Papel filtro o toallas de papel.
- 1 Cuchillo, navaja o bisturí.
- Algodón o gasa.
- 1 Marcador.

## Material de laboratorio

- Asas para siembra.
- 1-2 Mecheros de Bünsen.
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- 2 Pipetas Pasteur con bulbo de hule.

## Equipo de laboratorio

- Campana de flujo laminar.
- 1 Microscopio óptico.

## Infraestructura

- Refrigerador comercial (7-10°C).
- Un cuarto a temperatura ambiente.

## Reactivos

- 1 Gotero 10 mL con azul de algodón, también conocido como azul de lactofenol o azul de metileno (utilizar guantes y lentes de protección).
- 1 Piseta con agua destilada.

## Desarrollo Experimental

### Efecto de la refrigeración y la atmósfera modificada en el desarrollo de fisiopatías

1. Seleccione los plátanos por uniformidad de color y ausencia de defectos. Prepare 2 grupos de 3-5 plátanos, colocando cada grupo en una charola y almacene cada charola en cada cámara de almacenamiento (refrigerador y cuarto a temperatura ambiente), durante 3-4 días.
2. Meta una lechuga dentro de cada bolsa de polietileno y ciérrelas. Coloque las dos en el refrigerador y almacene por 7 días.
3. Al término del almacenamiento, registre y compare la sintomatología observada.

### Efecto de la temperatura y daño físico en la incidencia de enfermedades poscosecha en cítricos.

Con dos semanas de antelación a la realización de la práctica, infecte un fruto cítrico haciendo una herida profunda y colóquelo dentro de una bolsa de plástico junto con un algodón empapado a manera de cámara húmeda, cierre la bolsa y déjela en un lugar a 25 °C.

1. El fruto previamente infectado constituye el inóculo; éste deberá estar en medio de dos mecheros encendidos.
2. Tome una muestra de cuerpos fructíferos del fruto que se utiliza como inóculo; colóquela en un portaobjetos y cúbrala con azul de algodón. Obsérvela al microscopio, primero con un lente a baja resolución (por ejemplo a 20X) y posteriormente con un lente de mayor resolución (por ejemplo a 40X). Con ayuda del material fotográfico, identifique la especie de hongo.

3. Seleccione los frutos sanos por uniformidad de color, ausencia de defectos, presencia de botón o pedúnculo. Lávelos, séquelos y prepare 8 grupos de 3 frutos, para aplicar los siguientes tratamientos:
4. Testigo. Dibuje un círculo con marcador en el ecuador de 6 frutos sanos. Moje la punta de un hisopo con agua destilada, tome la muestra de micelio esporulado o cuerpo fructífero y póngala en contacto dentro del círculo marcado en el fruto sano (sin heridas). Divida los frutos en dos grupos y coloque cada uno en charolas húmedas (ver punto 8), una marcada a temperatura ambiente y otra en refrigeración.
5. Tratamiento 1. Con el asa tome segmentos de tejido infectado e inocule 6 frutos sanos en la cicatriz del pedúnculo. Divida los frutos en dos grupos y coloque cada uno en charolas húmedas, una marcada a temperatura ambiente y otra en refrigeración.
6. Tratamiento 2. En 6 frutos sanos haga pequeños cortes superficiales en la piel del fruto SIN TOCAR LOS SACOS DE JUGO. Con el asa tome segmentos de tejido infectado e inocule los frutos en los cortes realizados. Divida los frutos en dos grupos y coloque cada uno en charolas húmedas, una marcada a temperatura ambiente y otra en refrigeración.
7. Tratamiento 3. En 6 frutos sanos haga pequeños cortes profundos que toquen los sacos de jugo (no importa en este caso si los rompen accidentalmente). Con el asa tome segmentos de tejido infectado e inocule los frutos en los cortes realizados. Divida los frutos en dos grupos y coloque cada uno en charolas húmedas, una marcada a temperatura ambiente y otra en refrigeración.

**Nota.** Sería recomendable aplicar los tratamientos empleando una campana de flujo laminar, en medio de 2 mecheros encendidos. En caso de que no se disponga de campana, utilice sólo los dos mecheros encendidos. Así también cuide de lavarse las manos y desinfecte la instrumentación utilizada después de cada inoculación para evitar contaminaciones cruzadas.

8. Prepare las cámaras húmedas de la siguiente manera:
 

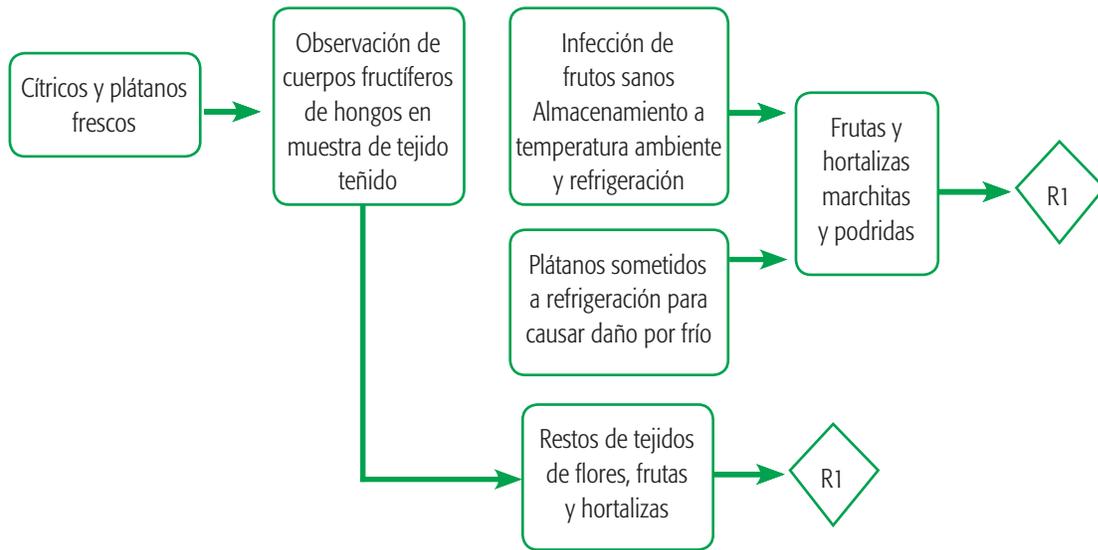
Moje una capa de algodón, elimine el exceso de agua y colóquela en el fondo de la charola. Deposite los frutos correspondientes a cada tratamiento y cubra la charola con la película plástica, cuidando que quede sellada.

Todos los tratamientos se almacenarán a temperatura ambiente y refrigeración durante 7 días.
9. Al término del almacenamiento, determine el porcentaje de área infectada de los frutos de cada tratamiento con respecto al área total del fruto, considerando el área de una esfera ( $A = 4 \pi r^2 = \pi d^2$ ).
10. Tome nuevamente una muestra del hongo de cualquiera de los frutos enfermos, colóquela en el portaobjetos, añádale azul de algodón (consulte el Anexo 1, antes de utilizar el reactivo) y obsérvelo al microscopio primero a 20X y posteriormente cambie al objetivo inmediato superior. Identifique a la especie para confirmar si se trata del mismo hongo con el que inoculó en un principio a los frutos cuando estaban sanos. Lávese las manos después de cada evaluación.

### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Manejo de residuos



R1=enviar a composteo.

## Cuestionario

1. Mencione 2 ejemplos de factores abióticos que ocasionan fisiopatías en los productos hortofrutícolas y su sintomatología.
2. ¿Por qué no se considera a la refrigeración un método fungicida? y ¿Cómo se le llama a este tipo de tratamientos?
3. ¿Cuál es el ciclo biológico de los microorganismos aislados en la presente práctica?
4. ¿Cuáles son las condiciones ideales para el desarrollo de estos microorganismos?
5. Incluya una fotografía del microorganismo observado al microscopio.

## Bibliografía

-  Barkai-Golan, R. 2001. *Post-Harvest Diseases of Fruits and Vegetables. Development and Control*. Ed. Elsevier. New York, U.S.A. p. 2.
-  Colin, D. (Ed). 1983. *Post-Harvest Pathology of Fruits and Vegetables*. Ed. Academic Press. U.S.A. 264 pp.
-  Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. En: Kader, A.A. (ed) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2a ed. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. U.S.A. p. 17.
-  Peterson, J.E. 1967. Relation of Wounds to Decay of Citrus Fruit by *Penicillium* spp. en: *Sourcebook of Laboratory Exercises in Plant Pathology*. Sourcebook Committee of the American Phytopathological Society. W.H. Freeman and Company. U.S.A p. 36.
-  Rivka B. 2001. *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables. Development and Control*. Ed. Elsevier. Holland. 418 pp.
-  Snowdon, A.L. 1990. *A Color Atlas of Post-Harvest Diseases & Disorders of Fruits & Vegetables*. Vol. 1: General Introduction & Fruits. Ed. CRC. Press Inc. U.S.A. 302 pp.
-  Sommer, N.F., Fortlage, R.J., and Edwards, D.C. 1992. Postharvest diseases of selected commodities. In: Kader A. (Technical Editor). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. pp. 117-160.



## Práctica 8

### Aplicación de dos métodos de enfriamiento en productos hortofrutícolas

#### Introducción

El enfriamiento es una operación de acondicionamiento que se aplica normalmente después del envasado de las frutas y hortalizas para la eliminación rápida del calor de campo (calor sensible) hasta alcanzar la temperatura recomendada para su almacenamiento o transportación (Thompson *et al.*, 2007).

El enfriamiento puede realizarse con los siguientes métodos:

- Cámaras de enfriamiento convencional.
- Con aire forzado.
- Con agua fría (hidroenfriamiento).
- Con hielo frapé.
- Evaporativo.
- Con vacío.

Es importante señalar que algunos productos responden bien al enfriamiento con varios métodos de los mencionados, sin embargo, la mayoría de ellos se pueden enfriar solamente con uno o, a lo más, dos de ellos.

La selección del mejor método de enfriamiento depende en gran parte de las características físicas y fisiológicas del producto a enfriar, así por ejemplo, las fresas no pueden tolerar condiciones de alta humedad por su alta predisposición a la incidencia de pudriciones, en consecuencia, no se pueden enfriar por hidroenfriamiento, ni con hielo; tampoco puede emplearse el vacío ya que provoca pérdidas significativas de agua y de peso, y dado que es un producto que requiere un rápido enfriamiento después de la cosecha, el proceso en cámaras convencionales resulta inadecuado, siendo el método de aire forzado el único efectivo para el enfriamiento de fresas.

El método de hielo, el de cámaras de refrigeración convencionales y el de vacío solo puede aplicarse a unos cuantos productos. El método del hidroenfriamiento es aplicable a una mayor diversidad de productos hortofrutícolas, sin embargo los costos del sistema de refrigeración requerido para los grandes volúmenes de agua (en lluvia, rociado o inmersión) así como la tendencia actual del ahorro del agua, limitan su aplicación. El método de aire forzado es el que ha resultado más adaptable a la mayoría de los productos y por lo tanto el más recomendable aún para operaciones en pequeña escala.

A nivel comercial se manejan los conceptos de “tiempo medio de enfriamiento” y “7/8 de enfriamiento”, con el propósito de determinar el tiempo requerido por la fruta u hortaliza para alcanzar la temperatura deseada para poder transferirlas al almacén o al transporte.

El tiempo de *7/8 de enfriamiento* es el tiempo requerido para que la temperatura inicial del producto disminuya en 7/8 de la diferencia entre la temperatura inicial del producto y la del medio de enfriamiento. Este tiempo se considera como el más adecuado ya que conforme va disminuyendo la temperatura de los productos hortofrutícolas, la velocidad de enfriamiento disminuye y como se puede apreciar en la gráfica de la figura 8.1, la disminución de la temperatura de un producto expuesto a un medio refrigerante no es lineal, sino que es rápida al principio pero a medida que se aproxima a la del medio refrigerante, es cada vez más lenta y aunque se aumente el tiempo del proceso, el enfriamiento logrado ya no es significativo y además el costo energético se incrementa considerablemente. Normalmente se deja que el 1/8 restante lo pierda el producto durante el almacenamiento o transporte.

Para conocer el tiempo en que se alcanzan los 7/8 de enfriamiento, se calcula el número de grados que debe perder el producto considerando la diferencia entre la temperatura de campo del producto y la del medio enfriante. Por ejemplo, si se tiene

un producto cuya temperatura de campo es 29 °C y se somete a un medio refrigerante a 3°C, la operación de enfriado debería finalizar cuando ha perdido 7/8 de la diferencia entre ambas temperaturas, de acuerdo con:

$$T_{\frac{7}{8} \text{ enfriam}} = T_{\text{inicial producto}} - \left[ \frac{7(T_{\text{inicial producto}} - T_{\text{medio enfriante}})}{8} \right]$$

$$T_{\frac{7}{8} \text{ enfriam}} = 29^{\circ}\text{C} - \left[ \frac{7(29^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C})}{8} \right] = 22.75^{\circ}\text{C}$$

Cuando el producto haya perdido 22.75 °C, habrá alcanzado una temperatura final de aproximadamente 6.25 °C, y en este momento es cuando se da por finalizado el enfriamiento.

$$T_{\text{inicial producto}} - T_{\frac{7}{8} \text{ enfriamiento}} = 29^{\circ}\text{C} - 22.75^{\circ}\text{C} = 6.25^{\circ}\text{C}$$

Los principales factores que influyen en el tiempo de enfriamiento incluyen:

- Producto vegetal: Tamaño, forma, relación superficie/volumen y propiedades térmicas (calor específico, Cp; conductividad térmica, k).
- Temperatura inicial y final del producto.
- Temperatura del medio enfriante y su capacidad para absorber calor .
- Diseño y material de los envases.
- Patrón de estibado de los envases.

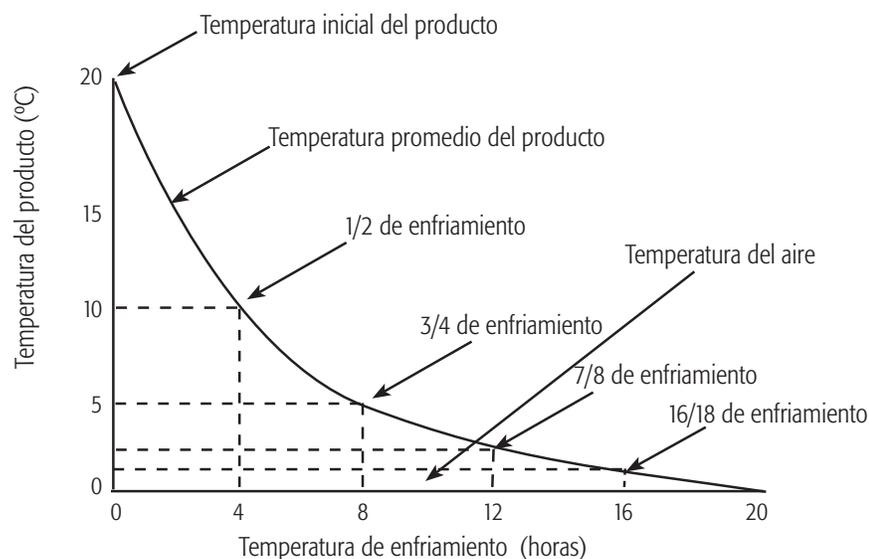


Figura 8.1. Curva típica de enfriamiento para productos hortofrutícolas.

## Objetivos

- Que el alumno sea capaz de comparar el efecto de dos métodos de enfriamiento (aire-forzado e hidroenfriamiento) aplicados a una fruta u hortaliza, en la conservación de su calidad después de una semana de almacenamiento en refrigeración.
- Que el alumno sea capaz de obtener las curvas de enfriamiento y el tiempo en que se alcanzan los 7/8 de enfriado con cada método.

## Materiales y reactivos

### Materia prima

60-120kg de producto vegetal (guayabas, calabacitas, pepino, chile, etc., de acuerdo a la temporada).

### Reactivos

NaClO comercial (5-6% de hipoclorito de sodio).

5-6 Garrafrones de agua potable para preparar 100 L agua potable clorada (200 ppm de cloro activo).

Preparación por litro de solución acuosa de NaClO a 200 ppm de cloro activo: emplear, 3.8 mL de cloro comercial (6% hipoclorito de sodio) y aforar a 1L.

Cera de Campeche.

### Utensilios

12 Cajas de plástico abiertas (de rejilla) y limpias (para todo el grupo).

### Equipo de laboratorio (por equipo de alumnos)

12 Termopares.

### Infraestructura

Prototipo de enfriador con aire forzado.

Prototipo de hidrogenfriador.

1 Cámara de refrigeración (4°, 7° o 10° C).

**Nota:** El profesor(a), pondrá a funcionar los prototipos previamente al inicio de la práctica (30 min-1 hora de antelación), manteniendo las condiciones de operación constantes: humedad relativa, presión, velocidad y temperatura del aire en el prototipo con aire forzado; y la temperatura, recirculación y agitación en el hidrogenfriador.

## Desarrollo experimental

1. Seleccionar y lavar toda la fruta. Separarla en tres lotes, marcando de la siguiente manera:

$T_1$  = Producto sin preenfriar.

$T_2$  = Producto preenfriado con aire forzado.

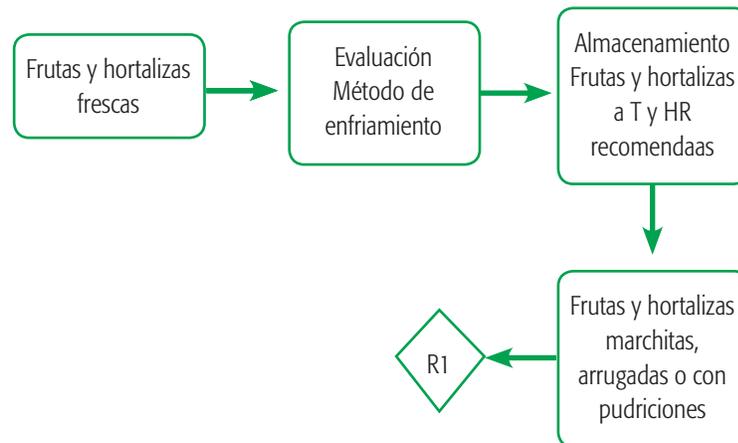
$T_3$  = Producto hidrogenfriado.

2. Distribuir la fruta de los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$  en los recipientes de plástico para colocarlas en cada enfriador.
3. Insertar los termopares en tres frutas u hortalizas (y en tres ubicaciones diferentes dentro del recipiente) de cada lote sometido a enfriamiento, fijando cuidadosamente el termopar con ayuda de la cera de Campeche.
4. Registrar las temperaturas en cada lote sometido a enfriamiento (en los tres puntos) utilizando los cuadros 8.1 y 8.2. Con los datos registrados, obtener las curvas de enfriamiento para determinar el tiempo requerido para alcanzar los 7/8 de enfriamiento.
5. Una vez terminado el enfriamiento, colocar los productos en cajas de plástico secas, pesar e inmediatamente almacenarlas en la cámara de refrigeración a las condiciones de temperatura y humedad relativa recomendadas para el producto en particular, durante 7 días.
6. Durante el almacenamiento registrar los datos para determinar el porcentaje de pérdida de peso, color, apariencia y presencia de pudriciones.





## Manejo de residuos



R1= Enviar a composteo.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Qué es el calor de campo?
2. Mencione otros métodos de enfriamiento diferentes a los que se aplicaron en esta práctica.
3. Explique el fundamento de los métodos mencionados en la pregunta anterior.
4. Indique los factores que deben considerarse para seleccionar un método de enfriamiento adecuado.

## Bibliografía

-  S. Chatelain-Mercado, D. Castillo-Animas, J. Jacuinde-Guzmán, F. Rivera-Cabrera, F. Díaz de León-Sánchez, L. J. Pérez-Flores and C. Pelayo-Zaldívar. 2008. Cooling tests of lychees (*Litchi chinensis*) using forced-air cooler and immersion hydrocooling prototypes. *Acta Horticulturae*, 773, 245-251. ISSN 0567-7572, ISBN 978-90-66055-91-9.
-  Thompson, J.E., Mitchel, F.G. y Kasmire, R. 2002. Chapter 11. Cooling Horticultural Commodities. En: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. A. Adel Kader Editor). Third edition. University of California-Davis. Publication 3311. 535 pp.



## Práctica 9

### Evaluación de recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas

#### Introducción

Las cubiertas o recubrimientos comestibles se han utilizado por siglos para proteger a los alimentos y reducir o evitar la pérdida de humedad. El primer uso registrado fue en China durante el siglo XII para cítricos y más tarde en Inglaterra, en donde se empleaba manteca de cerdo (lard) o grasas en la práctica llamada *larding*, para prolongar la vida útil de productos cárnicos. Desde inicios y hasta mediados del siglo XX, los recubrimientos se habían estado utilizando para reducir la pérdida de agua y añadir brillo a frutas y hortalizas, también las cubiertas de colágeno o materiales tipo colágeno para salchichas y una especie de cubierta azucarada en productos confitados, incluyendo el chocolate. A partir de la segunda mitad del siglo XX ha habido un creciente interés por el desarrollo y aplicación de biopolímeros para obtener materiales con función de envase o empaque para reducir el impacto ambiental causado por el uso indiscriminado de plásticos no biodegradables en materiales de empaque (Baldwin *et al.*, 2012).

Los principales componentes que se utilizan para formular materiales de empaque comestibles lo constituyen polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas; el tipo y proporción de estos componentes en una formulación ha generado lo que se denomina recubrimientos o películas compuestas.

**Películas o Recubrimientos comestibles.** Por definición, se considera a una película como una capa delgada de material comestible preformada y colocada sobre el alimento, mientras que un recubrimiento es una capa formada directamente sobre el alimento.

Su funcionalidad depende de la capacidad de protección que brindará al alimento para el cual se ha elaborado, y el tipo y proporción de sus componentes definen la selectividad a la transferencia de masa (permeabilidad al vapor de agua, gases, aromas, pigmentos, aditivos, etc.) y su estabilidad estructural (Donhowe y Fennema, 1994; Debeaufort *et al.*, 1998; Bosquez-Molina, 2003; Tharanatan, 2003).

La función principal de estos materiales en el caso particular de frutas y hortalizas frescas, consiste en reducir la tasa de transpiración y el intercambio gaseoso disminuyendo la velocidad de los procesos de maduración y senescencia, así también contribuyen al sellado de heridas con lo que se limita la entrada de microorganismos, por otro lado confieren un aspecto cosmético mejorando la apariencia del producto, entre otros.

Los recubrimientos son vehículos adecuados para incorporar aditivos con el propósito de reforzar su funcionalidad. Sin embargo el consumidor demanda alimentos libres de conservadores sintéticos, lo que ha dado lugar a la búsqueda de alternativas como lo es el uso de los llamados bioconservadores (productos naturales provenientes de plantas y microorganismos) que pueden ser útiles en la industria alimentaria al tener un efecto reductor o inhibidor de microorganismos patógenos (Draughon, 2004). Dentro de los bioconservadores de origen vegetal, se ha reportado el potencial de los aceites esenciales de tomillo, limón, clavo, etc. Sin embargo, y a pesar de que los aceites esenciales se consideran como productos GRAS (Generally Recognized As Safe), su uso como aditivos alimentarios es limitado dado el efecto adverso que inducen en las características sensoriales de los productos en los que se han aplicado (Draughon, 2004).

El uso de estos compuestos incorporados en un recubrimiento comestible implica el estudio de los efectos que éstos tendrían en las propiedades de la formulación misma, y, ya en el recubrimiento formado, en su estabilidad y funcionalidad para el transporte de masa (vapor de agua, intercambio gaseoso, etc.) superficial, y liberación controlada de los compuestos activos que faciliten su acción para el propósito establecido.

Por otro lado, es importante que el producto vegetal y el (los) material(es) del recubrimiento sean también compatibles desde el punto de vista sensorial (Baldwin *et al.*, 1995).

En la presente práctica no se contempla la elaboración de las formulaciones, sino únicamente la comparación del efecto de diferentes formulaciones en diversos productos y en condiciones diferentes de almacenamiento.

## Objetivos

- Evaluar el efecto del tipo de recubrimiento y producto en el que se aplique en los atributos de calidad y tiempo de conservación.
- Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento (refrigeración y temperatura ambiente) en el recubrimiento mismo y respuesta en el producto.

## Materiales y reactivos

### Materia prima

Cítricos (naranjas, limones, toronjas), jitomate, pepino, calabacita, papaya, u otras a juicio del profesor.

### Reactivos

2 Formulaciones diferentes de recubrimientos comestibles (a juicio del profesor(a) se pueden contrastar con formulaciones comerciales).

1 L solución de NaOH 0.1N.

50 mL fenoltaleína al 1% en etanol al 50%.

Buffer a pH 4 y pH 7.

2 Garrafrones de agua potable.

### Material de vidrio (por equipo de alumnos)

2 Vasos de pp de 250 mL para las formulaciones.

6 Vasos de pp de 250 mL para las muestras de jugo o pulpa.

6 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.

3 Matraces volumétricos de 100 mL.

3 Pipetas graduadas de 5 mL.

3 Pipetas graduadas de 10 mL.

1 Bureta de 25-50 mL.

1 Soporte universal.

1 Pinzas para soporte de bureta.

1 Piseta con agua destilada.

2 Propipetas de 3 vías.

### Utensilios

Brocha.

Redes.

1 Rollo de servitoallas.

1 Juego de cuchillos.

2 Bandejas chicas de plástico (jícaras).

### Equipo de laboratorio

1 Extractor de jugo para cítricos.

1 Extractor de jugos para frutas y hortalizas.

1 Penetrómetro Effegi.

1 Refractómetro de 0-32 °Brix.

1 Balanza granataria digital con sensibilidad de 0.1 g.

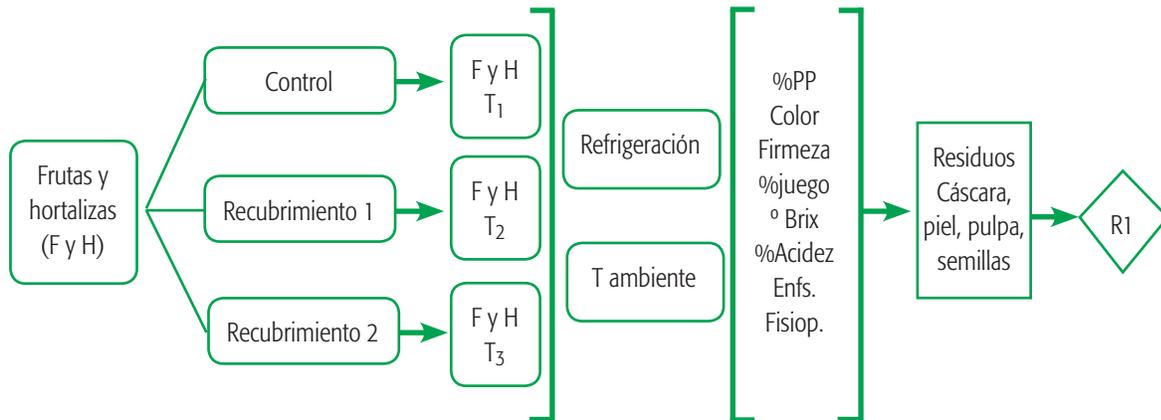
## Desarrollo experimental

1. Seleccione 3 lotes conteniendo la misma cantidad de unidades de frutas u hortalizas que se encuentren en buen estado, libres de daños mecánicos, y en el mismo grado de madurez.
2. Lave los productos con agua clorada (100 ppm). Utilice 1.9 mL de cloro comercial por cada litro de agua.
3. Seque los productos cuidadosamente utilizando servitoallas.
4. Para un análisis inicial, separe 3 lotes con el mismo número de unidades y distribuya los productos restantes de acuerdo a lo indicado en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Temperatura ambiente	Temperatura de refrigeración
T <sub>1</sub> = Control.	3 lotes con el mismo número de unidades (A, B, C)	3 lotes con el mismo número de unidades (D, E, F)
T <sub>2</sub> = Recubrimiento 1.	3 lotes con el mismo número de unidades (A, B, C)	3 lotes con el mismo número de unidades (D, E, F)
T <sub>3</sub> = Recubrimiento 2.	3 lotes con el mismo número de unidades (A, B, C)	3 lotes con el mismo número de unidades (D, E, F)

5. Aplique los recubrimientos sobre la superficie de los productos de cada tratamiento utilizando una brocha diferente para cada formulación.
6. Deje secar los productos recubiertos a temperatura ambiente y una vez secos, colóquelos en redes, charolas de unicel o envases tipo clampshell, dependiendo del producto tratado.
7. Marque cada lote de tal manera que quede identificado el tratamiento y las repeticiones de acuerdo con el cuadro y registre el peso de cada uno.
8. Almacene los lotes a las temperaturas correspondientes.
9. Registre cada tercer día el peso de cada envase así como la temperatura y humedad relativa de cada cámara de almacenamiento.
10. Al inicio y al término de una semana realice los análisis de los atributos de calidad (pérdida de peso, color, incidencia de enfermedades y fisiopatías, firmeza, °Brix y acidez) de los productos de cada envase (Vea la práctica 3).

## Manejo de residuos



R1= enviar a composteo.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Cuál es la diferencia entre un recubrimiento y una película comestible?
2. ¿Cómo afecta el recubrimiento en la fisiología de los productos frescos?
3. Proponga una formulación de recubrimiento comestible, indicando la función de cada componente propuesto.

## Bibliografía

-  Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. y Baker, R.A.1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortSci.* 30, (1): 35-40.
-  Baldwin, E. A., Hagenmaier, R. y Bai, J. 2012. Edible coatings and films to improve food quality. 2<sup>nd</sup> edition CRC Press, Boca Raton, Fla. USA.
-  Bosquez-Molina, E., Guerrero, L.I, y Vernon-Carter, J. 2003. Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum-candelilla wax based edible emulsion coatings. *International Food Research* 36 (9-10):885-893.
-  Draughon, F. A. 2004. Use of botanicals as biopreservatives in foods. *Food Technol.* 58 (2): 20-28.



## Práctica 10

### Maduración controlada y desverdizado

#### Introducción

La maduración es un proceso que involucra una serie de eventos fisiológicos, físicos, químicos y sensoriales que se presentan durante la transformación de un fruto fisiológicamente maduro, pero no comestible, en uno con apariencia, textura, aroma y sabor agradables que lo hacen apto para ser consumido.

Actualmente es bien sabido que el etileno ( $C_2H_4$ ) está presente en las células de todos los productos vegetales en concentraciones fisiológicamente activas y en el caso de los frutos climatéricos se puede encontrar en cantidades tan bajas como de 0.01  $\mu L/L$  (ppm) antes de iniciarse la maduración. El etileno usualmente es conocido como la "hormona de la maduración" ya que es el responsable de promover y controlar todos los cambios asociados con este proceso fisiológico.

Para propósitos prácticos, esta propiedad del etileno es particularmente útil para realizar dos operaciones comerciales importantes:

- a) La maduración controlada.
- b) El desverdizado.

La **maduración controlada** consiste en inducir, de manera programada, la maduración de los frutos con etileno para alcanzar el estado de madurez requerido para la distribución comercial del producto. Esta operación se aplica mayoritariamente en plátano y en menor proporción en papaya, jitomate, chicozapote y aguacate.

El proceso permite obtener varios beneficios que se traducen en mejores precios de mercado y desde luego mayor rentabilidad, tales son:

- Maduración uniforme de la fruta.
- Mejor consistencia de la pulpa.
- Prolongación de la vida útil de la fruta almacenada.
- Mejor calidad física, química, funcional y sensorial de la fruta.

Para el caso particular de plátano, el proceso consiste básicamente en colocar las "manos" o pencas de plátano en madurez fisiológica (estado 1 de la Fig. 10.1) dentro de cámaras especiales de maduración, en las que se aplica el etileno, se controla la temperatura, la humedad relativa, la ventilación y circulación del aire de tal manera que se pueden establecer diferentes periodos en los que se desee alcanzar la madurez comercial (estado 4 de la Fig. 10.1) para su distribución a los mercados al menudeo y tiendas de autoservicio.

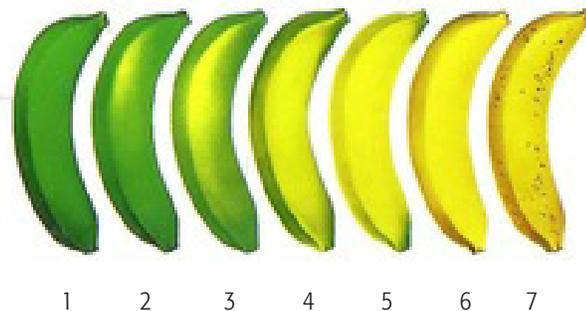


Figura 10.1. Carta de color que ilustra diferentes grados de maduración de plátano.

**Cuadro 10.1.** Condiciones recomendadas para la maduración de plátano con etileno.

Temperatura de la fruta (pulpa).	14.5 a 18°C.
Humedad relativa.	90 a 95%.
Concentración de etileno.	100 a 150 ppm.
Tiempo de exposición al etileno.	24 a 48 h.
Circulación de aire.	Para mantener homogéneas las condiciones en toda la cámara.
Ventilación o cambio de aire.	El necesario para evitar la acumulación de CO <sub>2</sub> mayor al 1%, ya que esto reduce la eficacia del etileno.

Con base en las condiciones de temperatura, se pueden establecer diferentes programas de maduración, esto es, alcanzar la madurez comercial en diferentes periodos de días de acuerdo a los requerimientos del mercado (Fig. 10.2).

	ETILENO				TEMPERATURA DE LA PULPA (°C)		
4 DÍAS	18.0	18.0	16.6	15.5			
5 DÍAS	16.6	16.6	16.6	16.6	15.5	14.5	
6 DÍAS	16.6	16.6	15.5	15.5	15.5	14.5	14.5
7 DÍAS	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	14.5	14.5
8 DÍAS	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5

**Figura 10.2.** Programas de maduración controlada de plátano para alcanzar el estado 4.

Como puede apreciarse, las temperaturas oscilan entre 14.5 y 18 °C; si éstas son menores al límite inferior, se inducirá daño por frío y si son superiores a los 18 °C se acorta la vida útil del producto e incluso puede inducirse una sobremaduración (llamado a nivel comercial “cocinado” de la pulpa). La humedad relativa es otro factor muy importante que debe controlarse rigurosamente y mantenerse entre 90-95%, ya que si es menor a este intervalo, la piel de la fruta se torna opaca y manchada, perdiendo totalmente su apariencia comercial. Asimismo, las concentraciones de bióxido de carbono deben mantenerse a menos del 1% para evitar interferencias con el efecto del etileno, de ahí la importancia de la ventilación oportuna. El uso de un eficiente sistema de circulación de aire en el interior de las cámaras de maduración asegura el mantenimiento de las condiciones uniformes dentro de éstas durante el proceso.

El **desverdizado**, como término, significa eliminar el color verde. Es una operación especial que se aplica mayoritariamente a cítricos y consiste fundamentalmente en inducir la degradación de la clorofila aplicando etileno para inducir la síntesis de carotenoides o simplemente el desenmascaramiento de estos pigmentos, dejando de manifiesto la coloración amarilla o anaranjada típica del cultivar tratado.

Diversos estudios han demostrado que el color desarrollado por el flavedo de los cítricos depende fuertemente de las condiciones de temperatura y humedad que prevalecen durante su crecimiento y desarrollo; así por ejemplo, los frutos que crecen en ambientes cálidos y húmedos, tienden a ser de color más verde aun cuando hayan alcanzado la madurez y calidad óptima para su consumo, mientras que los cítricos que se cultivan en regiones más frescas o en ambientes en donde hay cambios de temperatura diurna/nocturna notables, el color que se desarrolla es el típico de la variedad (amarillo, amarillo-naranja, naranja). Actualmente se sabe que se requieren temperaturas nocturnas menores de 12.5 °C para que se induzca el desarrollo del color amarillo-naranja.

El desverdizado se aplica entonces en cítricos que externamente exhiben un color verde aunque internamente posean la madurez comestible y para ello pueden tratarse con etileno después de la cosecha para provocar la degradación de la clorofila desenmascarando a los carotenoides, pigmentos responsables de los colores amarillos y naranjas, sin alterar el contenido de azúcares y acidez de los frutos. Todos los cítricos pueden tratarse con concentraciones de 1-10 ppm de etileno.

Las condiciones recomendadas para el desverdizado de cítricos son las siguientes:

**Cuadro 10.2.** Condiciones recomendadas para el desverdizado de naranja con etileno.

Temperatura de la fruta (pulpa).	20 a 21°C.
Humedad relativa.	88 a 90%.
Concentración de etileno.	5 ppm.
Tiempo de exposición al etileno.	2-5 días.
Circulación de aire.	Para mantener homogéneas las condiciones en toda la cámara.
Ventilación o cambio de aire.	1-2 cambios/h para evitar la acumulación de CO <sub>2</sub> .

Es recomendable que el desverdizado se lleve a cabo antes de las operaciones de acondicionamiento y envasado de los cítricos ya que por un lado, se favorece la homogeneidad del tratamiento de la fruta y, por otro, se evita cualquier influencia sobre el proceso de desverdizado debido a la aplicación de recubrimientos (encerado poscosecha) en los frutos.

En este proceso también es crítico el control estricto de la temperatura, mantener alta la humedad relativa y una ventilación más frecuente ya que los niveles de CO<sub>2</sub> deberán mantenerse por debajo del 0.2%.

## Objetivos

- El alumno será capaz de madurar plátanos mediante la aplicación de etileno y controlando los factores requeridos para obtener la calidad deseada para su comercialización.
- El alumno será capaz de llevar a cabo el desverdizado de naranjas aplicando etileno, controlando el tiempo de exposición, humedad, temperatura y aire dentro de una cámara.

**Nota:** Para propósitos prácticos, se recomienda realizar en una sesión de laboratorio el desarrollo experimental para la maduración controlada y en otra la del desverdizado. Si se cuenta con dos cámaras, se puede dividir el grupo de alumnos en 2 para trabajar los dos procesos.

## Maduración controlada de plátano

### Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

#### Materia prima

2 Manos de plátano (8-10 plátanos en promedio) en color verde #1 (Según carta de color).

#### Utensilios

1 Tabla de madera.  
1 Cuchillo no dentado con filo.  
Toallas de papel.

#### Equipo de laboratorio

1 Penetrómetro para frutas.  
1 Termómetro para pulpa de frutas.  
1 Higrómetro de bulbo seco y bulbo húmedo.  
1 Termómetro.  
2 Bolsas de papel con 50g de carburo de calcio cada una.

#### Infraestructura

1 Cámara o cuarto grande con temperatura controlada 14.5-18 °C.  
1 Cámara de maduración experimental (Ver esquema de la figura 10.3).

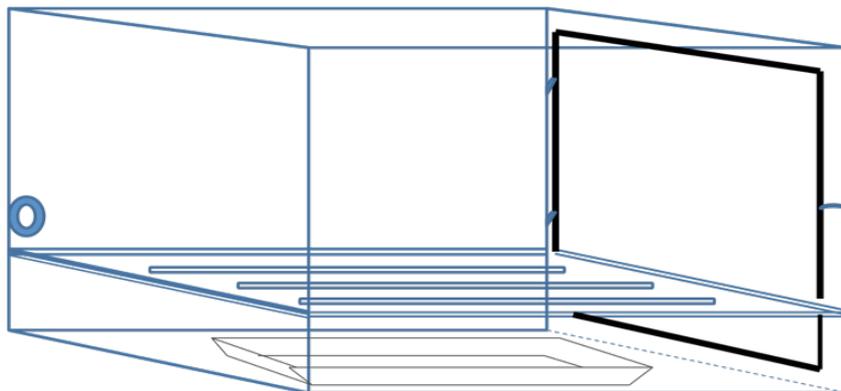


Figura 10.3. Cámara experimental dimensiones 1.00 m X 0.60 m X 0.50m = 0.300 m<sup>3</sup>.

### Desarrollo experimental

Para propósitos de la práctica, y considerando que los volúmenes no son de nivel comercial, la maduración de plátano se realizará utilizando carburo de calcio ( $\text{CaC}_2$ ) dentro de la cámara experimental cerrada herméticamente para evitar la salida de acetileno cuando éste empieza a ser liberado.

Verifique las medidas de seguridad para el manejo del carburo de calcio en el Anexo 1.

1. Preparación de la cámara experimental para la maduración controlada
  - Coloque una charola con agua en la base de la cámara.
  - Coloque un ventilador pequeño al lado de la charola, los cables páselos por el orificio de la cámara de tal manera que se pueda conectar externamente en un contacto, selle con cinta de aislar los espacios que hayan quedado libres del orificio.

- Instale un higrómetro con termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo (psicrómetro) dentro de la cámara experimental.
  - Coloque la cámara experimental dentro de un cuarto o cámara de temperatura controlada a 18 °C (Para aplicar un Programa de 4 días de maduración).
2. Revise los plátanos de cada "mano" y elimine los que están golpeados, presenten algún tipo de deterioro, o que no tengan el color #1 de la carta de color.
  3. Cada equipo de alumnos registrará el peso inicial de las 2 manos de plátano y colocará una de ellas en el interior de la cámara experimental y la otra mano (control) en una caja o reja de plástico.
  4. En la cámara experimental se colocarán las 2 bolsas de carburo de calcio.
  5. Cierre bien la puerta de la cámara experimental y verifique que esté bien sellado el orificio por donde salen los cables del ventilador.
  6. Deje almacenada la cámara experimental a 18 °C para que actúe el carburo de calcio durante 24 horas. La otra caja se almacenará en condiciones ambientales.
  7. Mantenga la temperatura de la cámara en 18 °C por 24 h más y ventílela una sola vez abriendo la compuerta durante 0.5-1 hora y vuelva a cerrarla.
  8. Al iniciar el periodo a alcanzar de las 72 h, reduzca la temperatura a 16.6 °C y ventile otra vez como la vez anterior.
  9. A iniciar el periodo a alcanzar de 96 h reduzca la temperatura a 15.6 °C y ventile otra vez como la vez anterior.
  10. Al cumplirse las 96 h, transfiera los frutos al laboratorio y divida la mano en dos grupos: determine inmediatamente los parámetros de calidad en el primer grupo y el segundo déjelo a temperatura ambiente (20-25 °C) por 2-3 días y determine nuevamente los parámetros de calidad. Compare los resultados con la mano control.

### Evaluación de parámetros de calidad

**Pérdida de peso.** Con el peso inicial y el final calcule el porcentaje de peso perdido en el almacenamiento por cada unidad experimental (mano de plátanos de cada equipo).

**Color.** Use la carta de color.

**Calidad visual.** Califique el aspecto de cada mano de plátanos de acuerdo con la siguiente escala categórica: 1=pésimo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno y 5=excelente.

### Desverdizado de naranja

#### Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

##### Materia prima

20-30 naranjas de tamaño mediano y de la misma variedad con madurez comestible (determinar los valores iniciales de °Brix y acidez titulable en una muestra de 3 naranjas) pero con flavedo de color verde adquiridos en el mismo lugar de venta.

##### Reactivos

Solución de NaOH 0.1N	250 mL.
Fenolftaleína al 1% en etanol al 50%	10 mL.

##### Material de vidrio

3 Vasos de precipitados de 250 mL.  
3 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.  
1 Embudo de cuello corto.

- 1 Matraz volumétrico de 100 mL.
- 1 Matraz volumétrico de 50 mL.
- 3 Pipetas volumétricas de 10 mL.
- 1 Bureta de 50 mL.
- 1 Soporte universal.
- 1 Pinzas para bureta.
- 2 Propipetas de 3 vías.

### Utensilios

- 1 Tabla de madera.
- 1 Cuchillo no dentado con filo.
- Toallas de papel.
- Tela de organza 0.25 m.

### Equipo de laboratorio

- 1 Extractor de jugo para cítricos.
- 1 Higrómetro de bulbo seco y bulbo húmedo.
- 1 Refractómetro 0-32 °Brix.
- 1 Balanza granataria con precisión de 0.1 g.

### Infraestructura

- 1 Cámara o cuarto grande con temperatura controlada a 28 °C.
- 1 Cámara de maduración experimental (esquema de la Figura 10.3).

### Desarrollo experimental

1. Preparación de la cámara experimental.
2. Siga las mismas recomendaciones que las indicadas para la maduración controlada y únicamente coloque la cámara experimental dentro de un cuarto o cámara de temperatura controlada a 25-28 °C.
3. Revise y seleccione las naranjas eliminando las que estén golpeadas, o presenten algún tipo de deterioro, de tal manera que cada equipo cuente con 20 naranjas divididas en 2 lotes de 10 frutos cada uno. Verificar que el color verde sea homogéneo. Determine en una muestra de tres naranjas los °Brix y % de acidez titulable iniciales.
4. Lavar los frutos con agua clorada (200 ppm) y secarlos.
5. Cada equipo de alumnos registrará previamente el peso de las naranjas y colocará un lote de naranjas (10 unidades) en el interior de la cámara experimental y el otro lote, dentro de una caja o reja de plástico.
6. En la cámara experimental se colocarán las 2 bolsas de carburo de calcio y se cerrará la puerta verificando que quede hermética.
7. Deje almacenada la cámara experimental a 25-28 °C para que actúe el carburo de calcio.
8. Mantenga la temperatura de la cámara durante 2-3 días y ventíle durante una hora cada día.
9. Al término del almacenamiento, determine los parámetros de calidad indicados para este caso en las naranjas desverdizadas y el lote control.

## Evaluación de parámetros de calidad en naranja desverdizada

**Pérdida de peso.** Con el peso inicial y el final calcule el porcentaje de peso perdido en el almacenamiento por cada unidad experimental (lote de 10 naranjas de cada equipo).

**°Brix**

**% Acidez titulable.**

**Color.** Use una carta de color.

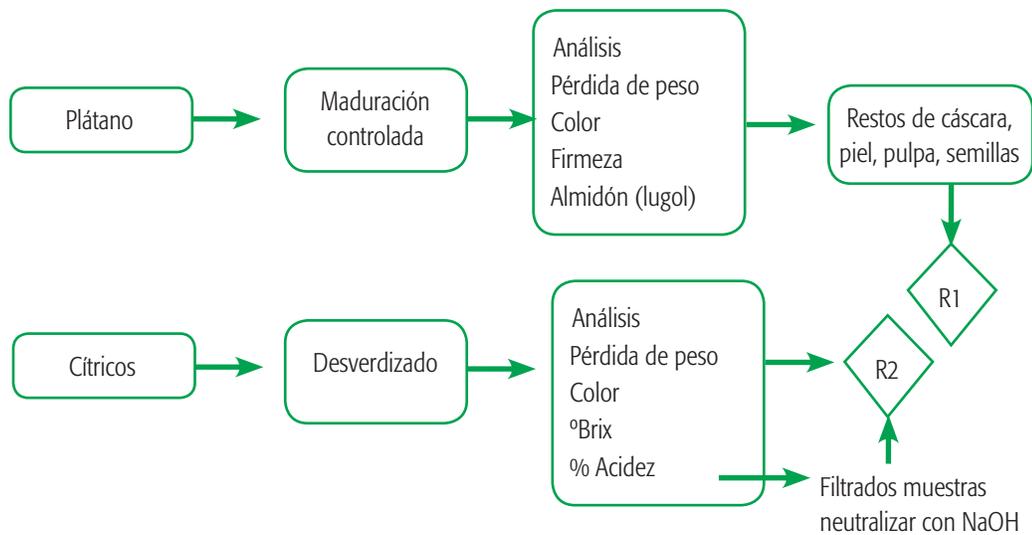
**Manchas en la piel.**

**Oleocelosis.**

**Incidencia de pudriciones.**

**Calidad visual.** Califique el aspecto de cada lote de naranjas de acuerdo con la siguiente escala categórica: 1=pésimo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno y 5=excelente.

## Manejo de residuos



R1 = enviar a composteo, R2 = desechar en desagüe con agua.

## Cuestionario

1. ¿La maduración controlada, puede considerarse una “maduración artificial”? Explique.
2. Explique por qué es posible inducir la maduración y el desverdizado utilizando el carburo de calcio en lugar del etileno.
3. ¿A qué se debe que en los cítricos producidos en regiones cálidas y húmedas, no se degrade la clorofila?
4. Indique brevemente qué fue lo más relevante de esta práctica para usted.

## Bibliografía

-  Demerutis P.C.1994. Manual de laboratorio. Manejo Poscosecha de Productos. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda EARTH.
-  Kader, A. A., Mitcham, B., Hess-Pierce, B. 2000. Optimum procedures for ripening banana. En: Management of Fruit ripening. Postharvest Technology Research and Information Center. UCD.

## Práctica 11

### Curado de papa y naranja

#### Introducción

Las raíces como el camote, yuca y jícama, y los tubérculos como la papa y ñame retienen, después de la cosecha, su capacidad para sanar heridas mediante la generación y suberización de nuevo tejido epidérmico (peridermo de herida) en las zonas dañadas por la cosecha y manejo poscosecha. El curado es una operación de acondicionamiento que provee condiciones de temperatura y humedad relativa propicias para el desarrollo de este nuevo tejido en las zonas afectadas y por lo tanto, promueve la cicatrización y sellado de las heridas que de otra manera serían vía de entrada para microorganismos fitopatógenos y áreas expuestas a una deshidratación excesiva. En el caso de las hortalizas de bulbo como la cebolla y ajo, el curado provee condiciones propicias para la deshidratación de los cuellos y hojas exteriores que al secarse limitan la germinación y la proliferación de microorganismos. El curado también se practica en las frutas cítricas aunque de manera indirecta: durante la operación de desverdizado se mantienen condiciones de temperatura y humedad relativa que propician la generación y lignificación de nuevo tejido en las zonas con daño físico, quedando limitada así la penetración de microorganismos como *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* causantes de las pudriciones por moho verde y azul, respectivamente, de gran importancia en la comercialización de estas frutas. El curado es por lo tanto, una operación de acondicionamiento encaminada a reducir las pérdidas poscosecha debidas a pudriciones, pérdida de peso por deshidratación y germinación.

Desde el punto de vista histológico, en raíces y tubérculos la reparación de tejidos dañados conlleva dos etapas: la suberización del nuevo tejido generado (producción y deposición de suberina en las paredes celulares) y la formación de un cambium con tejido corchoso que sella los cortes y heridas; y en el caso de cítricos, la generación de nuevo tejido y la lignificación del mismo. El proceso en su conjunto depende de factores como el tipo de órgano vegetal, su edad (entre más viejo, menos eficiente la reparación de tejidos), la temperatura (entre más alta, el tejido de cicatrización se desarrolla más rápido), la humedad relativa, el tipo de herida (en tubérculos de papa las abrasiones producen un peridermo profundo e irregular, las cortadas uno delgado, y las compresiones e impactos pueden inhibir completamente su formación), la concentración de oxígeno y bióxido de carbono y el uso de inhibidores de brotación.

Para cada producto por lo tanto, se han establecido condiciones específicas de temperatura y humedad relativa para el curado. En general, para papa, camote y cítricos se aplican temperaturas entre 15 y 32 °C con humedades relativas altas (85-95%), mientras que para cebollas y ajos de 30 a 45 °C y humedades relativas bajas (60-75%).

Asimismo, el tiempo para un curado apropiado varía pues depende de los factores mencionados, así como de la condición del cultivo al momento de la cosecha y de la estación del mismo. En general, los periodos para completar el proceso varían de 5 a 20 días.

Dado que la pérdida de agua en los productos con daños físicos puede ser de gran magnitud, se recomienda efectuar el curado inmediatamente después de la cosecha. El proceso puede llevarse a cabo en el campo o en instalaciones especiales. Las raíces y tubérculos pueden curarse al aire libre si se amontonan o apilan en un área parcialmente sombreada, se aíslan con pasto o paja y cubren con una lona, bolsa de yute o estera (petate) para retener el calor y la humedad generada por los propios productos; en estas condiciones el proceso tarda aproximadamente cuatro días. Tratándose de cebollas y ajos, si la estación es seca, se les puede curar también en el campo de cultivo, dejándolos directamente sobre las camas entre los surcos, cubriéndolos con el follaje de las propias plantas para prevenir quemaduras de sol, o bien después de empacarlos en sacos; el proceso completo puede tardar de 2 a 7 días, e incluso diez días dependiendo de las condiciones meteorológicas.

En los lugares donde la radiación solar y/o la humedad relativa son extremas o el movimiento natural del aire es poco se requieren instalaciones especiales para efectuar el curado. En estos casos, los sacos de producto se pueden apilar sobre tarimas (palets) y colocar en un cobertizo abierto con uno o más ventiladores de techo que favorezcan la circulación del aire, o bien, en cuartos especiales de curado con calefactores y humidificadores para mantener la temperatura y humedad relativa apropiadas y ventiladores para uniformizar las condiciones, e incluso en cuartos con aire forzado caliente.

## Objetivos

- El alumno será capaz de determinar el efecto que la temperatura y humedad relativa tienen en el proceso de curado.
- El alumno será capaz de localizar y diferenciar los tejidos suberizado y lignificado que se forman en la papa y naranja, respectivamente mediante la aplicación de pruebas histoquímicas.
- El alumno será capaz de evaluar la calidad y vida poscosecha de los productos sometidos a las diferentes condiciones de curado.

## Materiales y reactivos (para 7 equipos)

### Materia prima

40 Tubérculos de papa de tamaño mediano y de la misma variedad adquiridos en el mismo lugar de venta, por equipo.  
40 Naranjas de tamaño mediano y de la misma variedad adquiridos en el mismo lugar de venta, por equipo.

### Reactivos

Floroglucina	0.1 g
Ácido clorhídrico concentrado	5.0 mL
Alcohol etílico al 95%	10 mL
Alcohol etílico al 70%	100 mL
Alcohol etílico al 50%	100 mL
Sudán IV o Sudán Negro	0.07 g
Glicerina	25.0 mL
Ácido fénico	1.0 g

### Materiales

3 Palanganas o bandejas.  
3 Jergas de 1-1.5 m de largo o manta de cielo.  
24 Charolas premoldeadas (de poliestireno expandido o unicel) o envases transparentes tipo clamshell.

### Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos:

2 Pares de guantes de látex.  
1 Lija para uñas.  
1 Rollo de papel toallero.  
1 Rollo de papel higiénico.  
1 Tela limpiadora desechable.  
1 Marcador indeleble.  
1 Masking tape.  
1 Navaja con filo.  
5 g de grenetina.

### Equipo de laboratorio para todo el grupo

6 Higrómetros.  
6 Termómetros.  
1 Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g.  
1 Parrilla de calentamiento.  
1 Vaso de precipitados de 25 mL.  
1 Vaso de precipitados de 100 mL.  
1 Probeta graduada de 25 mL.  
1 Pipeta graduada de 10 mL.  
1 Propipeta de 3 vías.  
1 Agitador magnético.

- 1 Varilla de vidrio.
- 1 Piseta con agua destilada.
- 1 Frasco de 100 mL color ámbar.
- 2 Frascos de 100 mL de vidrio claro o color ámbar.
- 1 Frasco gotero color ámbar.
- 1 Frasco gotero de vidrio claro o color ámbar.
- 1 Tela de organza o manta de cielo.
- 1 Caja de portaobjetos.
- 1 Caja de cubreobjetos.

### Por equipo de estudiantes

- 1 Microscopio óptico.
- 1 Estuche de disección.
- 1 Caja Petri pequeña.
- 1 Mechero Bunsen o Fisher.
- 1 Piseta con agua destilada.

### Infraestructura

- 1 Cámara de refrigeración (15 °C).
- 1 Cámara de maduración (26-30 °C).
- 1 Cámara o espacio a temperatura ambiente (21 °C).
- 3 Anaqueles metálicos.

### Improvización de espacios como cámaras de almacenamiento

#### Cámara a 15 °C con humedad relativa alta

- Dentro del frigorífico que se encuentra a 15 °C coloque un anaquel metálico y fórralo con material plástico para evitar el escape de vapor de agua.
- En la base o entrepaño inferior del anaquel coloque una palangana llena con agua y acomode una jerga de manera que uno de sus extremos quede sumergido en el agua para que por capilaridad permanezca siempre húmeda.
- Instale un higrómetro y un termómetro dentro del cuarto improvisado.

#### Cámaras a 21 °C y a 26-30 °C con humedad relativa alta

Dentro de la cámara o espacio que se encuentra a 21 °C y dentro de la cámara de maduración que está a 26-30 °C, improvise en cada cámara de almacenamiento con humedad relativa alta como se indicó anteriormente.

### Desarrollo experimental

#### Materia prima

Tubérculos de papa

1. Revise cada tubérculo y elimine los que están enfermos, golpeados, presentan heridas o algún otro tipo de deterioro o defecto.
2. Lave los tubérculos seleccionados con agua clorada a 200 ppm (38 mL de cloro comercial en 10 litros de agua), escúrralos, déjelos secar y a partir de este momento manéjelos con guantes.
3. Haga 2 cortes pequeños y superficiales a cada tubérculo con ayuda de un bísturi y 2 abrasiones ligeras con ayuda de una lija.
4. Forme 12 grupos de 3 tubérculos cada uno y colóquelos en charolas premoldeada o en envases de plástico transparente tipo clamshell.

5. Identifique tres charolas o envases con el número I, otras tres con II, tres más con III y las tres restantes con IV.
6. Pese cada envase en una balanza granataria digital y registre el peso.
7. Coloque los envases marcados con el número I en la cámara improvisada a 15 °C y humedad relativa alta, los marcados con II directamente en el frigorífico a 15 °C sin control de humedad relativa, los marcados con III en la cámara improvisada a 21 °C y humedad relativa alta y los marcados con IV en el cuarto a esta misma temperatura pero sin control de humedad relativa.
8. Almacénelos en estas condiciones por una semana, entonces transféralos al laboratorio y evalúe los parámetros que se indican más adelante.

**Naranjas:** Siga los pasos 1, 2, 4, 5, 6 y 8 anteriormente descritos. Note que los pasos 3 y 7 son diferentes.

1. Paso 3. Haga 3 cortes pequeños y superficiales a cada naranja con ayuda de un bisturí.
2. Paso 7. Coloque los envases marcados con el número I en la cámara improvisada a 26-30 °C y humedad relativa alta, los marcados con II directamente en la cámara de maduración sin control de humedad relativa, los marcados con III en la cámara improvisada a 21 °C y humedad relativa alta y los marcados con IV en el cuarto a esta misma temperatura pero sin control de humedad relativa.

### Preparación de reactivos para las pruebas histoquímicas

Floroglucinol. Disuelva 0.1 g de floroglucina en 10 mL de alcohol etílico al 95%, agite por 1-2 min, filtre y almacene en un frasco gotero de color ámbar. Mantenga en refrigeración hasta su uso.

Ácido clorhídrico al 25% (v/v). Utilice campana de extracción de gases. En un vaso de precipitados de 50 mL coloque 15 mL de agua destilada y adicione lentamente 5.0 mL de ácido clorhídrico concentrado, mezcle bien con ayuda de una varilla de vidrio y coloque en un frasco gotero.

Sudán IV o sudán negro. Disuelva 0.07 g de Sudán IV en 100 mL de alcohol etílico al 70%, guarde en frasco ámbar. Esta solución debe prepararse el día de la práctica.

Gelatina-glicerada. Disuelva 3.5 g de grenetina en agua caliente, cuando esté tibia agregue 25 mL de glicerina, 1 g de ácido fénico y 21 mL de agua destilada. Filtre a través de un lienzo fino como tela de organza o manta de cielo. Esta solución debe conservarse en refrigeración y antes de usarse puede fundirse en baño María evitando la formación de burbujas.

### Preparación de los portaobjetos para la prueba de suberinas

Lave y seque perfectamente los portaobjetos. En un vaso de precipitados de 100 ml coloque la gelatina-glicerada caliente y sumerja los portaobjetos en forma vertical, cubriéndolos en un 80% de su superficie, déjelos secar inclinados sobre una gradilla y sobre ellos monte los cortes de tejido.

### Evaluación de parámetros de calidad

**Pérdida de peso (PP).** Con el peso inicial y el final calcule el porcentaje de peso perdido en el almacenamiento por cada envase o unidad experimental de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

$P_i$  = Peso inicial en g.

$P_f$  = Peso final en g.

**Calidad visual.** Califique el aspecto de los tubérculos y naranjas en cada unidad experimental de acuerdo con la siguiente escala categórica: 1=pésimo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno y 5=excelente.

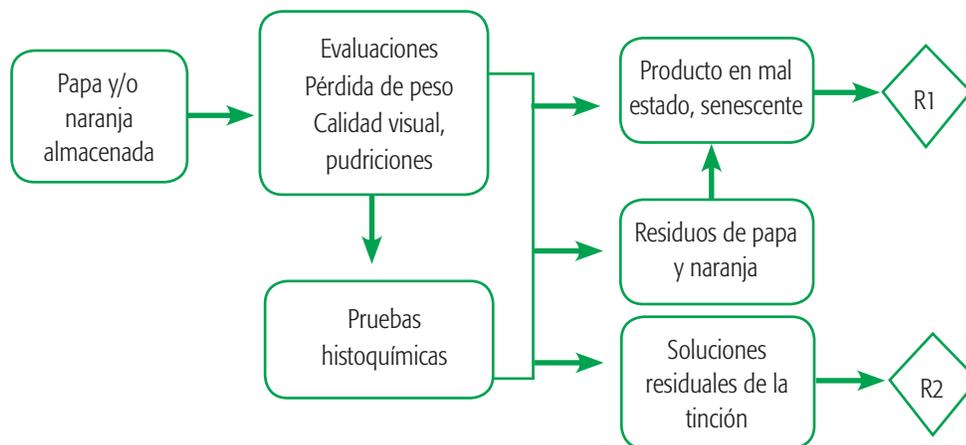
**Incidencia de pudriciones.** Califique las zonas afectadas con pudriciones de los tubérculos y naranjas en cada unidad experimental de acuerdo con la siguiente escala categórica: 1=100% de la superficie del tubérculo o de la naranja se encuentra libre de infecciones, 2=1-10% de la superficie presenta síntomas de infección, 3=11-25 % de la superficie presenta síntomas de infección, 4= 21-50% de la superficie presenta síntomas de infección y 5= se observan síntomas de infección en más del 50% de la superficie.

## Pruebas histoquímicas

**Prueba para lignina.** Localice las zonas donde efectuó los cortes a las naranjas, y a partir de ellas y con la ayuda de un bisturí o navaja, obtenga cortes delgados y transversales (de la superficie de la naranja hacia el centro). Coloque el corte en un portaobjetos, aplique unas gotas de floroglucinol al 1% agregue y difunda por inclinación unas gotas de HCl al 25 % y flamee el portaobjetos por la parte inferior, enjuague con agua destilada, coloque un cubreobjetos y observe al microscopio. En presencia de ligninas, la pared celular se teñirá de color rojo.

**Prueba para suberina.** Como en el caso anterior, obtenga cortes delgados y transversales de tejido de las zonas dañadas de la papa, en este caso tanto de los cortes como de las abrasiones, colóquelos separadamente en la base y tapa de una caja de Petri pequeña conteniendo cada una 5 mL de etanol al 50% y déjelos sumergidos en el por 30 segundos. Agregue 5 mL de Sudán IV e incube por 5-10 minutos; al cabo de este tiempo agregue 5 mL de alcohol etílico al 95% y deje reposar por 1 minuto más. Monte el tejido en un portaobjetos cubierto con gelatina glicerada, coloque el cubreobjetos y observe al microscopio. En presencia de suberina, el tejido se tiñe de color rojo.

## Manejo de residuos



R1= Enviar a composteo, R2 = Desechar en drenaje con suficiente agua.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. Defina tejido lignificado, suberizado y peridermis.
2. ¿Qué ventajas ofrece la operación de curado?
3. ¿Cuál es el impacto económico de la operación de curado?
4. ¿En qué productos se aplica comercialmente el curado?
5. ¿Observó el desarrollo de infecciones? Si su respuesta es afirmativa, describa los síntomas.

## Bibliografía

-  Cantwell, Marita I. y Kasmire, Robert F. 2007. Sistemas de manejo poscosecha: Hortalizas subterráneas (raíces, tubérculos y bulbos). Capítulo traducido por Joel Corrales-García. En: Kader A. Adel (ed. técnico) y Clara Pelayo-Zaldívar (coordinadora de la traducción). Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Univ.Calif. Div. Ag. y Rec. Nat. Traducción de la Publicación 3311 de ANR.
-  Kitinoja L. and Kader A. Small -scale postharvest handling practices. A manual for horticultural crops. Postharvest Horticulture Series No. 8. 3d and 4th editions, 1995 and 2002. Department of Pomology. University of California-Davis. 260 pp. Versión en español: Clara Pelayo-Zaldívar y Dagoberto Castillo-Ánimas (editores técnicos). Técnicas de Manejo Poscosecha a Pequeña Escala. Manual para los Productos Hortofrutícolas. 3ª y 4ª ediciones, 1996 y 2004. University of California-Davis.
-  Ruzin E. S. 1999. Plant Microtechniques and Microscopy. Oxford University Press, Inc. pp. 149.
-  Sandoval E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. 1ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. pp. 141-142, 145.

## Práctica 12

### Fumigación con dióxido de azufre para conservar el color rojo de los frutos de litchi

#### Introducción

En su acepción más general, la fumigación es un proceso mediante el cual se aplican diversos productos químicos en forma gaseosa para eliminar insectos, roedores y otras plagas. Tratándose de frutas y hortalizas frescas, es una operación especial de acondicionamiento que se utiliza para controlar enfermedades poscosecha que pueden ser una seria limitante para la comercialización, o bien, para destruir microorganismos e insectos dañinos para diversos cultivos y así evitar su diseminación a regiones productoras que se encuentran libres de ellas; es por lo tanto, una medida preventiva de importancia en el comercio nacional e internacional de algunos productos agrícolas. En el caso particular de litchi, la fumigación poscosecha con dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ , adquirido como gas en cilindros o generado a través de la combustión de azufre) también destruye insectos y enfermedades, pero no se le aplica comercialmente con este propósito sino para preservar el color rojo de los frutos.

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un fruto apreciado comercialmente por su atractivo color, excelente aroma y buen balance ácido-azúcar; es originario del sur de China, pertenece a la familia *Sapindaceae* y se le cultiva en diversos países del mundo. Las principales regiones productoras se encuentran en China, India, Tailandia, Vietnam, Indonesia, Madagascar, Sudáfrica, Australia, Estados Unidos de Norteamérica, Israel y México. En estas regiones se cultivan diversas variedades comerciales, pero dos de las más importantes son Mauritius y Brewster. En México el cultivar más difundido es Brewster y las principales huertas comerciales se localizan en los estados de Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla y Sinaloa.

El color rojo de los litchis se debe a la presencia de antocianinas, pigmentos hidrosolubles que se encuentran en forma de glucósidos y cuya estructura básica es el ión flavilio, el cual consta de dos grupos aromáticos, un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B) (Fig. 12.1) (Badui, 2006).

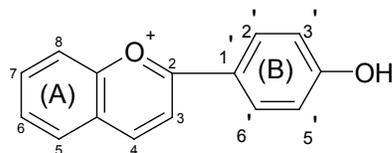
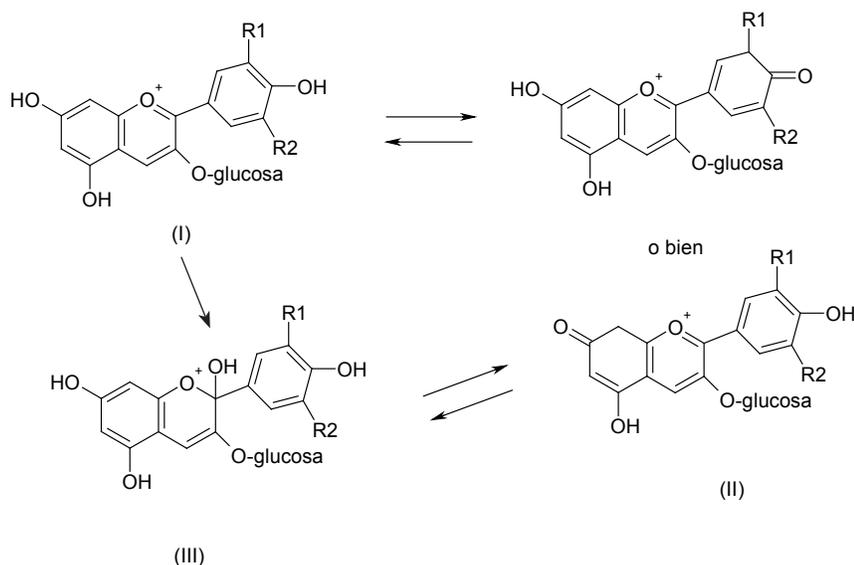


Figura 12.1. Grupo químico básico de las antocianinas.

En la figura 12.2. Las antocianinas identificadas en el litchi son la cianidina-3-rutinósido-3-glucósido y 3-galactósido, malvidina-3-acetil-glucósido, pelargonidina-3-glucósido y pelargonidina-3,5-diglucósido (Nicio, 2012). El color de las antocianinas depende, entre otros factores, de sus grupos sustituyentes (R1, R2) y del pH del medio en que se encuentran, a pH ácidos adquieren una estructura estable de catión flavilio rojo, cuando se incrementa el pH la distribución electrónica se modifica hasta llegar a la formación quinoidea azul y la hidratación del flavilio produce la base carbinol incolora.

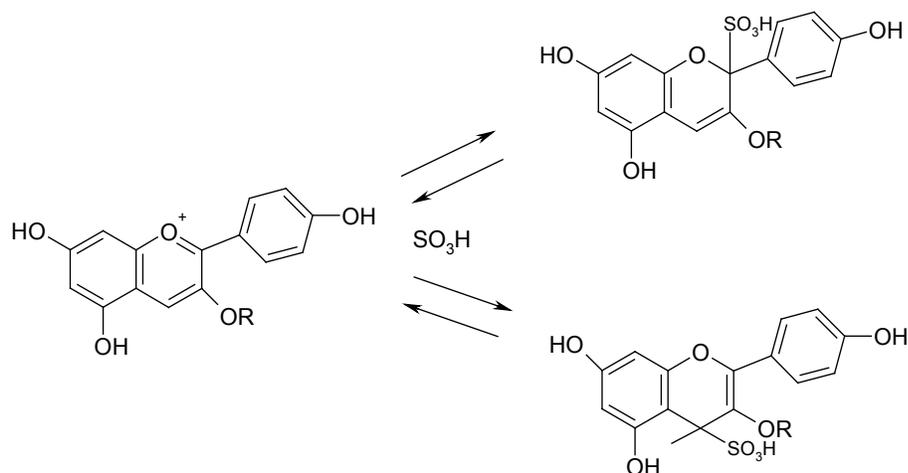


**Figura 12.2.** Transformación estructural de las antocianinas por efecto del pH. A valores de pH bajos (pH=1.0) se encuentran en la forma de catión flavilio (I) de color rojo; a pH mayores de 5 se produce la base anhidra (II) de color azul (pH=7-8) hasta púrpura. Tanto la sal de flavilio como la base anhidra pueden convertirse a la base de carbinol (III) incolora, que predomina en el intervalo de pH de 4 a 5 (Badui, 2006; Orta-López, 2010).

Una seria limitante para la comercialización del litchi es su carácter altamente perecedero. Después de sólo 48 horas de haber sido cosechado, el pericarpio o cáscara del fruto se oscurece y pierde su color rojo, lo cual reduce drásticamente su precio y la posibilidad de ingresar a mercados importantes tanto nacionales como internacionales. Las células del mesocarpio son las primeras que se tornan oscuras, seguidas por las del epicarpio y endocarpio (Holcroft y Mitchan, 1996); estos cambios se deben, de acuerdo con varios autores (Underhill y Critchley, 1994; Underhill y Critchley, 1995; Sivakumar *et al.*, 2007), a la rápida degradación de antocianinas y vitamina C, a la elevación en el pH celular y al aumento en la actividad de las enzimas antocianasa, polifenol oxidasa y peroxidasa. La velocidad con que se degradan las antocianinas y se sintetizan los compuestos oscuros depende de diversas condiciones de almacenamiento, tales como el tiempo y la temperatura, la humedad relativa y la composición de la atmósfera, particularmente los niveles de oxígeno (Kadam y Deshpande, 1995).

Existen diversos tratamientos poscosecha para conservar las características de calidad del litchi, dentro de los más exitosos para controlar la pérdida del color rojo se encuentra la fumigación con dióxido de azufre. La fumigación con  $\text{SO}_2$  fue desarrollada comercialmente en Sudáfrica (Swarts, 1983,1985) y la aplicación de una solución ácida (a base de HCl) después del tratamiento con  $\text{SO}_2$  por Underhill (1989) en Queensland, Australia y por Zauberman *et al.* (1989) del Instituto Volcani de Israel.

El anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) y los sulfitos tienen un efecto decolorante sobre las antocianinas pues se producen formas sulfónicas en las posiciones 2 y 4 que son incoloras (Fig. 12.3). La reacción es reversible por lo que la eliminación de estos agentes con ácidos o mediante calor regenera la coloración. Además, estas formas son muy estables y ofrecen una coloración rosado-rojiza a la cáscara del fruto, por lo que es muy factible su comercialización.



**Figura 12.3.** Reacción del bisulfito con las antocianinas (Badui, 2006; Nicio, 2012). Las formas sulfónicas ejercen un efecto estabilizador en el enlace glucosídico y protegen así a las antocianinas de su hidrólisis.

Por lo tanto, el  $\text{SO}_2$  aplicado adecuadamente conserva el pericarpio de color rojo hasta por 25-30 días en refrigeración (Muy Rangel, 2008), inhibe la producción de compuestos que producen el oscurecimiento de la cáscara y destruye algunas plagas que infestan al litchi al momento de la cosecha. Sin embargo, el uso poscosecha del  $\text{SO}_2$  está limitado a uvas en los Estados Unidos y restringido en Japón y la Unión Europea (Sivakumar, *et al.*, 2007) por los problemas respiratorios que puede ocasionar en personas sensibles, motivo por el cual los residuos del fumigante se limitan a 10 ppm en los Estados Unidos y Francia, y a 20-50 ppm en otros países miembros de la Unión Europea. Debido a lo anterior se han propuesto algunos tratamientos poscosecha alternativos (Lichter, 2000; Orta-López, 2010; Martínez-Castellanos *et al.*, 2011; Rodríguez Verástegui, 2011; Nicio-Hernández, 2012), pero hasta el momento ninguno ha resultado tan eficiente como el  $\text{SO}_2$ , y por lo mismo ninguno ha logrado sustituirlo comercialmente.

## Objetivos

- El alumno será capaz de generar  $\text{SO}_2$  gaseoso en una cámara experimental partiendo de azufre en polvo y de utilizar este agente químico para fumigar frutos de litchi.
- El alumno será capaz de aplicar a los frutos de litchi un tratamiento ácido después de la fumigación con  $\text{SO}_2$  para restituir el color rojo que se perdió con la fumigación.
- El alumno será capaz de explicar el fundamento de los cambios de color observados en los frutos tras la aplicación de los tratamientos anteriores.
- El alumno será capaz de evaluar en condiciones de refrigeración la vida poscosecha de los frutos control y de los sometidos a la fumigación y tratamiento ácido.

## Materiales y reactivos (para 7 equipos)

### Materia prima

12 kg de frutos de litchi. Cultivar Brewster para todo el grupo.

### Reactivos

Azufre en polvo	5 g.
HCl concentrado grado alimentario	35 mL.
Fungicida Prochloraz*	5 g.
Solución de NaOH 0.1 N	250 mL.
Fenolftaleína al 1% en etanol al 50%	10 mL.

\*Se puede adquirir en lugares de venta de flores y plantas.

## Materiales

- 1 Cápsula de porcelana.
- 1 Probeta de plástico de 1 L.
- 1 Pipeta graduada de 5 mL.
- 2 Pipetas Pasteur.
- 1 Propipeta de 3 vías.
- 1 Matraz volumétrico de 500 mL.
- 1 Vaso de precipitados de 1 L.
- 4 Vasos de precipitados de 50 mL.
- 3 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.
- 1 Bureta de 25 mL.
- 1 Piseta con agua destilada.
- 1 Pliego de papel manila o papel para esterilizar material de vidrio.

## Utensilios

### Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos:

- 3 Exprimidores manuales de jugo para limones.
- 1 Par de guantes de látex.
- 1 Rollo de papel toallero.
- 1 Rollo de papel higiénico.
- 1 m de tela de organza blanca.
- 1 Tela limpiadora desechable.
- 1 Marcador indeleble.
- 1 Masking tape.

## Equipo de laboratorio

- 1 Cámara experimental de fumigación.
- 1 Pinza para bureta.
- 1 Soporte universal.
- 1 Refractómetro de mano de 0-32 °Bx (sacarosa).
- 1 Balanza granataria digital.

## Desarrollo experimental

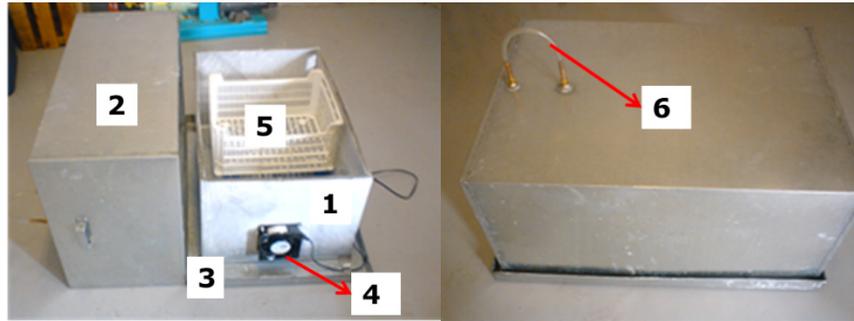
### Materia prima

Divida los frutos en 2 grupos, uno de 4.0 kg y el otro de 8.0 kg. El primero será sometido a fumigación y el segundo se utilizará para la determinación inicial de los parámetros de calidad y además funcionará como control.

### Fumigación con SO<sub>2</sub>

Coloque los 4 kg de frutos seleccionados en una reja de plástico de 10 kg y sométalos a fumigación en un lugar abierto siguiendo los pasos que a continuación se indican.

## Preparación de la cámara para fumigar



**Figura 12.4.** Cámara de fumigación. Volumen interno=103.2 L. 1-Base, 2-Tapa, 3-Charola para contener el agua que servirá de sello, 4-Ventilador, 5-Canastilla para contener los frutos a fumigar, 6-Tubo para el ingreso de  $\text{SO}_2$  en caso de que se aplique en forma gaseosa.

1. Asegúrese de que el ventilador de la cámara funcione adecuadamente, para que durante la fumigación haya un flujo continuo de aire que garantice la uniformidad de condiciones en el interior de la cámara.
2. Verifique que la resistencia eléctrica funcione adecuadamente, es decir, que encienda y se ponga al rojo vivo para que pueda efectuar la combustión del azufre.
3. Pese 3.2 g de azufre en polvo (flor de azufre), para generar aproximadamente 41 ppm en un volumen de cámara de 103.2 litros con una eficiencia de combustión de aproximadamente 80%.
4. A la altura del ventilador y a ras de piso, coloque una cápsula de porcelana y dentro de ella la resistencia eléctrica.
5. Agregue el azufre ya pesado sobre la resistencia procurando colocar la mayor parte del polvo sobre la parte metálica de ésta.
6. Acomode los dos cables, el de la resistencia y el del ventilador, en el gancho que tiene la cámara en la parte exterior de la base.
7. Asegúrese que la cámara se encuentra en una superficie plana sin desniveles para garantizar el cierre hermético de la misma.
8. Coloque la base (1) de la cámara sobre la charola (3), procurando que ambas ajusten bien.
9. Una vez cerrada la cámara, agregue aproximadamente 3 L de agua en la charola (3) para formar un sello de agua. El volumen de agua debe ser suficiente para evitar cualquier salida de gas, pero sin que difunda al interior de la cámara.
10. Si desea verificar la hermeticidad de la cámara, quemé aproximadamente 0.5 g de azufre en su interior, cierre y selle con agua. Si durante la combustión del azufre, logra percibir el olor del  $\text{SO}_2$  o se observa desprendimiento de gas, deberá localizar la fuga y repararla inmediatamente.

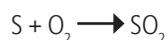
## Fumigación

1. Conecte la resistencia a la corriente eléctrica dejándola encendida por un minuto.
2. Conecte el ventilador y mantenga la resistencia prendida durante 30 segundos más.
3. Transcurrido este tiempo, desconecte la resistencia eléctrica.
4. El ventilador se quedará funcionando de manera continua hasta el final de la fumigación.
5. Se debe tener un continuo monitoreo de la cámara, revisando probables fugas de  $\text{SO}_2$ .
6. A los 5 minutos, se debe conectar nuevamente la resistencia a la corriente eléctrica para asegurar el quemado total del azufre, dejándola por un minuto y desconectándola al minuto 6.
7. Repita el mismo procedimiento de conectar y desconectar la resistencia eléctrica a los 25 y 35 minutos de iniciado el proceso.

8. A los 45 min de fumigación se desconecta el ventilador y se espera de 2 a 3 minutos para que pare completamente.
9. Abra la cámara, evitando que el agua de la charola moje al litchi porque lo puede manchar, del mismo modo, se debe evitar que los residuos de azufre caigan sobre la superficie de los frutos.
10. Terminada la fumigación, se saca la reja de plástico que contiene el litchi y se deja ventilar a temperatura ambiente por 30 min.
11. Retire la cápsula y espere a que se enfríe, pésela y por diferencia entre el peso de la cápsula con azufre antes de la fumigación y el peso de la cápsula después de la fumigación encuentre la cantidad en gramos de azufre quemado.

### Cálculo de las ppm generadas de SO<sub>2</sub>

Partiendo de la reacción balanceada:



$$ppm SO_2 = \frac{g \text{ de azufre quemado} \times 2 \times 1000}{V \text{ cámara}}$$

Donde:

ppm = partes por millón de SO<sub>2</sub> generado durante la fumigación.

2 = factor de conversión de azufre a dióxido de azufre. Cada mol de azufre (32 g) genera una mol de SO<sub>2</sub> (64 g) durante la reacción de combustión.

1000 = factor de conversión de g a mg.

V = volumen de la cámara de fumigación = 103.2 litros.

### Tratamiento de los frutos con la solución ácida y almacenamiento en refrigeración

El litchi puede ser tratado con la solución ácida al cabo de 30 min de ventilación.

1. Divida los frutos fumigados en 7 partes de 30 frutos, una para cada equipo.
2. Sumerja los frutos por 3 min en una solución de HCl al 1% (v/v) conteniendo 0.1% (p/v) del producto comercial Prochloraz. Se recomienda primero preparar los 0.5 L de solución ácida por equipo y después pesar el fungicida y mezclarlo en esta solución, la mezcla resultante será de apariencia turbia.
3. Transcurridos los 3 min, saque los frutos con la mano protegida con un guante de látex y déjelos escurrir sobre papel manila o sobre papel para esterilizar material de vidrio.
4. Divida los 30 frutos así tratados en 3 unidades experimentales de 10 frutos, coloque cada una en envases de plástico transparente tipo clamshell y márquelas con plumón indeleble como Fa, Fb y Fc.
5. Pese cada unidad experimental en balanza granataria, anote el peso y colóquelas en refrigeración a 7 °C por 2 semanas.

### Manejo de los frutos control y de los frutos para el análisis inicial

1. Divida los 8 kg de litchis no fumigados en 7 partes de 60 frutos, una para cada equipo.
2. Divida la parte asignada a cada equipo en 6 unidades experimentales de 10 frutos, coloque cada una en envases de plástico transparente tipo clamshell, márquelas con plumón indeleble como Ca, Cb, Cc, la, lb, lc.
3. Pese las 3 unidades experimentales que servirán de control (las marcadas como Ca, Cb, Cc), registre el peso y colóquelas en refrigeración a 7 °C por 2 semanas.
4. Utilice las 3 unidades experimentales restantes (las marcadas como la, lb, lc) para determinar los parámetros de calidad iniciales.

## Manejo de los frutos almacenados

Transcurridas las dos semanas de almacenamiento refrigerado, saque las 3 unidades experimentales de los frutos fumigados (Fa, Fb y Fc) y las 3 unidades experimentales de los frutos control (Ca, Cb y Cc), péselas, registre el peso y sométalas a análisis de parámetros de calidad.

## Evaluación de parámetros de calidad

**Pérdida de peso.** Con el peso inicial y el final calcule el porcentaje de peso perdido en el almacenamiento por cada unidad experimental de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% PP = \frac{PESO_{inicial} - PESO_{final}}{PESO_{inicial}} \times 100$$

**Calidad visual en función del aspecto del pericarpio (cáscara).** Establezca una escala categórica de 5 grados, en la cual 1=pésimo aspecto, 2=mal aspecto, 3=regular aspecto, 4=buen aspecto y 5=excelente aspecto.

**Color del pericarpio (cáscara).** Establezca una escala categórica de 5 grados, en la cual 1=100% de la superficie ha perdido el color original, 2=más del 50% de la superficie ha perdido el color original, 3=entre el 25 y el 50% de la superficie ha perdido el color original, 4=entre el 5 y el 24% de la superficie ha perdido el color original y 5=el 100% de la superficie conserva el color original.

Elimine la cáscara de 10 litchis por unidad experimental, separe la pulpa, envuélvala en un trozo de tela de organza blanca y extraiga el jugo con ayuda del exprimidor manual de jugo para limones.

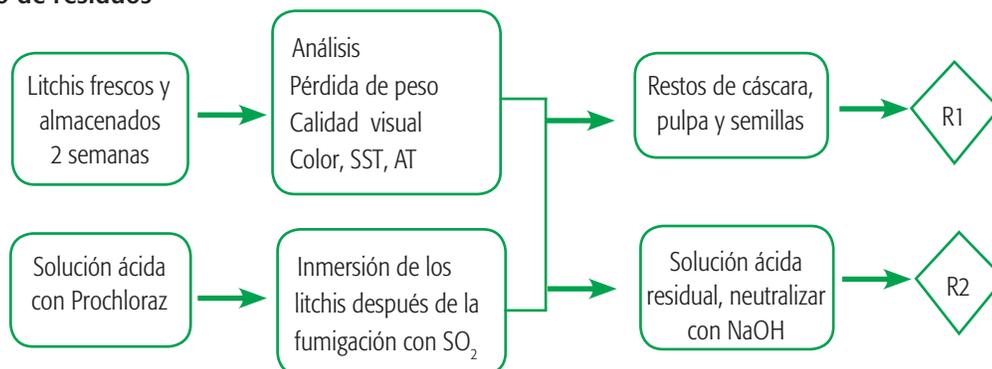
**Sólidos Solubles Totales (SST).** Con ayuda de una pipeta Pasteur, coloque 1 o 2 gotas del jugo extraído de cada unidad experimental en el refractómetro de mano - previa calibración del instrumento con agua- y lea el porcentaje de SST presente.

**Acidez Titulable (AT).** Coloque 5 g de jugo en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, añada 20 mL de agua destilada y 2 o 3 gotas de fenolftaleína. Titule con NaOH 0.1 N hasta que el color rosa de la fenolftaleína persista por más de 30 seg. Calcule el porcentaje de acidez titulable y exprese el resultado en términos del ácido dominante en el jugo del litchi (ácido málico) usando la siguiente ecuación:

$$\% Acidez = \frac{V_{NaOH} (mL) \times N_{NaOH} (meq/mL) (g/meq. \text{ác málico})}{Peso jugo (g)} \times 100$$

**Cociente SST/AT.** Con los resultados anteriores calcule el cociente SST/AT para cada unidad experimental.

## Manejo de residuos



**R1**= Enviar a composteo. **R2**= Desechar en la tarja. Las cenizas residuales de la combustión del azufre pueden desecharse directamente en el cesto de basura.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. Según el porcentaje de combustión que tuvo el azufre, ¿Cuántas ppm de SO<sub>2</sub> se generaron en la cámara experimental de fumigación?
2. ¿Qué problemas se presentaron durante la fumigación de los litchis con SO<sub>2</sub>?
3. Explique por qué los frutos de litchi se tornan de color crema al salir de la fumigación.
4. Explique por qué los frutos de litchi pasaron del color crema al rojo después del tratamiento con la solución ácida.
5. ¿Qué pasaría con el color crema de los litchis fumigados si se les almacenara en refrigeración sin someterlos al tratamiento con la solución ácida?

## Bibliografía

-  Badui Dergal Salvador. 2006. Química de los alimentos. 4ª edición, Ed. Pearson, Addison Wesley, México.
-  Holcroft, D.M. y Mitcham, E.J. 1996. Postharvest physiology of litchi: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 9:265-281.
-  Kadam, S. y Deshpande, S. S. 1995. Lychee. In: Salunkhe D. K., Kadam S. S. (Eds.) *Handbook of fruit science and technology, production, composition, storage and processing*, Dekker, New York, pp. 435-443.
-  Lichter Amnon, Orit Dvir, Ilana Rot, Miryam Akerman, Rafi Regev, Aharon Wiesblum, Elazar Fallik, Giora Zauberman, Yoram Fuchs. 2000. Hot water brushing: an alternative method to SO<sub>2</sub> fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biology and Technology*, 18, 235-244.
-  Martínez-Castellanos G., Pelayo-Zaldívar, C., Pérez-Flores, L.J., López- Luna, A., Gimeno, M., Bárzana, E., Shirai, K. 2011. Post-harvest litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) quality and preservation by *Lactobacillus plantarum*. *Postharvest Biology and Technology*, 59, 172-178.
-  Muy Rangel Ma. Dolores. Manejo integral poscosecha para incrementar vida de anaquel en litchi: producto fresco y procesado. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán. Carr. El Dorado, km 5.5 Campo El Diez, Culiacán, Sinaloa.
-  Nicio-Hernández, Ariana Andrea. 2012. Síntesis y caracterización de películas de quitosano-cítrico-HPMC. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
-  Orta López R. Iván. 2010. Aplicación de dióxido de azufre para la conservación del color rojo del litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) CV. Brewster. Escalamiento comercial. Tesina Especialización en Biotecnología. CBS, UAMI.
-  Rodríguez Verástegui Lizette Lilitiana. 2011. Uso de trealosa y *Lactobacillus plantarum* para la conservación poscosecha de litchi 'Brewster' (*Litchi sinensis* Sonn.). Tesis Maestría en Biotecnología. CBS, UAMI.
-  Sivakumar D., Korsten L., Zeeman K. 2007. Postharvest management on quality retention of litchi during storage. *Fresh Produce, Global Sciences Books*, 1, 66-75.
-  Swarts, D.H. 1983. Post-harvest handling of litchis. *Tech. Bull. L1.1. Citrus Subtrop. Fruit Res. Inst., Nelspruit, South Africa*.
-  Swarts, D.H. 1985. Sulfur content of fumigated South Africa litchi fruit. *Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, Information Bulletin*, 157, 22-24.
-  Underhill S.J.R. 1989. Technology for the manipulation of lychee skin colour. *Proceedings of the Second National Lychee Seminar, Cairns*, 87-88.
-  Underhill, S. y C. Critchley. 1994. Anthocyanin decolorisation and its role in lychee pericarp browning. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34: 115-122.
-  Underhill, S. y Critchley, C. 1995. Cellular localisation of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 627-632.
-  Zauberman G., Ronen R., Akerman M. and Fuchs Y. 1989. Low pH treatment protects litchi fruit colour. *Acta. Hort.* 269, 309-314.

## Práctica 13

### Fumigación de uva de mesa con dióxido de azufre para el control de *Botrytis cinerea*

#### Introducción

La uva de mesa es una fruta no climatérica que se caracteriza por una actividad fisiológica baja, sin embargo su vida poscosecha se acorta debido a que el fruto tiene una transpiración muy activa que puede provocar deshidratación y oscurecimiento del escobajo (conjunto de tallos que sostienen a las bayas), desgranado (desprendimiento de las uvas) del racimo y marchitamiento de las bayas. Asimismo, la “flor de pruina” (cera natural) sobre la superficie de los frutos es un factor importante de calidad, la manipulación inadecuada de los racimos destruye su estructura y la remueve parcialmente, desapareciendo la apariencia opaco-cerosa que el consumidor espera. Además, las pudriciones como las ocasionadas por *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata* y *Cladosporium herbarum* pueden provocar grandes pérdidas económicas, especialmente la primera que requiere de atención continua durante el almacenamiento y la comercialización del producto cosechado.

En efecto, la “pudrición gris” o por “moho gris” causada por el hongo *B. cinerea* es la enfermedad más agresiva en poscosecha de la uva de mesa, debido a su capacidad para desarrollarse a temperaturas tan bajas como  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y diseminarse de baya a baya por crecimiento micelial. Los principales síntomas de esta enfermedad son al principio la “piel resbalosa” de los frutos y más tarde la formación de “nidios” en las bayas podridas que quedan envueltas en un micelio blanco.

La práctica comercial para el control de esta enfermedad es la fumigación con dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) inmediatamente después del envasado de las uvas o durante las primeras 12 horas después de la cosecha, combinada con aplicaciones semanales a dosis menores del mismo fumigante durante el almacenamiento. La fumigación inicial se puede hacer durante el enfriamiento por aire forzado y los tratamientos periódicos subsiguientes durante el almacenamiento en frío. Las uvas que se comercializan muy rápido no requieren de la fumigación con  $\text{SO}_2$ , excepto si se presentan largos períodos de lluvia antes de la cosecha, o si por alguna labor cultural se estima que el porcentaje de bayas desprendidas del racimo va a aumentar, o bien, si el personal de campo carece de buen entrenamiento para el manejo de los frutos dado que las heridas son vías de acceso comunes para el patógeno.

El dióxido de azufre se aplica en forma de gas o se usan almohadillas generadoras de  $\text{SO}_2$  en combinación con forros de polietileno perforados dentro de las cajas cuando los frutos se van a transportar largas distancias, de esta manera no sólo se asegura el control de *Botrytis* sino también se reduce la pérdida de agua; en las almohadillas se colocan sales de metabisulfito de sodio, a partir del cual por hidratación se va liberando lentamente el  $\text{SO}_2$  durante el transporte y la comercialización.

En la fumigación inicial, la cantidad de dióxido de azufre gaseoso a aplicar depende de la concentración y del tiempo de exposición. La cantidad acumulada (CA), expresada en términos de la concentración y tiempo de exposición, indica la cantidad necesaria de  $\text{SO}_2$  para matar las esporas y el micelio de *B. cinerea*. Una CA de 100 ppm-hora es el mínimo requerido a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si la fumigación se lleva a cabo a otra temperatura la CA cambia; por ejemplo, a 30 ppm-hora a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La dosis CA-100 puede ser obtenida con una concentración promedio tanto de 100 ppm por 1 hora, como de 200 ppm por  $\frac{1}{2}$  hora, 50 ppm durante dos horas o una combinación equivalente de concentración y tiempo, a una temperatura dada. Con este método se utilizan concentraciones mucho más bajas de  $\text{SO}_2$  de las que se utilizaban antiguamente, se mejora la uniformidad y la efectividad del fumigante y no hay excesos que contaminen el medio ambiente.

Si se aplican dosis excesivas del fumigante pueden aparecer áreas dañadas en los frutos, las cuales se reconocen al principio porque se decoloran o blanquean (fitotoxicidad por  $\text{SO}_2$ ) y posteriormente porque se hunden y pierden agua rápidamente. Las lesiones se observan primero en los tejidos con daños físicos previos (heridas, abrasiones por transporte, desprendimiento de la piel junto con el pedúnculo, etc.); también pueden observarse alrededor de la unión con el tallo y lentamente diseminarse sobre la baya.

Otro problema relacionado con las dosis de  $\text{SO}_2$  es el nivel de sulfito residual que queda hasta el periodo de venta. El dióxido de azufre está incluido en la lista de compuestos químicos “Generalmente reconocidos como seguros” (GRAS, por sus siglas

en inglés Generally Recognized As Safe), sin embargo, el uso elevado de sulfitos en otros alimentos y bebidas (frutas deshidratadas, vinos, etc.) y la condición alérgica de algunas personas a ellos, ha causado que los residuos de sulfito en uvas se limiten actualmente a 10 ppm y que también haya límites en el número de fumigaciones repetidas que se pueden aplicar a las uvas dependiendo del cultivar.

Respecto a la fumigación semanal o también conocida como de mantenimiento, se aplica cada 7 a 10 días haciendo girar los ventiladores del frigorífico a alta velocidad por 3 horas después de aplicado el  $\text{SO}_2$  para que casi todo el fumigante sea absorbido por la fruta, los materiales de empaque y las superficies de la cámara de refrigeración. Al final de la fumigación, la concentración de  $\text{SO}_2$  en el aire del frigorífico debe ser menor de 2 a 5 ppm por lo que no se requiere ninguna ventilación o recambios de aire, evitando así la contaminación del ambiente con residuos del fumigante. En este sistema, cada cámara de almacenamiento fría se debe medir o calibrar para determinar la cantidad total de  $\text{SO}_2$  a utilizar.

## Objetivos

- El alumno será capaz de generar  $\text{SO}_2$  gaseoso en una cámara experimental partiendo de azufre en polvo para fumigar uva.
- El alumno será capaz de explicar el fundamento del tratamiento aplicado y de los cambios de color, si llegaran a observarse, en las bayas, tratadas.
- El alumno será capaz de evaluar en condiciones de refrigeración la calidad y vida poscosecha de los frutos control y de los sometidos a la fumigación.
- El alumno será capaz de analizar y discutir los resultados obtenidos con respecto a lo reportado en la literatura.

## Materiales y reactivos (para 7 equipos)

### Materia prima

9 Racimos de uva verde, roja o azul (de 300-500 g cada racimo).

### Reactivos

Azufre en polvo	5 g.
Solución de NaOH 0.1 N	250 mL.
Fenoltaleína al 1% en etanol al 50%	10 mL.

### Materiales

- 1 Cápsula de porcelana.
- 1 Probeta de plástico de 1 L.
- 1 Pipeta graduada de 5 mL.
- 2 Pipetas Pasteur.
- 1 Propipeta de 3 vías.
- 4 Vasos de precipitados de 250 mL.
- 3 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.
- 1 Bureta de 25 mL.
- 1 Piseta con agua destilada.
- 1 Pliego de papel manila o papel para esterilizar material de vidrio.
- 3 Exprimidores manuales de jugo para limones.

### Utensilios

Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos:

- 1 Par de guantes de látex.
- 1 Rollo de papel toallero.
- 1 Rollo de papel higiénico.
- 1 m de tela de organza blanca.

- 1 Tela limpiadora desechable.
- 1 Marcador indeleble.
- 1 Masking tape.

### Equipo de laboratorio

- 1 Cámara experimental de fumigación (Vea figura 12.4 de la práctica anterior).
- 1 Pinza para bureta.
- 1 Soporte universal.
- 1 Refractómetro de mano de 0-32 °Bx (sacarosa).
- 1 Balanza granataria digital.
- 1 Extractor eléctrico de jugos.

### Desarrollo experimental

#### Materia prima

Revise cada racimo y elimine las bayas enfermas o deterioradas con todo cuidado, ayudándose de unas tijeras de punta roma. Forme tres grupos de 3 racimos cada uno, el primer grupo será sometido a fumigación, el segundo se utilizará como control y el tercero se usará para la determinación inicial de los parámetros de calidad.

#### Fumigación con SO<sub>2</sub>

Marque los racimos con el número de su equipo. Coloque el primer grupo de tres racimos de todos los equipos de alumnos en una reja de plástico de 10 kg y sométalos a fumigación en un lugar abierto siguiendo los pasos que a continuación se indican.

#### Preparación de la cámara para fumigar

Siga los mismos pasos indicados en la práctica 12, excepto el número 3 que en este caso es diferente.

3. Pese 4.7 g de azufre en polvo (flor de azufre), para generar aproximadamente 60 ppm en un volumen de cámara de 103.2 litros con una eficiencia de combustión de aproximadamente 80%.

#### Fumigación

Siga los pasos 1 a 6 y 9 a 11 indicados en la práctica anterior. Observe que los pasos 7 y 8 son diferentes en este caso.

1. Repita el mismo procedimiento de conectar y desconectar la resistencia eléctrica a los 11 minutos de iniciado el proceso.
2. A los 30 min de fumigación se desconecta el ventilador y se espera de 2 a 3 minutos para que pare completamente.

#### Cálculo de las ppm generadas de SO<sub>2</sub>

Aplique los mismos cálculos indicados en la práctica anterior.

#### Manejo de los frutos

1. Coloque cada uno de los tres racimos fumigados en bolsas de polietileno perforadas o en envases de plástico transparente tipo clamshell y máquelos con plumón indeleble como Fa, Fb y Fc.
2. Pese cada racimo en una balanza granataria, anote el peso y colóquelos en refrigeración a una temperatura entre 1 y 4 °C por una semana.
3. Seleccione el segundo grupo de tres racimos que servirá como control, coloque cada racimo en una bolsa de polietileno perforada o en un envase transparente tipo clamshell y máquelos como Ca, Cb y Cc.
4. Pese cada uno en la balanza granataria, registre el peso y colóquelos en refrigeración a una temperatura entre 1 y 4 °C por una semana.

5. Marque el grupo de tres racimos restantes como Ia, Ib, Ic y úselos para determinar los parámetros de calidad iniciales.
6. Después de una semana de almacenamiento refrigerado, saque los 3 racimos fumigados (Fa, Fb y Fc) y los 3 control (Ca, Cb y Cc), péselos, registre el peso y sométalos a análisis de parámetros de calidad.

### Evaluación de parámetros de calidad

**Pérdida de peso (PP).** Con el peso inicial y el final calcule el porcentaje de peso perdido en el almacenamiento por cada unidad experimental de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% PP = \frac{(PESO_{inicial} - PESO_{final})}{PESO_{inicial}} \times 100$$

**Calidad visual en función del aspecto de los racimos.** Establezca una escala categórica de 5 grados, en la cual 1 = pésimo aspecto, 2= mal aspecto, 3= regular aspecto, 4 = buen aspecto y 5= excelente aspecto.

**Incidencia de pudriciones.** Establezca una escala categórica de 5 grados, en la cual 1 = 100 % de la superficie de las bayas se encuentra libre de infecciones, 2 = se observan síntomas de infección en 1-10% de las bayas, 3 = se observan síntomas de infección en 11-20 % de las bayas, 4 = se observan síntomas de infección en 21-40% de las bayas y 5 = se observan síntomas de infección en más del 40% de las bayas.

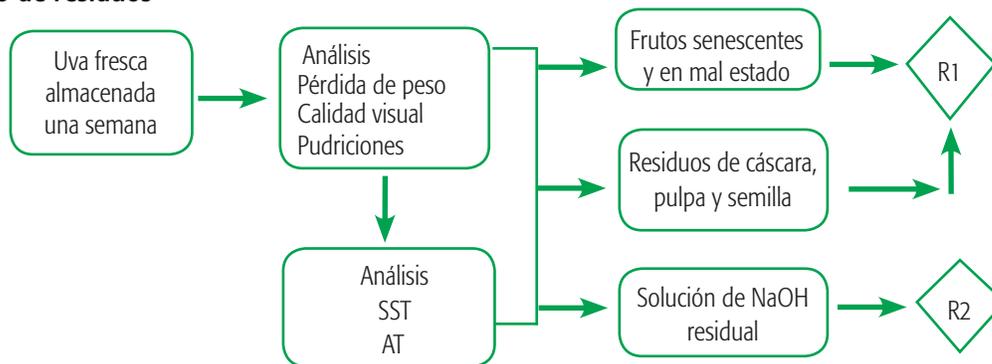
**Sólidos Solubles Totales (SST).** Extraiga el jugo de todas las bayas de cada racimo con el extractor de jugos eléctrico o con ayuda del exprimidor manual de jugo para limones. Filtre el jugo a través de la tela de organza y con ayuda de una pipeta Pasteur, coloque 1 ó 2 gotas del jugo extraído de cada racimo en el refractómetro de mano -previa calibración del instrumento con agua- y lea el porcentaje de SST presente.

**Acidez Titulable (AT).** Coloque 5 g de jugo en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, añada 20 mL de agua destilada y 2 ó 3 gotas de fenolftaleína. Titule con NaOH 0.1 N hasta que el color rosa de la fenolftaleína persista por más de 30 seg. Calcule el porcentaje de acidez titulable y exprese el resultado en términos del ácido dominante en el jugo de la uva (ácido tartárico) usando la siguiente ecuación. Si es necesario, recurra al uso de un potenciómetro para el caso de muestras coloridas (Vea práctica 3).

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH}(ml) \times N_{NaOH} (meq/ml) \times (g/meq. tartárico)}{Volumen de jugo (mL)} \times 100$$

**Cociente SST/AT.** Con los resultados anteriores calcule el cociente SST/AT para cada racimo o unidad experimental.

### Manejo de residuos



**R1**= Enviar a composteo; las cenizas residuales de la combustión del azufre pueden desecharse directamente en el cesto de basura o incluir para el composteo, **R2**= Enviar al drenaje con abundante agua.

### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

Conteste las preguntas 1 y 2 de la práctica 12, así como las siguientes.

3. ¿Observó fitotoxicidad por  $\text{SO}_2$ ? Si la respuesta es afirmativa describa los síntomas.
4. ¿A qué dosis el  $\text{SO}_2$  puede resultar tóxico para el ser humano?
5. ¿Observó desarrollo del hongo *Botrytis cinerea*? Describa los síntomas.

## Bibliografía

-  Crisosto Carlos H. y Mitchell F. Gordon. 2007. Sistemas de manejo poscosecha: Frutas pequeñas. I Uvas de mesa. (Capítulo traducido por Edmundo Mercado Silva). En: Kader A. Adel (ed. técnico) y Clara Pelayo-Zaldívar (coordinadora de la traducción). Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Univ. Calif. Div. Ag. y Rec. Nat., Series de Horticultura Poscosecha No. 24, Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. Traducción de la Publicación 3311 de ANR.
-  Luvisi, D. A., H. Shorey, J. Smilanick, J. Thompson, B. Gump, and J. Knutson. 1992. Sulfur dioxide fumigation of table grapes. Oakland: Univ. Calif. Div. Ag. and Nat. Res. Bulletin 1932. 21 pp.
-  Nelson, K. E. 1985. Harvesting and handling California table grapes for market. Oakland: Univ. Calif. Div. Ag. and Nat. Res. Bull. 1913. 72 pp.
-  Norma de calidad para uva. Dirección General de Normas. Secretaría de Economía.
-  Sommer Noel F., Robert J. Fortlage y Donald C. Edwards. Enfermedades poscosecha de productos seleccionados. (Capítulo traducido por Ulises Díaz-Blandón, Jesús Rovelo-González, Silvia Bautista-Baños y Marita I. Cantwell ). En: Kader A. Adel (ed. técnico) y Clara Pelayo (coordinadora de la traducción). Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Univ. Calif. Div. Ag. y Rec. Nat., Series de Horticultura Poscosecha No. 24, Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. Traducción de la Publicación 3311 de ANR.



## Práctica 14

### Comparación de tecnologías para la conservación en fresco de frutas y hortalizas

#### Introducción

El almacenamiento para la prolongación de la vida útil en fresco de productos vegetales involucra el establecimiento de condiciones ambientales adecuadas que permitan controlar la velocidad de los procesos vitales (actividad respiratoria, transpiración, producción y acción de etileno) y reducir el riesgo de ataque de agentes microbianos causantes de enfermedades.

De acuerdo con lo anterior, es importante tener presente todos los factores, y el efecto que éstos pueden tener, para conseguir el periodo máximo de vida útil de productos vegetales perecederos y reducir pérdidas poscosecha. Estos factores incluyen:

- La naturaleza del producto (tipo de órgano vegetal, especie, variedad, metabolismo, estado de desarrollo o madurez, composición, susceptibilidad a enfermedades y fisiopatías).
- Acondicionamiento aplicado (lavado, tipo de aditivos y concentración, reguladores del crecimiento, películas o recubrimientos, enfriamiento, etc.).
- Condiciones de operación de las cámaras de almacenamiento: temperatura, humedad relativa, circulación de aire, sanidad y purificación del aire; número, tipo de material y diseño de envases, patrón de estibado; y concentración de gases como  $O_2$ ,  $CO_2$  y  $C_2H_4$ .

La elección de condiciones específicas de almacenamiento también estará en función del destino que se fije a cada producto y de las bondades y riesgos que ofrecen las tecnologías disponibles. Cada tecnología ofrece ventajas para aumentar la vida poscosecha de los productos hortofrutícolas, sin embargo, cada una tiene sus propias limitaciones. Con frecuencia se requieren varias tecnologías de conservación aplicadas en forma simultánea o secuencial para obtener los resultados deseados y hay que tener en cuenta que este efecto combinado puede generar efectos sinérgicos positivos o negativos.

Con el presente desarrollo experimental se pretende comparar el efecto aislado y combinado de diferentes tecnologías de conservación para frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente y en refrigeración.

#### Objetivos

- El alumno será capaz de evaluar el efecto de la temperatura (refrigeración y ambiente) en el periodo de conservación de las frutas y hortalizas en estudio.
- El alumno será capaz de evaluar el efecto de cada tecnología aplicada (recubrimientos, hidrocalentamiento, aplicación de fungicidas, reguladores del crecimiento, absorbedores de etileno, atmósferas controladas o modificadas, etc.) en las características físicas, químicas y fisiológicas (determinadas antes y después del almacenamiento) de las frutas y hortalizas en estudio.
- El alumno será capaz de identificar daños por frío en aquellos productos sensibles a la baja temperatura, así como determinar el efecto de los tratamientos en la incidencia de esta fisiopatía y de las enfermedades.
- El alumno será capaz de establecer el mejor tratamiento o combinación de tecnologías para cada producto.

#### Materiales y reactivos (por equipo de alumnos)

##### Material biológico

La cantidad requerida de cada fruta y hortaliza depende del número de factores y niveles en estudio, y del tiempo que cada producto vaya a quedar almacenado (Cuadro 14.1).

**Cuadro 14.1.** Cantidad y grado de madurez de frutas y hortalizas requeridas para la aplicación de tecnologías de conservación.

Equipo	Producto/estado de madurez	Cantidad
1	Guayaba (en madurez fisiológica)	84 unidades/equipo
2	Jitomate (en madurez fisiológica)	42 unidades/equipo
3	Manzana Golden (en madurez fisiológica)	42 unidades/equipo
4	Chile jalapeño (verde)	84 unidades/equipo
5	Pepino (firme y sin tintes amarillos)	42 unidades/equipo
6	Mandarina	42 unidades/equipo
7	Pera Bartlett (en madurez fisiológica)	42 unidades/equipo
8	Limón (verde)	84 unidades/equipo
9	Mango manila (en madurez fisiológica)	42 unidades/equipo
10	Calabacita tierna	42 unidades/equipo

Las especies y cantidades pueden variar a sugerencia del (la) profesor(a).

**Nota importante:** Se deben poner de acuerdo los integrantes de los equipos que trabajen la misma especie para adquirir el producto en el mismo lugar de venta; asimismo, deberán averiguar la variedad, fecha de cosecha y lugar de procedencia de su producto. Deberán también seleccionar producto en buenas condiciones, sin daños físicos, ni pudriciones y uniformes en el estado de madurez o desarrollo solicitado.

### Reactivos

Solución de NaOH 0.1N.	250 mL.
Solución de I-KI (para plátano, pera o manzana).	250 mL.
Fenoltaleína al 1% en etanol al 50%.	10 mL.
Buffer a pH 4 y pH 7.	
Formulación comercial para encerar.	250 mL.
2 Garrafrones de agua potable.	

### Material de vidrio

- 6 Embudos de cuello corto.
- 6 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.
- 6 Matraces volumétricos de 100 mL.
- 6 Vasos de precipitados de 250 mL.
- 6 Pipetas volumétricas de 10 mL.
- 1 Bureta de 50 mL.
- 1 Probeta de 50 mL.
- 1 Probeta de 100 mL.
- 1 Probeta de 1000 mL.
- 1 Vaso de precipitados de 2 L.
- 2 Propipetas de 3 vías.

### Utensilios y otros materiales (para todo el grupo)

- 2 Palanganas o bandejas de plástico.
- 2 Jergas de 1-1.5 m de largo.
- Gasa, manta de cielo o tela de organza blanca.
- 1 Juego de cuchillos lisos (no dentado) con filo.
- Tablas de color y material impreso ilustrando grados de madurez, enfermedades y fisiopatías.

**Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos:**

- 4 Charolas de poliestireno expandido (unicel).
- 8 Envases de plástico transparente tipo "clamshell" o bolsas de malla plástica.
- 1 Rollo de película plástica autoadherible (EggaPack).
- 1 Brocha pequeña.
- 1 Tabla para cortar.
- 1 Rollo de papel toallero.
- 1 Rollo de papel higiénico.
- 1 Tela limpiadora desechable.
- 1 Marcador indeleble.
- 1 Masking tape.

**Equipo de laboratorio**

- 2 Higrómetros o higrómetrografos.
- 2 Termómetros.
- 2 Termómetros de bulbo seco y húmedo.
- 1 Balanza granataria digital con precisión de 0.1 g.
- 1 Pinza para bureta.
- 1 Soporte universal.
- 1 Refractómetro de mano.
- 1 Penetrómetro Effegi.
- 1 Potenciómetro.
- 1 Colorímetro Hunter-Lab o Minolta.
- 1 Extractor de jugo.
- 1 Exprimidor de cítricos.
- 1 Batidora de inmersión.

**Infraestructura**

- 1 Cámara de refrigeración (10-12 °C).
- 1 Anaquel metálico o mesa dentro de la cámara de refrigeración para colocar las unidades experimentales en estudio.
- 1 Área para almacenar a temperatura ambiente con anaquel metálico o mesa para colocar las unidades experimentales en estudio.

**Desarrollo experimental****Cuadro 14.2.** Diseño de tratamientos con dos factores en estudio.

Factores en estudio	Niveles
Temperatura.	Refrigeración. Temperatura ambiente.
Atmósfera Modificada (AM).	Sin atmósfera (Control). Charola con película autoadherible. Encerado.

El profesor puede seleccionar otras tecnologías de conservación y combinaciones de las mismas.

## Diseño de tratamientos

Con base en los factores y niveles en estudio indicados en el Cuadro 14.2, el diseño de tratamientos que se aplica es:

Factorial completo 2X3, dos niveles del factor temperatura y 3 niveles del factor atmósfera modificada= 6 tratamientos, 6 tratamientos X 2 repeticiones cada uno = 12 unidades experimentales + 2 repeticiones para el análisis inicial = 14 unidades experimentales.

14 unidades experimentales X 3 o 6 unidades de producto cada una = 42 o 84 frutas u hortalizas.

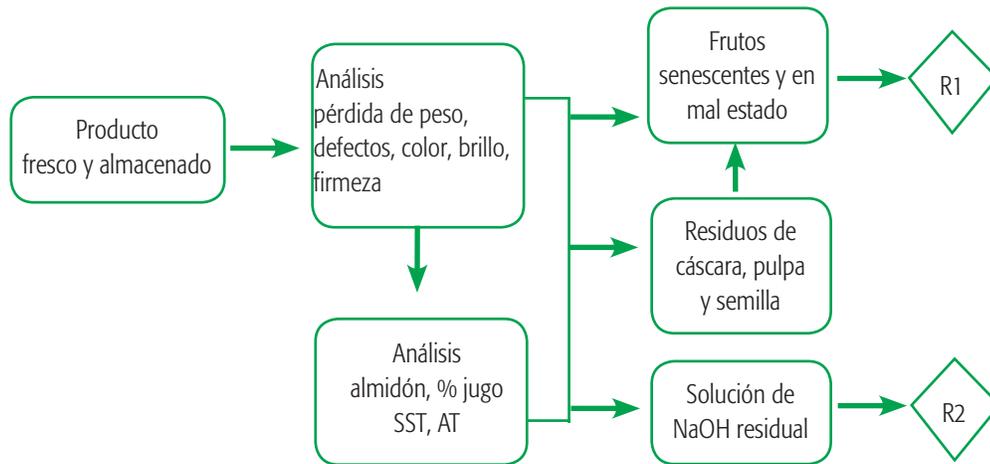
## Procedimiento

1. Lea cuidadosamente todo el procedimiento y elabore un diagrama de bloques de todo lo aquí indicado antes de llegar a su primera sesión de laboratorio.
2. Seleccione el material biológico, eliminando todo aquel que presente daños físicos, pudriciones, malformaciones o que no se encuentre en el estado de madurez adecuado.
3. Describa las características del material seleccionado, incluyendo información de la especie con su nombre científico y común, variedad, fecha de corte, condiciones sanitarias, aspecto (sano, color, frescura, defectos, etc.).
4. Forme aleatoriamente 14 grupos de 3 a 6 unidades cada uno (dependiendo de la fruta u hortaliza que le haya tocado). Cada grupo se nombrará como unidad experimental. Separe 2 unidades experimentales para el análisis inicial.
5. Coloque 4 unidades experimentales en envases clamshell o en bolsas de malla y márkelas como: Control Refrigeración Rep1, Control Refrigeración Rep 2, Control Temperatura Ambiente Rep 1 y Control Temperatura Ambiente Rep 2.
6. Coloque las siguientes 4 unidades experimentales en charolas de poliestireno expandido (unicel), envuélvalas con una sola capa de la película autoadherible, (asegúrese de que quede bien sellada, si es necesario use masking-tape) y márkelas como: Charola Refrigeración Rep 1, Charola Refrigeración Rep 2, Charola Temperatura Ambiente Rep1 y Charola Temperatura Ambiente Rep 2.
7. Someta las últimas 4 unidades experimentales restantes a lavado, sumergiéndolas en agua clorada a 100 ppm por 3 min. Para preparar la disolución de cloro utilice la bandeja de plástico en la que recibió su material de laboratorio, lávela, vierta en ella 5 litros de agua de la llave medidos con una probeta de 1 L y adicione con agitación 9 mL de cloro comercial. Al cabo de 3 min saque su producto y déjelo escurrir y secar sobre papel toallero. Una vez seco, encérela con el producto que su profesor(a) le proporcione, ayudándose con una brocha para que la cera quede bien distribuida en toda la superficie. Cuando la cera haya secado (el producto ya no se siente pegajoso), coloque cada unidad experimental en envases "clamshell" o en bolsas de malla y márkelas como: Encerado Refrigeración Rep 1, Encerado Refrigeración Rep 2, Encerado Temperatura Ambiente Rep1 y Encerado Temperatura Ambiente Rep 2.
8. Pese todas las unidades experimentales en balanza granataria, anote el peso en su cuaderno de trabajo, y almacénelas en refrigeración y a temperatura ambiente según corresponda.
9. Realice el análisis inicial a las 2 unidades experimentales que separó al principio, evaluando los parámetros de calidad que se indican más adelante.
10. Al cabo de 7 días de almacenamiento (en su siguiente sesión de laboratorio), pese nuevamente todas las unidades experimentales en la misma balanza granataria que utilizó al principio de su experimento y calcule la pérdida de peso por transpiración durante el almacenamiento.

## Evaluación de parámetros de calidad

Evalúe al principio y al final del almacenamiento los siguientes parámetros de calidad, dependiendo del producto que haya trabajado: color, brillo, presencia de defectos (daños físicos, fisiopatías, enfermedades), firmeza, cantidad de almidón, cantidad de jugo, °Brix y acidez titulable. Revise la Práctica No. 3 para mayores detalles acerca del procedimiento a seguir para cada una de estas determinaciones.

## Manejo de residuos



R1 = envío a composteo, R2 = desechar en el drenaje con agua.

## Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. ¿Qué es el daño por frío?
2. Describa la sintomatología del daño por frío en el producto que trabajó.
3. ¿Cuál es la diferencia entre recubrimiento y película?
4. ¿A qué se denomina atmósfera modificada?
5. ¿De cuántas formas se puede generar una atmósfera modificada?

## Bibliografía

Consulte las hojas técnicas (Produce facts) para cada producto publicadas por el Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha de la Universidad de California, E.U. (University of California Postharvest Technology Research and Information Center, USA) en:

<http://postharvest.ucdavis.edu>

Consulte las Normas Oficiales de Calidad para cada producto publicadas por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía.

Consulte información para cada producto en:

-  Kader, A. A. (ed). Pelayo Zaldívar Clara (Coordinadora de traductores). 2007. Tecnología poscosecha de productos hortofrutícolas. University of California-Davis. 580 pp. Al final del libro en un anexo se encuentra información sobre condiciones recomendadas de almacenamiento para diversas frutas y hortalizas preparada por la Dra. Marita Cantwell de la Universidad de California-Davis.
-  Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Handbook 66, 130 pp. (pronto se publicará una nueva edición en formatos impreso y electrónico).
-  Hulme, A.C. (ed.). 1970-71. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2, Academic Press, New York, USA. 408 pp.
-  Ryall, A. L., and W. J. Lipton. 1979. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 1, Vegetables and melons. 2nd. Ed. Westport, CT: AVI. 588 pp.
-  Ryall, A.L. y W.T. Pentzer. 1982. Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 2: Fruits and tree Nuts. Ed. AVI Publ. Co., Westport, D.T. U.S.A. 610 pp.

Consulte las siguientes revistas para localizar artículos relacionados con las tecnologías que aplicó en los productos que empleó:

HortScience

Postharvest Biology and Technology

-  Claridades Agropecuarias, publicada por ASERCA, SAGARPA, revista mensual, en <http://www.aserca.gob.mx>. Suscripción gratuita: [aalvarez@sagar.gob.mx](mailto:aalvarez@sagar.gob.mx)

## Práctica 15

### Procesamiento mínimo de frutas y hortalizas

#### Introducción

Los productos precortados también llamados de procesamiento ligero, mínimamente procesados o de la cuarta gama se refieren a las ensaladas de hortalizas y frutas frescas listas para consumirse. Este sector agroindustrial está creciendo rápidamente debido a que involucra operaciones sencillas de preparación, da valor agregado a los productos y satisface la necesidad de la población trabajadora de contar con productos frescos listos para consumo.

De acuerdo con la Asociación Internacional de Productos Frescos Cortados (IFPA, por sus siglas en inglés), un “producto fresco precortado o de mínimo proceso” se define como cualquier fruta u hortaliza o combinación de éstas que han sido alteradas en su forma física original, pero que conservan su estado fresco. Esto es, independientemente del producto vegetal de que se trate, se ha pelado, rebanado, lavado y cortado en un producto 100% utilizable que posteriormente es envasado para ofrecerlo a los consumidores con un alto valor nutritivo y forma conveniente mientras mantenga su frescura.

El concepto anterior implica que deben ser preparados sin conservadores o con los mínimos indispensables para mantener las características de frescura y calidad mencionadas.

Para el proceso de frutas y hortalizas precortadas es de vital importancia la correcta selección de la variedad y estado de madurez, así como conocer las características de la materia prima, dado que de esto dependen las condiciones de cada una de las operaciones requeridas para la obtención del producto deseado; también es importante conocer la susceptibilidad de cada fruta u hortaliza a los procesos a los que serán sometidos, así como la selección cuidadosa del tratamiento y sistema de envasado.

La preparación de frutas y hortalizas frescas precortadas implica la aplicación de operaciones de selección-clasificación, lavado, centrifugación, acondicionamiento, reducción de tamaño, aplicación de tratamientos (antioxidantes, texturizantes, conservadores), envasado, almacenamiento y distribución, que deben realizarse con buenas prácticas de higiene y manufactura. Dichas prácticas son los requerimientos sanitarios mínimos necesarios para asegurar la calidad durante el proceso de producción del alimento. Durante todas las etapas del procesamiento es preciso mantener una estricta higiene que incluye al personal que maneja el producto, el área de preparación, los equipos y utensilios utilizados, así como los envases y las áreas de almacenamiento, con objeto de garantizar la inocuidad del producto (Gorny, 2001).

#### Objetivos

- Que el alumno sea capaz de aplicar adecuadamente las operaciones requeridas para preparar frutas y hortalizas de mínimo proceso.
- Que el alumno sea capaz de identificar los factores clave que afectan la calidad integral de los productos de mínimo proceso preparados.
- El alumno será capaz de explicar el fundamento de los cambios en los parámetros de calidad observados en los productos estudiados.

#### Materiales y reactivos

##### Materia prima

Frutas: mango, piña, papaya, plátano.

Hortalizas: lechuga, jícama, nopal, setas.

##### Materiales

1 Par de guantes, cofia y cubrebocas por alumno.

1 Pliego de papel filtro.

## Reactivos

1 L de NaClO comercial (5-6% de hipoclorito de sodio).

3 Garrafrones de agua potable para preparar agua clorada (200 ppm de cloro activo).

Preparación por litro de solución acuosa de NaClO a 200 ppm de cloro activo: emplear 3.8 mL de cloro comercial (6% hipoclorito de sodio) y aforar a 1L.

Solución de NaOH 0.1 N 250 mL.

Fenoltaleína al 1% en etanol al 50% 10 mL.

Buffer pH 4 y 7.

## Antioxidantes, reafirmantes y conservadores grado alimentario

Ácido cítrico.

Ácido ascórbico.

Eritorbato de sodio.

Acetil cisteína.

4-hexilresorcinol.

Sorbato de potasio.

CaCl<sub>2</sub>.

## Material de vidrio

6 Embudos de cuello corto.

6 Matraces Erlenmeyer de 125 mL.

6 Matraces volumétricos de 100 mL.

6 Vasos de precipitados de 250 mL.

6 Pipetas volumétricas de 10 mL.

1 Bureta de 50 mL.

1 Probeta de 50 mL.

1 Probeta de 100 mL.

1 Probeta de 1000 mL.

1 Vaso de precipitados de 2 L.

2 Propipetas de 3 vías.

## Utensilios

Cuchillos con filo y no dentado.

Envases clamshell (charolas plásticas con tapa ajustable a presión).

Envases (charolas) preformados de unigel.

Bolsas de permeabilidad selectiva.

Película plástica autoadherible.

1 Recipiente de plástico de 10 L de capacidad.

1 Recipiente de plástico de 2L de capacidad.

1 Colador de plástico de 30 cm de diámetro.

## Los siguientes serán traídos por cada equipo de alumnos

1 Tabla para cortar.

1 Rollo de papel toallero.

1 Rollo de papel higiénico.

1 Tela limpiadora desechable.

1 Marcador indeleble.

1 Masking tape.

**Equipo de Laboratorio**

Envasadora al vacío con suministro de gas N<sub>2</sub>.  
 Centrífuga doméstica para hortalizas de hoja.  
 Una rebanadora eléctrica.

**Equipo de laboratorio (por equipo de alumnos)**

- 1 Pinza para bureta.
- 1 Soporte universal.
- 1 Refractómetro de mano.
- 1 Potenciómetro (Consulte el Anexo 5 para calibrar el instrumento).
- 1 Colorímetro Hunter-Lab o Minolta portátil.
- 1 Extractor de jugo.
- 1 Balanza granataria digital con precisión de 0.1 g.

**Desarrollo experimental****Manejo general**

1. Todo el proceso que se lleve a cabo con este tipo de productos requiere que se sigan rigurosamente las prácticas de higiene e inocuidad; para ello consulte la guía del Anexo 9.
2. Los productos seleccionados (de acuerdo con la estacionalidad de producción) se cosecharán en la madurez hortícola correspondiente, procediéndose a un proceso de acondicionamiento, si el caso lo requiere, para que adquieran las características deseables para su posterior manejo.
3. Los productos se someterán a desinfección, centrifugado (si fuera el caso), pelado (si fuera el caso), deshuesado o descoronado (si fuera el caso) y cortado con una cortadora comercial o manualmente utilizando un cuchillo muy afilado de hoja delgada y no dentado.
4. Se aplicarán tratamientos solos o combinados de conservación (antioxidantes, antimicrobianos, reafirmantes, recubrimientos comestibles, refrigeración, atmósfera modificada (AM-refrigeración), de acuerdo a las instrucciones del profesor(a).
5. Se harán análisis físicos y químicos de acuerdo al producto (pérdida peso con una balanza digital, °Brix, % acidez titulable, firmeza con un penetrómetro, color con un colorímetro Hunter-Lab, metabolitos de fermentación y compuestos responsables del aroma por cromatografía de gases y espectrometría de masas), sensoriales y microbiológicos a intervalos regulares durante el almacenamiento o cuando se indique.
6. Evaluación sensorial (Anexo 8).

**Materia prima específica****PIÑA (por equipo de alumnos)**

4 piñas sin defectos y en estado de madurez comercial (con un tercio al menos de la superficie en color amarillo).

**Desarrollo experimental**

1. Elimine la corona a cada una de las piñas y lave los frutos enteros en agua clorada a 200 ppm (38 mL de cloro comercial en 10 litros de agua).
2. Pele las piñas con el cuchillo y elimine la cáscara.
3. Corte la pulpa transversalmente para hacer rodajas de aproximadamente 1 cm de espesor y cada rodaja por la mitad. Procure hacer cortes limpios y que las medias rodajas resulten del mismo tamaño.
4. Forme tres grupos de medias rodajas seleccionadas al azar. Distribuya el primer grupo en 3 charolas de unicel y márkelas como Inicial A, Inicial B e Inicial C. Utilice este material para efectuar los análisis iniciales de parámetros de calidad.
5. Centrifugue el segundo grupo por 1-3 min para eliminar el líquido exudado.

6. Distribuya las medias rodajas en 3 charolas preformadas de unicel y cúbralas con película plástica auto-adherible. Márquelas como Control A, Control B y Control C.
7. Sumerja el segundo grupo de medias rodajas en una solución conteniendo eritorbato de sodio 0.1 M + *N*-acetilcisteína 0.05M, por 2 min.
8. Después de la inmersión, centrifugue por 1-3 min para eliminar el excedente del tratamiento.
9. Distribuya las medias rodajas en 3 charolas preformadas de unicel y cúbralas con película plástica auto-adherible. Márquelas como Tratadas A, Tratadas B y Tratadas C.
10. Almacene todas las charolas en un frigorífico a 5 °C por una semana.
11. Transcurrida la semana, saque las charolas y someta el producto cortado a evaluación de parámetros de calidad y sensorial.

### Evaluación de parámetros de calidad

Evalúe el aspecto de las rebanadas (excelente, bueno, malo), así como el color, y registre los datos por separado de cada una de las tres repeticiones (A, B y C). Extraiga el jugo de cada repetición y determine la acidez titulable y °Brix (consulte la práctica no. 3).

Para la evaluación sensorial seleccione la prueba que mejor se adecúe a su producto de las indicadas en el Anexo 8.

### Materia prima específica

#### MANGO

1. Utilice alguna variedad de mango del grupo Mulgoba, seleccione frutos en buen estado y con madurez comestible uniforme. Divida los frutos en 3 lotes.
2. Prepare una solución conteniendo 4-Hexilresorcinol (0.001M) + sorbato de potasio (0.05M) + eritorbato de sodio (0.5M).
3. Elimine la cáscara y corte primero los “cachetes” lo más cercano al hueso de los frutos para aprovechar al máximo la pulpa. Posteriormente corte en cubos o en rectángulos.
4. Aplique los tratamientos según se indica en el siguiente cuadro:

T1= control.	Mango cortado en cubos o rectángulos distribuidos en 3 envases clamshell.
T2= antioxidantes y conservador.	Mango cortado en cubos o rectángulos distribuidos en 3 envases clamshell.
T3= AM pasiva.	Mango cortado en cubos o rectángulos distribuidos en 3 bolsas de permeabilidad selectiva y posterior sellado.

**Nota:** El tratamiento T2 se aplicará por inmersión de los cubos o rectángulos durante 3 minutos, después de lo cual escurra y absorba el líquido en exceso con papel filtro.

1. Coloque los cubos o rectángulos en una capa ordenada dentro de los envases clamshell e inmediatamente ciérrelos.
2. Los cubos o rectángulos del T3 colóquelos en bolsas de permeabilidad selectiva y séllelas.
3. Almacene las bolsas y charolas a 5 °C ± 1 °C durante 1-2 semanas.
4. Al término del almacenamiento, realice los análisis de calidad y sensoriales que indique el profesor (a).

**PLÁTANO**

1. Utilice una "mano" de plátano Tabasco de tamaño mediano en buen estado y con madurez comercial 5 (vea la Tabla de color de la Fig. 10.1). Divida los frutos en 2 lotes (un control con tres réplicas y un tratamiento con antioxidantes también con tres réplicas).
2. Prepare una solución conteniendo ácido cítrico (0.5M) + *N*-acetil cisteína (0.05M).
3. Elimine la cáscara y deseche aquellos plátanos que presenten obscurecimiento interno.

**Nota:** Se recomienda trabajar este producto lo más rápido posible.

4. Corte rodajas de aproximadamente 0.5 cm de espesor y de un diámetro homogéneo.
5. Las rebanadas del tratamiento, sumérgalas inmediatamente en la solución preparada por un periodo de 2-3 minutos.
6. Después del tratamiento proceda al secado utilizando el papel filtro para eliminar el exceso de la solución antioxidante de ambos lados de las rodajas.
7. Coloque por separado las rodajas del control como del tratamiento en una capa ordenada dentro de los envases clamshell e inmediatamente ciérrelos.
8. Almacene las charolas a  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante una semana.
9. Al término del almacenamiento, realice los análisis de calidad y sensoriales que indique el profesor (a).

**SETAS**

1. Emplee setas frescas en buen estado.
2. Lave con agua clorada (200 ppm) durante 3 min.
3. Proceda a su rebanado (0.5 cm de ancho x 4.0 cm de largo). Divida en tres lotes de acuerdo con el siguiente cuadro.

T1= control.	setas lavadas y rebanadas, sin tratamiento, distribuidas en 3 envases clamshell.
T2= antioxidantes.	setas lavadas, rebanadas, con tratamiento de antioxidantes, distribuidas en 3 envases clamshell.
T3= antioxidantes + AM pasiva.	setas lavadas, rebanadas, con tratamiento de antioxidantes, distribuidas en 3 bolsas de permeabilidad selectiva y selladas.

1. Prepare previamente una solución conteniendo 3% eritorbato de sodio+1% ácido cítrico.
2. Vacíe la solución anterior en la bandeja de tal manera que el tratamiento (T3) por inmersión se deje actuar por 10 min.
3. Centrifugue por 5-10 min.
4. Distribuya las setas de cada lote en 3 partes (aprox. 250g), de acuerdo a lo indicado en el cuadro.
5. Almacene en refrigeración a  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2-4 semanas.
6. Al término del almacenamiento, realice los análisis de calidad y sensoriales que indique el profesor (a).

**Materia prima (por equipo de alumnos)****LECHUGA**

- 9 lechugas orejonas de apariencia fresca sin defectos.

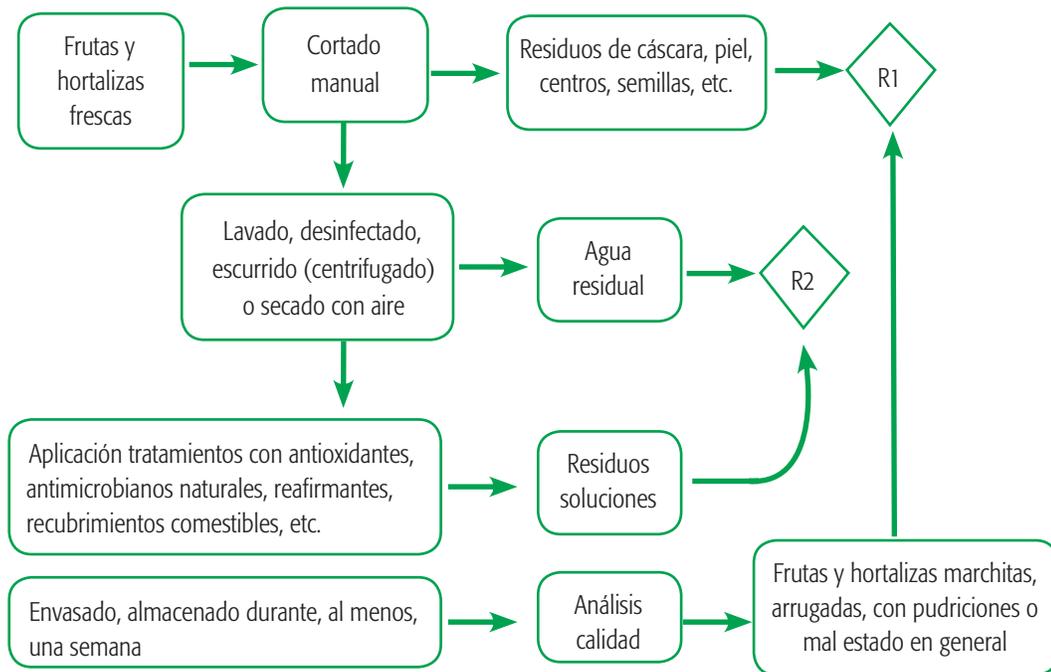
## Desarrollo experimental

1. Corte la base de cada lechuga para facilitar el desprendimiento de las hojas.
2. Elimine las hojas maltratadas y separe las que se encuentran en buen estado.
3. Lave las hojas en buen estado, sumergiéndolas en agua clorada a 200 ppm (38 mL de cloro comercial en 10 litros de agua) y escúrralas en un colador.
4. Forme tres grupos de hojas en buen estado. Corte con un cuchillo las hojas del primer grupo con 2 cm de espaciamiento, procure hacer cortes limpios y cuide la uniformidad en el tamaño.
5. Distribuya la lechuga cortada en 3 charolas preformadas de unigel y márquelas como Inicial A, Inicial B e Inicial C. Utilice este material para efectuar los análisis iniciales de parámetros de calidad.
6. Corte con un cuchillo las hojas del segundo grupo con 2 cm de espaciamiento, procure hacer cortes limpios y cuide la uniformidad en el tamaño.
7. Coloque la lechuga cortada en la centrifuga de mesa y centrifugue para eliminar el exceso de líquido por 1-3 min.
8. Distribuya la lechuga centrifugada en 3 charolas preformadas de unigel, cúbralas con película plástica auto-adherible y márquelas como Control A, Control B y Control C.
9. Sumerja el tercer grupo de hojas de lechuga en buen estado, en agua caliente a 45 °C por 2 minutos y déjelas escurrir en un colador por 5-15 min.
10. Corte con un cuchillo las hojas de lechuga tratadas térmicamente con 2 cm de espaciamiento, procurando hacer cortes limpios y cuidando la uniformidad en el tamaño.
11. Coloque la lechuga cortada en la centrifuga de mesa y centrifugue para eliminar el exceso de líquido por 1-3 min.
12. Distribuya la lechuga tratada térmicamente y centrifugada en 3 charolas preformadas de unigel y cúbralas con película plástica auto-adherible. Márquelas como Tratada A, Tratada B y Tratada C.
13. Almacene todas las charolas en un frigorífico a 5 °C por una semana.
14. Transcurrida la semana, saque las charolas y someta el producto cortado a evaluación de parámetros de calidad.

## Evaluación de parámetros de calidad

Evalúe la frescura de la lechuga cortada con base en una escala categórica de 5 grados: excelente, buena, regular, mala, pésima; así como el color, con especial énfasis en la presencia de encafecimiento (pardeamiento) por oxidación, registre los datos por separado de cada una de las tres repeticiones (A, B y C).

### Manejo de residuos



R1= Enviar a composteo, R2= Desechar en drenaje con abundante agua.

### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor.

## Cuestionario

1. Describa las respuestas fisiológicas de frutas y hortalizas provocadas por el procesamiento mínimo.
2. Mencione de qué manera se pueden controlar.
3. Elabore un diagrama de bloques del proceso realizado en el producto particular, justificando cada una de las operaciones.

## Bibliografía

-  Cantwell, M. y Suslow, T.V. 2002. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. En: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A.A. (Ed) Publication 3331 Third edition. University of California. EUA. 445-463.
-  Cantwell, M. 2005. Fresh-cut products: Maintaining quality and safety. Introduction and information sources. Short course, University of California-Davis. September.
-  Cook, L. Roberta. 2002. The U.S. Fresh produce industry: An industry in transition. In: Kader, A. A. (ed). Postharvest technology of horticultural crops. Publication 3331, Agric. and Nat. Resources, University of California. Ch.2, pp. 5-30.
-  González Aguilar Gustavo, Tejedor Espinosa Wedleys, Álvarez Parrilla Emilio, Ayala Zavala Fernando y Ruiz Cruz Saúl. 2004. Procesamiento de frutas y hortalizas cortadas. Coordinación de Ciencia y Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, Sonora, México. ISBN 968-5862-03-6.
-  González-Aguilar, G.A., Gardea, A.A. y Cuamea-Navarro, F. 2005. Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Frescos Cortados. CIAD/CYTED/CONACYT/COFUPRO. 558 pp. México.
-  Gorny, J.R., Cifuentes, R.A., Hess-Pierce, B. y Kader, A.A. 2000. Quality changes in fresh-cut peach slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime. J. Food Sci. 65: 541-54.
-  Saltveit, M.E. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. Postharvest Biology and Technology, 21, 61-69.
-  Valero Daniel and Serrano María. 2010. Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. Chapter 5: Heat treatments. pp. 91-108. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA.

## Práctica 16

### Evaluación de pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas

#### Introducción

Aumentar la oferta alimentaria de productos vegetales frescos mediante la reducción de las pérdidas que ocurren en la cosecha y durante el manejo posterior es un tema de suma importancia para la comercialización de los productos hortofrutícolas. Las pérdidas poscosecha son económicamente impactantes porque se trata de alimentos perecederos que ya van gravados con costos de producción, cosecha, acondicionamiento en la empacadora, transportación, almacenamiento y distribución, dependiendo del eslabón de esta cadena en donde ocurra la pérdida. Así, por ejemplo, de un 100% de la producción hortofrutícola esperada, se puede perder un porcentaje variable dependiendo del tipo de producto y del grado tecnológico de la zona productora.

Un buen porcentaje de pérdidas puede ser causado por factores precosecha. Algunos involuntarios como los de tipo climático, en donde se puede perder hasta la totalidad del cultivo; otros que dependen del control humano, como los relativos a las prácticas culturales (fisiológicos o fitosanitarios); otro porcentaje durante la cosecha, debido a productos cosechados en estados de madurez inadecuados (inmaduros o sobre madurados) o por malos manejos de los frutos al cosecharlos (instrumentos de cosecha contaminados o en malas condiciones, manejo brusco de los productos, forma descuidada al vaciar el producto en los contenedores de campo, caídas al suelo), así como el uso de contenedores en mal estado, con astillas o sucios; durante el acondicionamiento en la empacadora debido a la carencia de infraestructura y tecnología apropiadas; problemas en la transportación debidos a malos manejos en el momento de acomodarlos en el vehículo e incluso por malas condiciones en los caminos hacia la empacadora; en el manejo poscosecha debido a la deficiencia en tecnología y procedimientos inadecuados en la empacadora; durante el almacenamiento debido a daños mecánicos, fisiológicos por la exposición de los productos a temperaturas inadecuadas, presencia de microorganismos, roedores e insectos; en la distribución urbana debido a la exposición de los productos a los rayos del sol, descuidos en su manejo en los puntos de venta; durante el procesamiento, debido a estados de madurez inadecuados o que no cumplen con los requisitos estipulados por las normas de calidad; de tal forma que al final llega al consumidor un 49-82% de la producción total, en el mejor de los casos.

Según datos de la FAO, sólo durante el proceso de poscosecha las pérdidas alcanzan entre el 15% y el 50% de la producción. De aquí que la importancia de los estudios sobre las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas sea un tema crítico en estos tiempos en los que se desea aumentar la disponibilidad de alimentos y reducir el número de personas mal nutridas. Por otro lado, cabe enfatizar la importancia que ha adquirido el consumo de frutas y hortalizas por su aportación a la salud. En este contexto, es esencial diseñar estrategias en cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de los productos hortofrutícolas que permitan reducir las pérdidas y optimizar el aprovechamiento del sistema alimentario mundial a través del establecimiento de programas y proyectos de investigación (Pelayo, 1992).

La imposibilidad de establecer una metodología estándar para evaluar las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas se debe a su gran diversidad y carácter altamente perecedero, además de que su comercialización es irregular y compleja. Sin embargo, para estimar las pérdidas y sus causas es recomendable adoptar una serie de criterios homogéneos en el uso de conceptos, clasificación de las pérdidas por sus causas y técnicas de evaluación entre las personas que realizarán la estimación.

Con el objeto de homologar criterios, a continuación se definen algunos conceptos sobre las pérdidas que se evaluarán (Demerutis, 1991):

**Pérdida.-** Cualquier problema que dificulte la disponibilidad de producto, problemas de sanidad o calidad que impida que el alimento sea consumido por el ser humano.

**Pérdida poscosecha:** Pérdida total o parcial de tipo cuantitativo, cualitativo, económico o nutricional, acaecida en cualquiera de las etapas del sistema poscosecha.

**Pérdida Física:** Una pérdida cuantitativa que involucra una reducción en peso o volumen del lote estudiado, por lo tanto, puede definirse, medirse y cuantificarse.

**Pérdida de Calidad:** Una pérdida cualitativa que implica una reducción en la apariencia, tamaño, color, etc., cuya estimación está basada en mediciones subjetivas. Puede describirse por comparación con normas de calidad local o internacionalmente aceptadas.

**Pérdida Económica:** La reducción en términos monetarios como resultado de una pérdida física o de calidad.

A continuación se describen las principales causas de pérdidas poscosecha en los productos hortofrutícolas:

**Daño Fitopatológico:** Es el daño causado por hongos, bacterias y virus.

**Daños por Insectos y otros Artrópodos:** Tienen su origen en la pre cosecha.

**Daño por Vertebrados:** Es causado principalmente por aves y roedores.

**Daño Mecánico:** Es ocasionado por uso inadecuado de los utensilios de cosecha o que se encuentren en malas condiciones (oxidados, rotos, etc.), línea de empaque defectuosa, mal diseñada, envases mal diseñados, defectuosos o dañados y transporte inadecuado, entre otras causas.

**Genéticas/Fisiológicas:** Productos cosechados antes de la madurez comercial, malformaciones, deshidratación, fisiopatías, senescencia, etc.

**Causas Socioeconómicas:** Volumen no comercializado o vendido a menor precio debido a cambios en la oferta y la demanda de los productos, administración deficiente o fallas en las transacciones comerciales.

La presente práctica se ha diseñado para identificar y clasificar las principales causas de pérdidas poscosecha registradas a nivel de Central de Abasto para crear una concientización en el alumno sobre las mismas y las estrategias que se pueden implementar para evitarlas o reducirlas.

## Objetivos

- El alumno será capaz de identificar y clasificar las causas del deterioro de diversos productos hortofrutícolas.
- El alumno será capaz de estimar la magnitud de los tipos de daño que presentan los productos hortofrutícolas.
- El alumno será capaz de dar recomendaciones para evitar o reducir las causas de las pérdidas pos-cosecha identificadas en los productos hortofrutícolas bajo estudio.

## Materia prima

Cítricos, plátanos, mango, manzanas, peras, duraznos, fresas, uvas o cualquiera de la temporada.

calabacitas, pepinos, nopales, cebollas, chiles, lechuga, espinacas, jitomate, tomate verde, zanahorias, etc.

## Material (por equipo de alumnos):

- 1 Bandeja.
- 1 Vernier.
- 5 Portaobjetos.
- 5 Cubreobjetos.
- 1 Asa de siembra.
- 1 Bisturí o navaja.
- 1 Pinza de disección.
- Toallas Sanitas.

**Reactivos**

1 Gotero con azul de algodón.  
(Medidas de seguridad, ver anexo 1).

**Equipo**

1 Microscopio estereoscópico.  
1 Microscopio óptico.

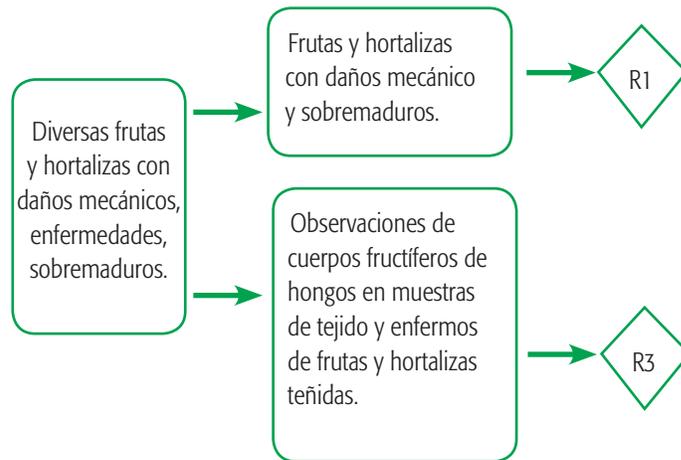
**Procedimiento**

1. El día previo a la realización de esta práctica, diríjase a la Central de Abasto, escoja una especie de fruta y una de hortaliza para trabajar y solicite que le proporcionen o le vendan una reja de los desechos de cada una de las especies seleccionadas.
2. Realice una entrevista al vendedor utilizando como guía el cuestionario del Anexo 10.
3. Lleve los productos al laboratorio, colóquelos sobre la mesa y péselos.
4. Clasifique los productos de acuerdo con el daño que presenten. En el caso de daño mecánico, sub-clasifique el tipo de daño.
5. Pese cada grupo o cuente las unidades y calcule el porcentaje correspondiente respecto al total.
6. Examine los productos enfermos en el microscopio estereoscópico y posteriormente, con el uso de guantes, elabore una preparación mediante un frotis de la parte dañada del producto, colóquelo sobre un portaobjetos y agréguele una gota de azul de algodón, cubra la preparación con el cubreobjetos y obsérvela bajo el microscopio óptico a 10X. Cambie al siguiente aumento para verla con mayor resolución.
7. Con base en la sintomatología presentada y las observaciones hechas al microscopio, así como con el apoyo de material bibliográfico de referencia, identifique al microorganismo causante del daño.
8. Con los datos capturados llene el siguiente cuadro.

**Cuadro 16.1.** Cuantificación de daños identificados y clasificados.

Tipo de daño	Número de Unidades o peso (kg)	Porcentaje del total de la reja
Daños por manejo (daño mecánico).		
Daños por medio ambiente.		
Daños por insectos y otros animales.		
Daños por enfermedades.		
Daños genéticos o por fisiopatías.		
Otros.		
Pérdida Total.		

## Manejo de residuos



R1 = Enviar a composteo, R3 = Enjuagar la preparación dentro de un frasco etiquetado para desechos de residuos especiales.

### Informe técnico

El informe de los resultados se redactará considerando un formato de artículo de investigación (Anexo 3) u otro formato de informe acorde con las indicaciones del profesor(a).

## Cuestionario

1. ¿Qué sugerencias daría a los bodegueros o distribuidores de la especie que usted estudió para reducir las pérdidas poscosecha observadas en la práctica?
2. ¿Cuántos tipos de daño encontró y a qué causas los atribuye?
3. Estime el volumen de pérdidas que el comerciante tendría por día, según la información proporcionada en la entrevista.
4. ¿Cómo considera que influyen las normas de calidad en los porcentajes de pérdidas que registra el comerciante?

## Bibliografía

-  Demerutis, C.P. 1991. Diagnóstico sobre manejo poscosecha y determinación de pérdidas en naranja y papaya destinadas al mercado nacional en Costa Rica. Programa Integral de Mercadeo Agropecuario. Proyecto F/CRI/90/004. Ed. PIMA (NI.90003817 y NI. 90005334). Costa Rica. 69 pp.
-  Demerutis C.P. 1994. Manual de laboratorio de manejo poscosecha de productos. Ed. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda EARTH. Costa Rica. pp. 9-22.
-  Gustavsson, J., Cederberg C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Alcance, Causas y Prevención. En: Congreso Internacional Save Food! O.E.A. Roma, 33 pp.
-  Pelayo, Z.C. 1992. Pérdidas de poscosecha: significancia, estimación y control. En: Yahia E.M., Higuera, C.I. (eds.) Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas. Ed. Limusa. México. pp. 27-36.



## Anexo 1

### Información básica para la manipulación segura de reactivos

Para el manejo de reactivos y preparación de soluciones es necesario utilizar bata, anteojos de seguridad, cubrebocas y guantes adecuados a las características del reactivo.

Reactivo	Características del reactivo	Acciones en caso de derrame y tratamiento de desechos
Acetona	$C_3H_6O$ No. CAS 67-64-1 Líquido incoloro inflamable, narcótico en altas concentraciones.	En caso de contacto con los ojos, enjuáguelos con abundante agua y los párpados bien abiertos durante 15 minutos por lo menos; en caso de contacto con la piel: lavarla con jabón suave y enjuagar el área afectada. Retirar la ropa contaminada y lavarla antes de volver a usarla; en caso de inhalación: respirar aire puro o administrar respiración artificial u oxígeno; en caso de ingestión: beber abundante agua. Avisar al médico. <b>NO provocar el vómito.</b> Si se produce vómito espontáneo mantenga la cabeza de la víctima a un nivel inferior al de su cadera para evitar aspiración. En caso de incendio, extinguirlo con $CO_2$ . <b>NO desechar en el drenaje.</b>
Ácido Acético	$CH_3COOH$ No. CAS 64-19-7 Líquido incoloro, inflamable, aroma característico picante, moderadamente tóxico.	Usar equipo de protección personal (máscara, guantes para ácidos y bata). En caso de contacto con los ojos, enjuáguelos con abundante agua y los párpados bien abiertos durante 15 minutos por lo menos; en caso de contacto con la piel: lavarla con jabón suave y enjuagar el área afectada. Retirar la ropa contaminada y lavarla antes de volver a usarla; en caso de inhalación: respirar aire puro o administrar respiración artificial u oxígeno; en caso de ingestión: beber abundante agua. Avisar al médico. <b>NO provocar el vómito.</b> En caso de incendio, extinguirlo con $CO_2$ .
Ácido ascórbico (grado alimentario)	$C_6H_8O_6$ No. CAS 50-81-7 Polvo blanco cristalino, antioxidante, no tóxico.	En caso de derrame o sobrante secar o desechar en el drenaje.
Ácido cítrico anhidro (grado alimentario)	$C_6H_8O_7$ No. CAS Cristales blancos, no tóxico, acidulante, antioxidante.	En caso de derrame o sobrante secar o desechar en el drenaje.
Azul de algodón (Sinónimo: azul de lactofenol)	Fenol No. CAS 108-95-2 Glicerol No. CAS 56-81-5 Colorante en forma de polvo rojo que al solubilizarse en agua se torna azul, ligeramente soluble en etanol. Se usa para la tinción directa de estructuras de hongos.	Evitar el contacto con la piel y ojos. Ocasiona quemaduras, es tóxico tras inhalación, en contacto con la piel y si es ingerido. Existe riesgo de efectos irreversibles, es mutagénico categoría 3. En caso de contacto con los ojos enjuáguelos con abundante agua, busque consejo médico, retire inmediatamente la ropa contaminada. En caso de insuficiente ventilación utilice equipo de ventilación especial. Deséchense los residuos en los desperdicios peligrosos.

Reactivo	Características del reactivo	Acciones en caso de derrame y tratamiento de desechos
Azul de toluidina	$C_{15}H_{16}ClN_3S$ No. C.I. 52040 Agente extremadamente oxidante. Por combustión o descomposición produce humos tóxicos de: CO, CO <sub>2</sub> , óxidos de nitrógeno, gas clorhídrico y óxidos de azufre.	<p>Puede ser nocivo en caso de inhalación, ingestión o absorción por la piel. Maneje el reactivo con guantes y gafas protectoras. Evite el contacto con la piel y los ojos, su inhalación y la exposición prolongada o repetida al reactivo. Lavarse las manos después de usarlo.</p> <p>En caso de contacto con los ojos, enjuáguelos con abundante agua y con los ojos bien abiertos durante por lo menos durante 15 minutos; en caso de contacto con la piel: lavarla con jabón suave y enjuagar el área afectada. Retire la ropa contaminada y lávela antes de volver a usarla; en caso de inhalación: respire aire puro o administre respiración artificial u oxígeno; en caso de ingestión: beba abundante agua. Avise al médico. En caso de derrames: use cubre bocas, gafas protectoras y guantes de goma, colecte el polvo e introdúzcalo en un envase etiquetado con el nombre del reactivo, consérvelo para su posterior eliminación, lave el lugar en donde se derramó previamente.</p>
Carburo de calcio	$CaC_2$ No. CAS 75-20-7 Sólido en forma de piedras. En contacto con la humedad reacciona formando hidróxido de calcio y libera acetileno, un gas extremadamente inflamable.	<p>En caso de contacto con la piel retire inmediatamente ropa y zapatos. Lave el área expuesta con jabón o detergente y abundante agua hasta que no haya evidencia del producto. En caso de quemadura química cubra el área con una venda seca y esterilizada. En caso de inhalación, retire a la víctima hacia un lugar donde haya aire fresco. Si la víctima no respira, verifique que las vías respiratorias estén libres de material endurecido y busque la ayuda de una persona capacitada para suministrar oxígeno. En caso de contacto con los ojos lávelos inmediatamente con abundante agua corriente por lo menos durante 15 minutos. También puede usar una solución de EDTA para lavar los ojos.</p> <p>En caso de incendio utilice arena seca o carbonato de sodio seco.</p>
Cloro Comercial (Hipoclorito de sodio al 5-6%)	$NaClO$ No. CAS 7681-52-9 Líquido no corrosivo. Elimina gérmenes, hongos y bacterias.	<p>Irritante, se debe evitar el contacto con piel y ojos.</p> <p>No mezclar con limpiadores que contengan amoníaco, no mezclar con ácidos, produce cloro tóxico. No calentar.</p>
Cloruro de sodio	$NaCl$ No. CAS 7647-14-5 Polvo blanco.	<p>En caso de contacto con los ojos, enjuagar con abundante agua.</p> <p>Eliminación de residuos: mezclar con abundante agua y desechar en el desagüe.</p>
Etanol	$CH_3CH_2OH$ No. CAS 64-17-5 Líquido inflamable. No se considera tóxico en exposiciones no prolongadas.	<p>Se sugiere eliminarlo por evaporación. En caso de contacto con la piel, lavar con agua. En caso de derrame, lavar con agua o una disolución salina. En caso de inhalación, trasladar a la persona afectada a un lugar ventilado. Contacto con la piel u ojos: enjuagar con agua abundante el área afectada.</p>

Reactivo	Características del reactivo	Acciones en caso de derrame y tratamiento de desechos
Fenoltaleína	$C_{20}H_{14}O_4$ No. CAS 77-09-8 Polvo blanco amarillento. No tóxico en exposiciones no prolongadas.	En caso de contacto con los ojos, enjuagar suavemente con agua abundante durante 15 minutos abriendo y cerrando ocasionalmente los párpados. En caso de contacto con la piel, lavar con agua, eliminar la ropa contaminada. En caso de ingestión, beber agua o leche inmediatamente. En caso de inhalación, trasladar a la persona afectada a un lugar ventilado.
Floroglucinol	$C_6H_6O_3$ No. CAS 108-73-6 Posee numerosos grupos hidroxilo que fácilmente se oxidan a quinonas, las cuales no son tóxicas.	Es utilizado como antihemético en el sector salud. Puede lavarse en forma común pues no es tóxico.
Hidróxido de sodio	NaOH No. CAS 1310-73-2 Perlas. Corrosivo.	Es un irritante severo, causa quemaduras en la piel. Diluir con agua y neutralizar con HCl para desechar en el drenaje.
Hidróxido de sodio 0.1N	Disolución de hidróxido de sodio. Se utiliza en análisis químicos e investigación.	En caso de contacto con la piel, lavar con agua. En caso de derrame, lavar con agua. Neutralizar con ácido clorhídrico la solución sobrante (concentración muy baja) y desechar en el drenaje.
Lugol	$I_2$ -KI No. CAS como Iodo sublimado 7553-56-2 Solución de yodo-yoduro de potasio.	Contacto con la piel u ojos: enjuagar con agua abundante el área afectada, retirar la ropa contaminada. Si hay ingestión: beber abundante agua, provocar el vómito. No se deben incorporar los residuos a los canales acuíferos ni al suelo. Coloque los residuos en frascos especiales, etiquetados con el nombre del reactivo y la fecha para que sean eliminados según las disposiciones oficiales. Se debe recoger el reactivo derramado con espátula o pala y arena o tierra seca y depositarlo en envases etiquetados.
Nitrógeno líquido	$N_2$ Gas licuado, inerte, inflamable, desplaza al $O_2$ , extremadamente frío $-196\text{ }^\circ\text{C}$ .	Gas atóxico, pero produce quemaduras severas por contacto. Únicamente el proveedor está autorizado para eliminar residuos.
Peróxido de hidrógeno	$H_2O_2$ No. CAS 7722-84-1 Líquido corrosivo.	En concentraciones mayores al 10%, causa quemaduras e irritación. Eliminar al drenaje cuando la concentración del reactivo preparado es muy baja (0.08%).

Reactivo	Características del reactivo	Acciones en caso de derrame y tratamiento de desechos
Rojo Neutro	$C_{15}H_{17}ClN_4$ No. CAS 553-24-2 Polvo Produce humos peligrosos por combustión.	<p>Toxicidad aguda oral. Ingestión nociva. Lavarse las manos con abundante agua y jabón tras su manipulación. No comer, beber o fumar durante su manipulación.</p> <p>En caso de incendio pueden producirse humos perjudiciales para la salud.</p> <p>Si se inhala: Respirar aire puro y descansar.</p> <p>Contacto con la piel: Retirar la ropa afectada y lavar la zona expuesta al reactivo con jabón suave y agua, a continuación enjuagar con agua caliente.</p> <p>Contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente con abundante agua. Consequir atención médica si persiste el dolor o la irritación.</p> <p>Ingestión: <b>NO provocar el vómito.</b> Enjuagarse la boca con agua abundante. Si persiste el dolor o irritación contactar a un médico.</p> <p>Protección al ambiente: no deseché en el alcantarillado. Si el producto alcanza los desagües, avise a las autoridades.</p> <p>Elimine el reactivo y su recipiente conforme a la reglamentación de residuos especiales o peligrosos.</p>
Sudán III	$C_{22}H_{16}N_4O$ No. CAS 85-86-9 Polvo. Estable en condiciones de almacenamiento adecuadas. Productos de descomposición peligrosos: Humos, CO, CO <sub>2</sub> .	<p>Almacénese lejos de bases fuertes, fuentes de ignición y luz directa del sol. Consérvese solo en el envase original o si ya está preparado, en un gotero ámbar debidamente etiquetado, en un lugar fresco y bien ventilado para evitar la formación de vapor.</p> <p>Después de utilizar el reactivo, debe lavarse las manos y otras áreas expuestas con jabón suave y abundante agua. No se debe comer, beber o fumar mientras se está trabajando con el reactivo.</p> <p>En caso de inhalación: Respirar aire puro, descansar.</p> <p>En caso de contacto con la piel debe despojarse de la ropa contaminada y lavar toda la zona de la piel expuesta al reactivo con jabón suave y agua fría abundante y a continuación con agua caliente.</p> <p>En caso de contacto con los ojos: enjuagar inmediatamente con agua abundante. Si persiste el dolor o irritación contacte a un médico.</p> <p>En caso de ingestión: Enjuague la boca con abundante agua <b>NO provoque el vómito.</b> Consiga atención médica de emergencia.</p> <p>Protección al ambiente: No deseché en el alcantarillado, en caso de que esto suceda, avise a las autoridades.</p>

Reactivo	Características del reactivo	Acciones en caso de derrame y tratamiento de desechos
Sudán IV	$C_{29}H_{24}N_6$ No. CAS 0041 197 – 25 – 5 Sólido marrón rojizo Productos de descomposición peligrosos: Humos, CO, CO <sub>2</sub> .	<p>Almacénese lejos de bases fuertes, fuentes de ignición y luz directa del sol. Consérvese solo en el envase original o si ya está preparado, en un gotero ámbar debidamente etiquetado, en un lugar fresco y bien ventilado para evitar la formación de vapor.</p> <p>Después de utilizar el reactivo, debe lavarse las manos y otras áreas expuestas con jabón suave y abundante agua . No se debe comer, beber o fumar mientras se está trabajando con el reactivo.</p> <p>En caso de inhalación: Respirar aire puro, descansar.</p> <p>En caso de contacto con la piel debe despojarse de la ropa contaminada y lavar toda la zona de la piel expuesta al reactivo con jabón suave y agua fría abundante y a continuación con agua caliente.</p> <p>En caso de contacto con los ojos: enjuagar inmediatamente con agua abundante. Si persiste el dolor o irritación contacte a un médico.</p> <p>En caso de ingestión: Enjuague la boca con abundante agua <b>NO provoque el vómito</b>. Consiga atención médica de emergencia.</p> <p>Protección al ambiente: No deseche en el alcantarillado, en caso de que esto suceda, avise a las autoridades.</p>



## Anexo 2

### Información de medidas de seguridad para el manejo de instrumentos y equipo de laboratorio

Equipo de Laboratorio	Características y Medidas de seguridad
Horno de microondas	Este equipo requiere que se opere en la potencia y tiempo recomendado para el calentamiento o cocción del alimento o muestras de alimentos. Evitar introducir material metálico o plástico no recomendado para hornos de microondas. Se debe verificar que la puerta se cierre apropiadamente y que los dispositivos del cerrojo de seguridad trabajen correctamente. El sello de la puerta deberá mantenerse limpio y no debe haber signo visible de daño en los sellos o el exterior del revestimiento del horno, ya que podrían ocurrir fugas alrededor de hornos microondas dañados, sucios o modificados. Si algunas fallas se encuentran o partes del horno están dañados no se debería de usar hasta que haya sido reparado por un ingeniero de servicio calificado.
Batidora de inmersión	Accionarlas únicamente dentro del vaso contenedor y desconectarlas cuando se proceda a su lavado. Lavar con cuidado la base de las cuchillas.
Parrilla eléctrica	Operar teniendo cuidado de no tocar la superficie cuando esté en funcionamiento; al terminar de utilizarla, tomarla por las partes laterales con ayuda de guantes de asbesto.
Pinzas para crisol	Utilizar únicamente en el área asignada ya que sirven para sujetar crisoles o materiales muy calientes. Evitar desplazarse con las pinzas en el laboratorio. Se debe emplear guantes protectores durante su uso.
Mechero Fisher	Asegurarse que la conexión de la manguera a la llave esté bien ajustada, abrir la llave suministradora de gas y la válvula reguladora de gas del mechero, aproximar la flama de un cerillo en el quemador para encendido del mechero, regulando la intensidad y altura de la flama con la válvula de aire, se tendrá una flama correcta cuando ésta sea azulada.
Extractor de jugo de frutas	Asegurarse de que el equipo esté limpio y seco antes de colocar sus accesorios y de conectar. No utilizar accesorios diferentes al equipo, no exceder la capacidad; cuide de no tocar con las manos las cuchillas y centrífuga. Al terminar su uso desconectar y desarmar para su limpieza.



## Anexo 3

### Instrucciones para el reporte con formato de artículo

#### ESTRUCTURA

El reporte deberá entregarse en **6 cuartillas** como **máximo**, a doble columna, con letra de tamaño 11. Deberá contener las siguientes secciones:

#### Título. En inglés y español

Nombre de los autores (integrantes del equipo)

Resumen. En español (opcional en inglés).

Indicando importancia del estudio, objetivo, metodología y resultados. No mayor de 150 palabras.

#### Introducción

Información que se proporciona al lector de manera general señalando la importancia del estudio y lo que se abordará en el reporte.

#### Antecedentes

Información directamente relacionada con lo que se trabaja experimentalmente (propiedades de la materia prima, efectos reportados de las tecnologías poscosecha aplicadas, etc.). Permite comprender y justificar el fundamento de los métodos y procedimientos del trabajo experimental que se sigue y explicar las causas de los resultados obtenidos.

**Cómo citar en el texto:** (Aspinall, 1980), (Angulo & Espinoza, 2001), (Grant *et al.*, 2003).

#### Objetivos

- Deben responder a las preguntas:
- ¿Por qué se hace el trabajo experimental?
- ¿Para qué se hace el trabajo experimental?

#### Metodología

Descripción de las características del material experimental: Materia prima; incluye información de la especie con su nombre científico y común, variedad, fecha de corte, condiciones sanitarias, aspecto (sano, color, frescura, defectos, etc.).

Tamaño de la muestra y núm. de repeticiones.

Métodos Analíticos utilizados (cualitativos, cuantitativos). Fundamento de las técnicas\*.

Procedimiento (esquemático en diagrama de bloques).

Cálculos realizados (cuando proceda). Consulte el Apéndice.

\* Incluirlo en la bitácora.

## Resultados

Los resultados de los parámetros medidos se presentarán en el mismo orden en que se describieron en la metodología.

Cuadros con número arábigo consecutivo y con título en la parte superior. Datos de promedios y desviación estándar.

Figuras con número arábigo consecutivo y descripción en la parte inferior.

Fotografías, identificadas.

Gráficas, con número arábigo consecutivo y con título en la parte superior.

## Discusión

Análisis de los resultados con base a los objetivos y los antecedentes planteados.

## Conclusiones

Presentados en orden de importancia.

## Referencias

Se enlistarán en orden alfabético enlistado con sangría francesa y con el formato siguiente:

**Artículos:** Autor(es). Año. Título. Nombre Revista. Vol. No. pp.

Ejemplo:

Watada, A.E., Herner, R.C., Kader, A.A., Romani, R.J. and Staby, G.L. 1984. Terminology for the description of developmental of horticultural crops. *HortScience* 19:20-21

**Libros:** Autor(es). Año. Título. Edición. Editorial. Lugar de Publicación. Vol. pp.

Ejemplo:

Casp. A, Abril, J. 2003. Procesos de conservación de alimentos. 2ª. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 494

## Direcciones de internet

## Apéndice

### Matemáticas básicas en el laboratorio

#### Conceptos de Precisión y Exactitud

En Ingeniería, Ciencia, Industria y Estadística los términos exactitud y precisión no son sinónimos y por lo tanto, no son equivalentes. A continuación se definen ambos términos.

#### Precisión

Se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de la variabilidad es la desviación estándar, la cual se utiliza para describir la reproducibilidad de los resultados experimentales. Se puede definir como el nivel de similitud entre los valores numéricos de varias medidas de la misma propiedad, realizadas bajo las mismas condiciones experimentales.

## Exactitud

Se refiere a que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadísticos, la exactitud está relacionada con el sesgo de una estimación. Cuanto menor es el sesgo, más exacta es una estimación. La siguiente figura ilustra ambos conceptos.



Alta exactitud, pero baja precisión.



Alta precisión pero baja exactitud

Tiro al blanco para ilustrar la diferencia entre exactitud y precisión.

En la figura aparece el resultado de varios tiros con arco hacia un objetivo. La exactitud describe la proximidad de las flechas al centro del objetivo, las flechas que llegaron más cerca del centro se consideran más exactas. Cuanto más cerca están las medidas a un valor real o aceptado, más exacto es el sistema de medición.

La precisión, en este ejemplo, es la distancia entre los impactos de las flechas, es decir, que tan distantes quedaron unos de otros; cuanto más cercanos entre sí hayan quedado estos impactos, más precisos fueron los lanzamientos. Similarmente, entre más cercanos estén los resultados de varias mediciones efectuada, más preciso será el sistema de medición. En sí, se puede decir que la precisión es el grado de repetitividad del resultado.

Hay que notar que el hecho de que las flechas estén muy cercanas entre sí es independiente de que se encuentren cerca del centro del objetivo. Resumiendo, se puede decir que exactitud es el grado de veracidad, mientras que precisión es el grado de reproducibilidad.

## La Media Aritmética

En una corrida experimental se obtiene un resultado, al realizar varias corridas cada una dará un valor distinto, ¿Qué valor se reportará como resultado del ensayo? El resultado numérico representativo de una serie de pruebas es **la media aritmética** de los resultados individuales, la cual se encuentra dividiendo la suma de los resultados entre el número de determinaciones en serie y se expresa matemáticamente como sigue:

$$\frac{\sum_i X_i}{N} = X$$

donde:

X representa la media aritmética.

$X_i$  representa el resultado numérico de la  $i$ -ésima corrida.

N es el número total de corridas.

## El Error Experimental

La exactitud de un resultado se expresa mediante el error experimental que es la diferencia entre el valor real o aceptado (medición correcta) y el obtenido experimentalmente. El *error* puede expresarse en *por ciento* de la medición correcta o también como un porcentaje de todo el rango de medición del instrumento utilizado.

$$E (\%) = [\text{dato obtenido} - \text{dato verdadero o correcto}] / [\text{dato verdadero o correcto}] \times 100.$$

Otra forma de expresar el error experimental es mediante el *error absoluto* que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero.

$$E_a = \text{Valor verdadero o correcto} - \text{Valor experimental}.$$

## La Desviación Estándar

La precisión de un resultado se puede expresar mediante la desviación estándar que es una medida de la dispersión de los resultados obtenidos experimentalmente.

## Ejemplo

Aquí se muestra cómo calcular la desviación estándar de un conjunto de datos. Los datos representan la edad de los miembros de un grupo de niños. { 4, 1, 11, 13, 2, 7 }.

1. Calcular el promedio o media aritmética  $\bar{x}$ .

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

En este caso,  $N = 6$  porque hay seis datos:

$$x_1 = 4$$

$$x_2 = 1$$

$$x_3 = 11$$

$$x_4 = 13$$

$$x_5 = 2$$

$$x_6 = 7$$

$i$  = número de datos para sacar desviación estándar.

$$\bar{x} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i \text{ Sustituyendo } N \text{ por } 6$$

$$\bar{x} = \frac{1}{6} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{6} (4 + 1 + 11 + 13 + 2 + 7)$$

$$\bar{x} = 6.33 \text{ Este es el promedio.}$$

2. Calcular la desviación estándar  $\sigma$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Sustituyendo } N-1 \text{ por } 5; (6-1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (x_i - 6.33)^2} \quad \text{Sustituyendo } \bar{x} \text{ por } 6,33$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} [(4 - 6.33)^2 + (1 - 6.33)^2 + (11 - 6.33)^2 + (13 - 6.33)^2 + (2 - 3.66)^2 + (7 - 6.33)^2]}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} [(-2.33)^2 + (-5.33)^2 + 4.67^2 + 6.67^2 + (-4.66)^2 + (0.67^2)]}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5} (5.43 + 28.4 + 21.8 + 44.5 + 18.7 + 0.449)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{119.28}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{23.86}$$

$$\sigma = 4.88 \quad \text{Éste es el valor de la desviación estándar.}$$

## Anexo 4

### Índices de madurez utilizados en algunas frutas y hortalizas

Índice	Ejemplos
Días transcurridos desde floración plena a la cosecha.	Manzanas, peras.
Unidades de calor promedio durante el desarrollo.	Chicharo, manzana, maíz dulce.
Desarrollo de la capa de abscisión.	Algunos melones, manzanas, feijojas.
Morfología y estructura de la superficie.	Formación de cutícula en uvas, tomates. Formación de red en algunos melones. Brillo en algunas frutas (desarrollo cera).
Tamaño.	Todas las frutas y muchas hortalizas.
Gravedad específica.	Cerezas, sandías, papas.
Forma.	Angularidad en los dedos de los plátanos. Llenado de los cachetes de los mangos. Compactación de la inflorescencia del brócoli y la coliflor.
Solidez.	Lechuga, col, coles de Bruselas.
Propiedades de textura:	Manzanas, peras, frutas de hueso.
Firmeza.	Chicharo.
Terneza.	
Color externo.	La mayoría de las frutas y hortalizas.
Color interno y estructura.	Formación de material gelatinoso en tomates. Color de la pulpa en algunas frutas.
Factores composicionales:	Aguacate, kiwis.
Sólidos totales (materia seca).	Manzanas, peras.
Contenido de almidón.	Manzanas, peras, frutos de hueso, uvas.
Contenido de azúcar.	Granadas, cítricos, papaya, melones, kiwi.
Acidez, Azúcar/acidez.	
Contenido de jugo.	Cítricos.
Contenido de aceite.	Aguacate.
Astringencia (contenido de taninos).	Persimons, dátiles.
Concentración interna de etileno.	Manzanas y peras.

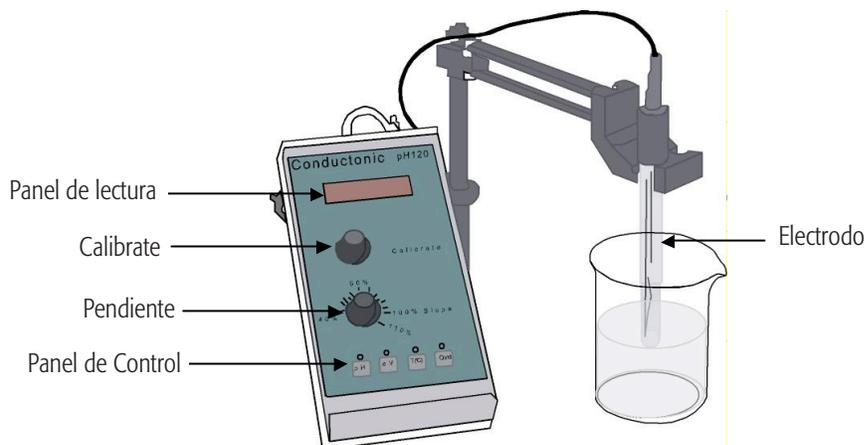


## Anexo 5

### Instrucciones de operación del potenciómetro Conductronic pH 120

#### Usos y Partes que lo Componen

El potenciómetro Conductronic Modelo pH 120 es un instrumento que se usa para efectuar mediciones de pH, determinaciones de iones específicos, titulaciones de óxido reducción, establece el punto final Kart Fischer y lleva a cabo otras titulaciones con electrodos polarizados. El equipo tiene un panel que proporciona lecturas de dos dígitos y la compensación de temperatura es automática de 0 a 100 °C. Su alta impedancia de entrada ( $10^{12} \Omega$ ) permite su uso con todos los electrodos actualmente disponibles, incluyendo los diseñados para iones específicos. La siguiente figura muestra las partes que lo componen y en el apartado siguiente se indica la función de cada una.



Partes del potenciómetro Conductronic Modelo 120.

#### Controles e Indicadores

1. **Panel de control.** Estas teclas permiten la selección de las diferentes funciones como son pH, mV, mVrel. y °C. Si se va a medir la temperatura se requiere el sensor de temperatura.
2. **Control de pendiente (Slope).** Compensa la desviación del valor teórico de la pendiente del electrodo. Funciona únicamente en el modo de pH.
3. **Control de Calibración (Calibrate).** Permite calibrar el instrumento en las funciones de pH y mVrel.
4. **Panel de Lectura.** Indica el valor del pH medido por el electrodo, también proporciona datos de temperatura y mV.

#### Calibración del Instrumento y Mediciones de pH

(Este procedimiento también se puede emplear para los potenciómetros Conductronic Modelos pH 10 y pH 20).

##### Calibración a un punto

(Cuando el valor de pH de la solución problema está en el intervalo de  $\pm 3.0$  unidades, respecto al pH 7.0 de la solución patrón).

1. Asegúrese que el electrodo este bien conectado en la parte trasera del equipo y conecte el equipo a la corriente eléctrica.
2. Seleccione la tecla "pH" en el panel de control.
3. Lave el electrodo con agua destilada y séquelo con un papel absorbente suave tocando solamente el bulbo.

4. Fije la perilla "Slope" en 100% en la escala.
5. Introduzca el electrodo y el sensor de temperatura en la solución patrón de pH 7.0 y permita que la lectura se estabilice (aproximadamente 30 seg).
6. Ajuste la perilla de calibración "Calibrate", hasta que el medidor indique el valor pH 7.0 de la solución patrón.
7. Retire el electrodo y enjuáguelo con agua destilada, pero no seque el electrodo.
8. Introduzca el electrodo en la solución a medir y lea el valor de pH en el panel de lectura. Después de cada medición, retire el electrodo y enjuáguelo con agua destilada.

### Calibración a dos puntos

(Cuando el valor de pH de la solución problema no está en el intervalo de  $\pm 3.0$  unidades, respecto al pH 7.0 de la solución patrón).

1. Siga las indicaciones de *calibración a un punto* hasta el paso número 6.
2. Retire el electrodo, enjuáguelo con agua destilada. Sumerja el electrodo en la segunda solución patrón de pH 4.0 ó pH 10.0 (utilice la primera si el pH de su muestra problema es ácido o la segunda si es básico).
3. Ajuste la perilla de control de pendiente "Slope", hasta que el medidor indique el valor de pH de la segunda solución patrón.
4. Retire el electrodo, enjuáguelo con agua destilada y proceda a efectuar las mediciones de la solución problema. No olvide limpiar el electrodo con agua después de cada medición.

### Limpieza y Cuidados del Electrodo de pH

- El electrodo se debe humectar y almacenar con una disolución de cloruro de potasio para evitar que se seque el diafragma.
- La membrana y el diafragma del electrodo pueden contaminarse, produciendo errores en la medición, para evitar este problema la membrana de vidrio debe limpiarse:
  - Con un papel húmedo.
  - En caso de contaminación con productos orgánicos puede usarse un disolvente como la acetona; también se puede emplear una solución de ácido clorhídrico 1:1 y dejar sumergido el electrodo por un día para evitar la formación de precipitado y sales en su interior.
  - Para eliminar la presencia de proteínas contaminantes se puede utilizar una solución de pepsina o de ácido sulfocrómico 0.1 N.
  - Cuando se mide el pH de muestras de grasas o aceites, los residuos se pueden eliminar lavando el electrodo con detergente y agua abundante.

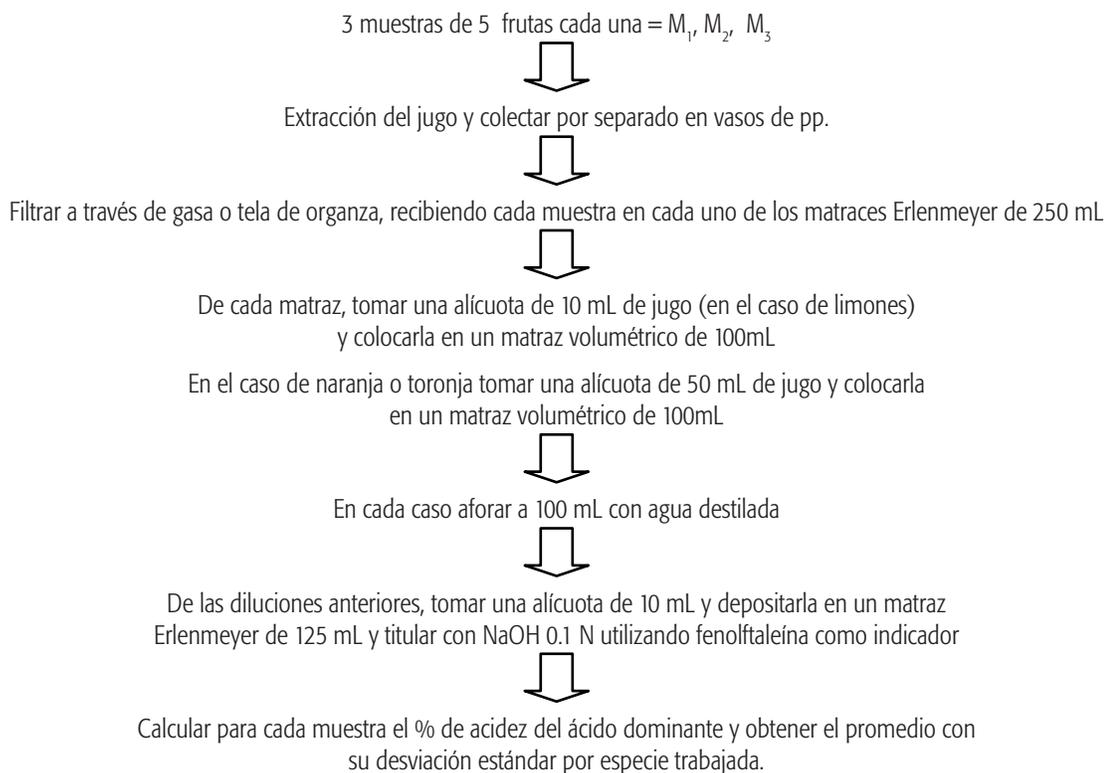
### Problemas y Precauciones

- Si el instrumento no funciona, revise que el cable de corriente esté bien conectado a la toma de corriente y que el cable del electrodo este firmemente conectado a la parte trasera del equipo.
- Verifique que las soluciones patrón estén completamente transparentes y que no contengan partículas extrañas. La solución patrón de pH 7.0 debe ser incolora, la de pH 4.0 roja y la de pH 10.0 azul. Cambie las soluciones patrón en caso de que la perilla "Calibrate" o la perilla "Slope" lleguen al tope midiendo estas soluciones.
- Las soluciones de baja conductividad, tales como el agua destilada y desionizada, responden más lentamente, dando la apariencia de lecturas erráticas.

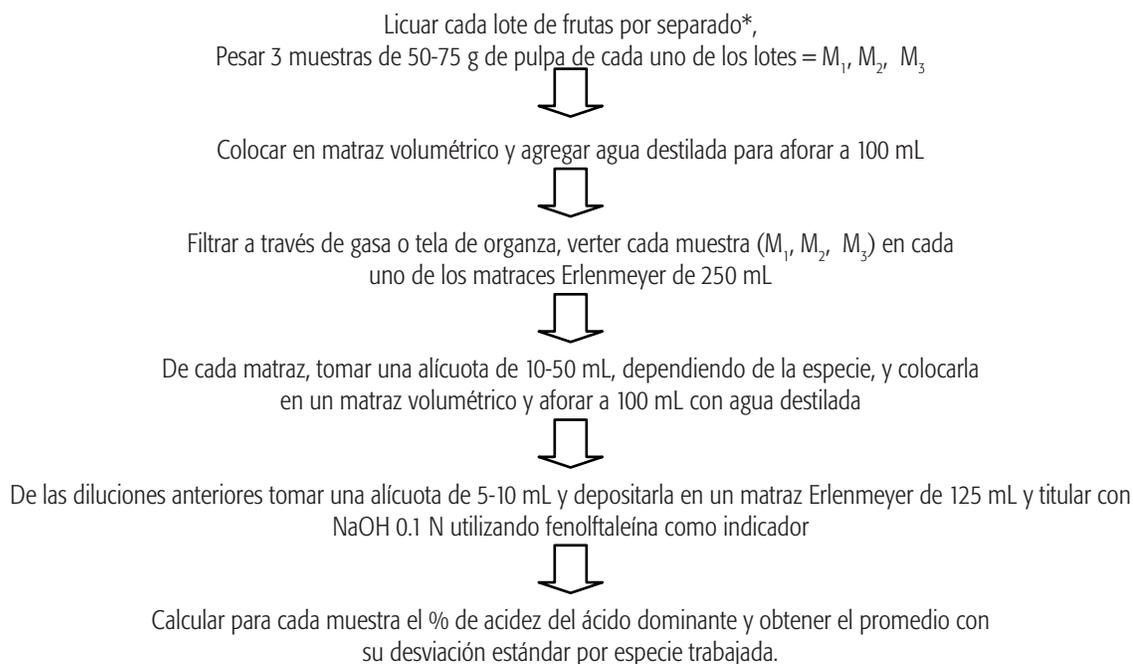
Si el instrumento no responde, verifique que el electrodo no esté dañado, de estarlo sustitúyalo por otro y hágalo saber al profesor y al laboratorista. Si el electrodo no está dañado, sumérjalo en agua tibia por una hora para destapar la referencia y que los cristales de KCl fluyan adecuadamente. Si el instrumento sigue sin responder correctamente después de haber verificado los puntos anteriores, informe a su profesor y a la Coordinación de Laboratorios para su reparación o sustitución.

## Anexo 6

### Procedimiento para el manejo de muestras de jugo de cítricos para la obtención de diluciones y determinación de la acidez titulable



### Procedimiento para el manejo de muestras sólidas o semisólidas para la obtención de diluciones y determinación de la acidez titulable





## Anexo 7

### POSTULADOS DE KOCH

1. Siempre se debe asociar un organismo específico con la enfermedad.
2. Se debe aislar dicho organismo en cultivo puro del hospedero enfermo.
3. Al ser inoculado a un hospedero saludable, bajo condiciones favorables, el organismo debe producir los síntomas característicos de la enfermedad de la cual se aisló originalmente el organismo.
4. El organismo obtenido en cultivo puro e identificado en el aislamiento previo, debe usarse para infectar el hospedero en cuestión y re-aislarse.

Fuente: Snowdon, 1990.

### WIKIPEDIA

[http://es.wikipedia.org/wiki/Postulados\\_de\\_Koch](http://es.wikipedia.org/wiki/Postulados_de_Koch)

Los **Postulados de Koch** fueron formulados por Robert Koch, a partir de sus experimentos con el *Mycobacterium tuberculosis*. Fueron aplicados para establecer la etiología de la tuberculosis pero se han generalizado para el resto de las enfermedades infecciosas con objeto de saber cuál es el agente participante.

1. El agente patógeno debe estar presente en cada caso de la enfermedad en las condiciones apropiadas y ausente en las personas sanas.
2. El agente no debe aparecer en otra enfermedad de manera fortuita o saprófita.
3. El agente debe ser aislado del cuerpo en un cultivo puro a partir de las lesiones de la enfermedad.
4. El agente debe provocar la enfermedad en un animal susceptible al ser inoculado.
5. El agente debe ser aislado de nuevo de las lesiones producidas en los animales de experimentación.

La mayoría de las bacterias que causan enfermedad en el humano se ajustan a los postulados de Koch con algunas excepciones, como el *Mycobacterium leprae* que no cumplen con el tercer enunciado de Koch. Otras como la viruela, no causan enfermedad en animales.

Algunos autores han adaptado estos postulados para explicar la probabilidad de que una molécula endógena pueda ejercer un papel determinado en la patogenia de un proceso.

1. La molécula se expresa en casos de enfermedad.
2. La molécula se expresa en forma distinta en casos de enfermedad y en individuos sin enfermedad.
3. La administración experimental de la molécula puede iniciar o exacerbar la enfermedad.
4. La neutralización experimental de la molécula puede prevenir o evitar la enfermedad.



## Anexo 8

### Guía para el análisis sensorial de productos hortofrutícolas frescos

Para la evaluación sensorial del producto trabajado y un producto recién preparado (como referencia) se recomienda invitar entre 10 y 15 consumidores y aplicar una prueba de nivel de agrado o de desagrado para cada atributo sensorial utilizando la escala hedónica estructurada indicada en los cuadros siguientes:

Producto evaluado:					
Núm. Participantes:					
Escala Hedónica	Apariencia	Olor	Sabor	Grado de Aceptación	Frecuencia
Gusta Mucho					
Gusta Moderadamente					
Gusta Poco					
Me es Indiferente					
Disgusta Poco					
Disgusta Moderadamente					
Disgusta Mucho					

Producto recién preparado (referencia):					
Núm. Participantes:					
Escala Hedónica	Apariencia	Olor	Sabor	Grado de Aceptación	Frecuencia
Gusta Mucho					
Gusta Moderadamente					
Gusta Poco					
Me es Indiferente					
Disgusta Poco					
Disgusta Moderadamente					
Disgusta Mucho					

Con la información obtenida, construya un histograma de frecuencias relativas o porcentuales de acuerdo al nivel indicado por los participantes.



## Anexo 9

### Prácticas de higiene e inocuidad para el manejo de frutas y hortalizas mínimamente procesadas

Durante la elaboración de los productos mínimamente procesados, también llamados pre-cortados o de la cuarta gama, deberán observarse de manera estricta las siguientes prácticas de higiene y manufactura con el propósito de garantizar la inocuidad de este tipo de alimentos, es decir, que llegarán al consumidor sin contaminantes químicos, físicos o microbiológicos dañinos para la salud.

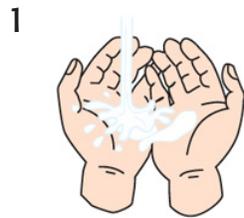
#### Accesorios personales

1. Todos los alumnos deberán vestir bata, guantes, cubre-boca y cofia limpios.
2. Los aretes, anillos, "piercings", collares, etc. están estrictamente prohibidos en el área de trabajo, de ser necesario quítese la joyería y guárdela.

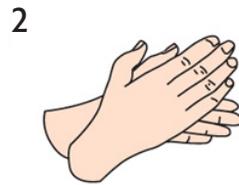
#### Prácticas de higiene

1. El piso del área de trabajo deberá limpiarse y desinfectarse con agua clorada (200 ppm) antes de iniciar las operaciones de procesamiento mínimo.
2. Antes de ingresar a la zona de trabajo, desinfecte la suela de sus zapatos en un tapete sanitario. Este consta de una bandeja metálica o de plástico de poca profundidad y superficie suficiente para pisar dentro de ella con ambos zapatos, la cual contiene una solución desinfectante, comúnmente cloro a 200 ppm. Realice esta práctica cada vez que salga del área de trabajo.
3. Limpie y desinfecte con agua clorada (200 ppm) su mesa de trabajo.
4. Las manos deberán lavarse siguiendo los pasos indicados más adelante, antes de iniciar las operaciones de procesamiento mínimo, después de manejar materia prima sucia, recoger cualquier objeto del piso, limpiarse la nariz y después de ir al baño.
5. Una vez que las frutas y hortalizas se han lavado y desinfectado, desinfecte también sus manos con alcohol en gel y colóquese los guantes antes de proceder al pelado y cortado de la materia prima.
6. Queda estrictamente prohibido contestar o utilizar el celular para evitar contaminaciones cruzadas.
7. Queda estrictamente prohibido el ingreso de cualquier persona ajena al área de trabajo.

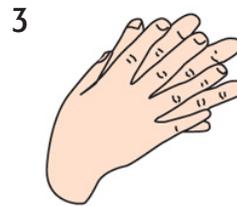
## Pasos para el procedimiento correcto del lavado de manos



Mójese las manos debajo de la corriente de agua.



Aplique el jabón y frote ambas palmas para asegurar una cobertura completa.



Esparza jabón sobre la parte posterior de las manos.



Asegúrese de colocar jabón entre los dedos.



Frótese los dedos de las manos.



Préste particular atención a los pulgares.



Presione las yemas de los dedos en la palma de la mano.



Enjuáguese y séquese bien con una toalla limpia.

## Anexo 10

### Guía para la entrevista al distribuidor de frutas y hortalizas de la central de abasto

1. ¿Cuál es el lugar de procedencia del producto?
2. ¿El vendedor es también el productor de la especie?
3. Si es así, ¿Cuáles son sus prácticas de cultivo (fertilización, programa de control fitosanitario, riego, etc.)? En caso de no serlo pasar a la siguiente pregunta.
4. ¿Cuál es el volumen que recibe diariamente?
5. ¿Cómo venía la fruta en el transporte, cubierta o descubierta?
6. ¿Cuál es el horario de recepción de la fruta?
7. ¿En qué condiciones recibe los productos, a cielo abierto o bajo techo?
8. ¿Recibe la fruta envasada o a granel?
9. Si viene envasada, (Qué tipo de envase: rejas, canastas, cajas, costales, etc.).
10. ¿Le da al producto algún tipo de manejo o tratamiento a su llegada, previo a su almacenamiento? (como una selección, clasificación, lavado o aplicación de encerado, etc.).
11. ¿Cómo almacena el producto? (a granel o envases).
12. ¿Cuánto tiempo permanece el producto en la bodega?
13. ¿Asea la bodega diariamente o qué tan frecuentemente lo hace? (fijarse si la bodega se encuentra limpia). Preguntar, por ejemplo, qué producto de limpieza usa.
14. ¿Cuenta con frigorífico?
15. ¿Lava los recipientes cada vez que manipula al producto?
16. ¿Comercializa al producto directamente del camión, a granel, en envases específicos?
17. ¿Elimina los productos deteriorados al menos una vez al día?
18. ¿Aproximadamente cuántas cajas o rejas se desechan diariamente?

**Estudios fisiológicos y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas.**

Se terminó de imprimir en septiembre de 2015,  
con un tiraje de 200 ejemplares, más sobrantes para reposición.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

UNIDAD IZTAPALAPA

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Av. San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina  
C.P. 09340, Del. Iztapalapa, México D.F.  
Tel.: (01) 58044600