



# GUIA PRACTICA DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Octubre, 2003

ACTIVIDADES  
DE DIFUSION

# 331

INIA LAS BRUJAS

# **GUÍA PRÁCTICA DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

**Alicia Feippe\* - Sergio Carballo\*\***

**INIA Las Brujas  
Canelones, Uruguay  
Octubre 2003**

\* Ing. Agr., M.Sc., Fisiología de Cosecha y Postcosecha, Programa Nacional de Fruticultura.  
E-mail:afeippe@inia.org.uy

\*\* Ing. Agr., M.Sc., Postcosecha, Programa Nacional de Horticultura. E-mail:scarball@inia.org.uy

## **Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**

### **Integración de la Junta Directiva**

**Ing. Agr. Pedro Bonino Garmendia**

Presidente

**Ing. Agr. Alberto Fossati**

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

**Ing. Agr. Eduardo Urioste Soneira**

**Ing. Aparicio Hirschy**

Asociación Rural del Uruguay

Federación Rural

**Ing. Agr. Juan Daniel Vago**

**Ing. Agr. Mario Costa**

Cooperativas Agrarias Federadas

Comisión Nacional de Fomento Rural

Federación Uruguaya de Centros Regionales

de Experimentación Agrícola

## INDICE

	Página
1. NORMAS DEL LABORATORIO DE FISIOLOGÍA - BIOQUÍMICA DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS .....	3
2. MUESTREO .....	4
2.1 Indices de madurez .....	4
2.2 En precosecha y cosecha .....	4
2.3 Durante el almacenamiento refrigerado .....	4
3. DETERMINACIONES E INSTRUMENTAL .....	5
3.1 Refractómetro .....	5
3.2 Penetrómetro .....	6
3.3 Acidez .....	7
3.4 pH .....	8
3.5 Degradación del almidón (Test de Yodo) .....	9
3.6 Contenido de jugo .....	11
3.7 Color de la semilla en manzana .....	11
4. EVALUACIÓN DE CORAZÓN ACUOSO EN MANZANA .....	11
5. RESPIRACIÓN .....	12
5.1 Procedimiento .....	12
6. TRANSPIRACIÓN .....	13
6.1 Procedimiento .....	13
7. SOLUCIONES Y REACTIVOS UTILIZADOS EN LAS DETERMINACIONES DE LABORATORIO .....	14
8. ANEXOS .....	15
9. BIBLIOGRAFÍA .....	18

## 1. NORMAS DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA- BIOQUÍMICA DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

El laboratorio de Fisiología de Cosecha y Postcosecha de INIA Las Brujas, tiene como objetivo realizar determinaciones físico – bioquímicas en productos hortifrutícolas al estado fresco e industrializados. Si bien su finalidad principal es experimental, debe cumplir con los requisitos de seguridad, idoneidad y supervisión, que lo habiliten para la obtención de resultados confiables.

En el sentido de la seguridad, puede hacerse referencia a:

- Disponer de fuentes de energía de acuerdo a las exigencias de número y tipo de equipos.
- Suficiente luminosidad y ventilación
- Suministro de agua potable
- Existencia de campanas absorbedoras para aquellos métodos que, por ejemplo, impliquen procesos de evaporación, reacciones con liberación de calor o utilización de productos altamente tóxicos
- Contar con un sistema de emergencia médica
- Proporcionar al personal utensilios adecuados, túnica, guantes, máscaras, etc.

La idoneidad de los resultados obtenidos, de acuerdo a un determinado método de análisis, depende también de la correcta manipulación y mantenimiento del instrumental y equipo involucrados. En éste sentido, se hace referencia a que:

- La calibración sistematizada de los equipos e instrumental, es una herramienta fundamental, en la obtención de resultados válidos.
- Se debe disponer de un instructivo o manual para cada equipo, acerca de su funcionamiento y mantenimiento.

- El instrumental y equipos deben ser utilizados por personal previamente capacitado.

Es importante la supervisión de todas las tareas realizadas en el laboratorio, que aseguren el cumplimiento de los objetivos planteados, así como el control y mantenimiento de la funcionalidad del mismo.

A continuación se puntualizan las principales normas internas para el uso del laboratorio de Fisiología y Bioquímica de frutas y hortalizas:

- Capacitación previa en metodologías de análisis.
- Capacitación en la utilización de los equipos.

Antes de comenzar el trabajo:

- Previo a la utilización de cualquier equipo, es importante verificar su voltaje.
- Ver las necesidades de reactivos e instrumentos para la realización del trabajo.
- Colocar todo el material necesario sobre la mesada.
- El instrumental de vidrio, luego de su uso, debe ser lavado con agua - detergente y enjuagados con agua destilada.
- El material de vidrio esterilizado a estufa debe ser cubierto con papel de aluminio.
- Las soluciones preparadas deben constar de etiqueta con nombre y fecha de elaboración.
- No deben guardarse soluciones en recipientes de uso corriente en el trabajo, como vasos, probetas, balones, etc.
- Deben conocerse las condiciones de almacenamiento de las soluciones preparadas: material de vidrio o plástico, temperatura ambiente o heladera, etc.
- Todos los reactivos deben estar identificados y en su envase original.
- Una vez terminado el trabajo, las mesadas deben permanecer limpias.
- Los equipos, cuando no se utilizan, deben ser desligados de la toma de corriente.

- No dejar restos de productos vegetales o derivados dentro del laboratorio.
- Está prohibido fumar dentro de las dependencias del laboratorio.
- Se debe de disponer de planillas acordes con los datos registrados (Planilla 1 y 2 del anexo).

**2. MUESTREO**

El tamaño de la muestra de frutas u hortalizas, debe ser representativo de la población en estudio, a los efectos de obtener datos estadísticamente confiables. Para ello, debe tenerse en cuenta el objetivo de las determinaciones que se realizarán en el laboratorio, el origen y tipo de producto. Como objetivos más comunes, puede mencionarse la determinación de índices de cosecha o estados de madurez y de calidad, porcentaje de incidencia de patógenos y desórdenes fisiológicos. En cuanto al origen del producto, debe ser considerado el hecho de que provenga de un cultivo en producción, de una cámara de almacenamiento refrigerado o de puntos de comercialización, como ferias y supermercados.

**2.1 Índices de madurez**

Para el caso de la determinación de índices de cosecha o estado de madurez, se eligen cinco árboles, distribuidos uniformemente en el monte, retirándose la fruta de la parte infe-

rior y de la altura media. El tamaño de la muestra estaría conformado por cuatro frutas por árbol (20 en total), de diámetro y color similar, así como libre de defectos. En algunas condiciones es necesario, para un mismo monte, retirar más de una muestra, ya sea por la existencia de dos tamaños medios de fruta o por la coexistencia de distintas prácticas de manejo dentro de la misma superficie.

**2.2 - En precosecha y cosecha**

Los muestreos deben comenzar a partir de las tres semanas antes de la probable cosecha, con un intervalo de una semana. Para más seguridad, a medida que se acerca la fecha de recolección, puede realizarse el análisis cada tres o cuatro días.

**2.3 Durante el almacenamiento refrigerado**

El tamaño de muestra, dependerá en realidad del tamaño de la población total. Existen fórmulas estadísticas, capaces de calcular el tamaño *n* de la muestra a partir del tamaño de la población o valor *N* y de la variabilidad o desviación estándar del parámetro a medir. No obstante ello, para el caso de frutas, puede utilizarse como guía, el cuadro 1.

Además de conocer el probable tamaño de muestra, la misma debe cumplir con determinadas exigencias, a los efectos de que los datos obtenidos reflejen la realidad poblacional

**Cuadro 1.** Relación del tamaño de muestra con el tamaño de la población.

Número o peso total de frutas (kg) (Tamaño de la población)	Número o peso total de la muestra (kg)
Hasta 200	7
201 – 500	15
501 – 1000	25
1001 – 5000	40
Más de 5000	70 (mínimo)

(Valero, C;Ruiz – Altisent. , CIGR Journal of Scientific Research and Development, Vol II, año 2000).

y faciliten instrumentar estudios de trazabilidad. En éste sentido se debe considerar que:

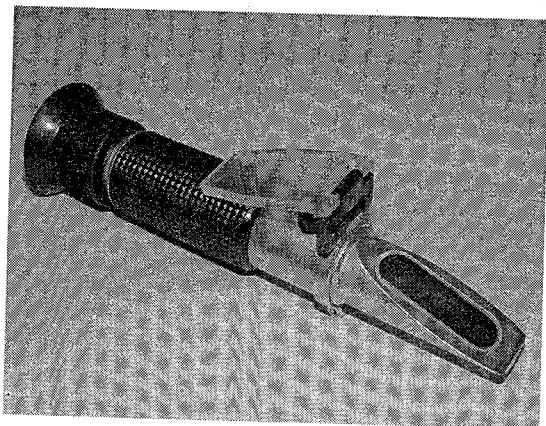
- El muestreo debe realizarse en distintos lugares y a diferentes alturas de la cámara o local de almacenamiento.
- Cada muestra debe estar formada por la misma variedad.
- Cada muestra debe provenir del mismo productor.
- En el caso de cosechas escalonadas, se debe realizar un muestreo por fecha.

### 3. DETERMINACIONES E INSTRUMENTAL

#### 3.1 - Refractómetro

El refractómetro es un instrumento óptico de precisión, cuyas medidas se basan en la propiedad de refractar la luz cuando ésta atraviesa un líquido. Los valores, así determinados, se denominan índice refractario, y están directamente relacionados con el contenido de sólidos de una muestra de tejido vegetal.

Este índice, expresado en grados BRIX, en memoria del químico alemán A.F.W Brix (1798 – 1890), es una medida del porcentaje de sólidos solubles totales (SST) contenido en un peso determinado de jugo. Comúnmente es utilizado para valorar porcentaje de sacarosa, pero debe tenerse en cuenta, que los sólidos presentes en un tejido vegetal, son la



suma de sacarosa, fructosa, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y hormonas. Dependiendo de la concentración de cada uno, el producto vegetal, ofrecerá una sensación de dulzura, salinidad, acidez o amargor.

La cuantificación de éstos parámetros permite valorizar la calidad de determinado producto, desde el punto de vista del sabor. Así, por ejemplo, el 65 a 80% de los sólidos solubles está compuesto por azúcares, lo cual hace que la expresión de los primeros, en grados Brix, sea una medida aproximada del nivel de azúcares.

#### 3.1.1 Calibración

En el caso del refractómetro ATC (Compensación Automática de Temperatura) la calibración es fijada al momento de su fabricación. No obstante ello, se debe corroborar su adecuado funcionamiento, antes de comenzar las mediciones. Para ello se colocan dos a tres gotas de agua destilada sobre el prisma. Se focaliza, en dirección a la luz, hasta divisar nítidamente la escala Brix. Si la línea de división, entre la región clara y oscura, está perfectamente alineada con el valor cero, el instrumento está correcto. En caso contrario, existe un mecanismo de ajuste de escala, para el cual se mantiene el prisma del instrumento embebido con agua destilada durante una hora y a una temperatura, de aproximadamente, 20° C. Luego, se focaliza y mediante un sistema de rosca, presente en el instrumento, se va ajustando la escala lentamente.

#### 3.1.2 Determinación de Sólidos Solubles

Para obtener el valor numérico del contenido de sólidos solubles totales, basta con colocar 2 a 3 gotas de jugo filtrado sobre el prisma, descender la cobertura de vidrio suavemente y efectuar la lectura correspondiente.

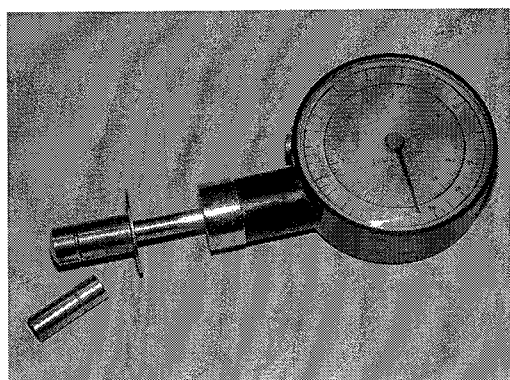
#### 3.1.3 Mantenimiento

Consiste en remover la muestra del prisma y de la tapa, con un papel suave y húmedo, para evitar marcar la superficie. Esta operación se realiza entre muestra y muestra, así

como al final del trabajo. Deben evitarse los golpes, principalmente del prisma, así como el lavado con agua corriente.

### 3.2 - Penetrómetro

La textura de una fruta u hortaliza es uno de los atributos más importantes que hacen a la aceptabilidad por parte del consumidor. El término *textura* engloba propiedades estructurales y mecánicas de un vegetal, asociadas



a una diversidad de tejidos. Expresiones como dureza, firmeza, blando, frágil, flexible, flácido, harinoso, arenoso, seco, jugoso, son algunas de los términos utilizados para definir la sensación que produce una fruta u hortaliza al contacto directo con las manos y la boca. Actualmente no se cuenta con un instrumento capaz de medir, en una sola vez, todos los elementos que definen determinada textura. No obstante ello, poder disponer de un valor numérico es muy importante al momento de realizar una evaluación de calidad, lo que a su vez, determina un lenguaje común entre investigadores, productores, compradores y agencias de comercialización. En éste sentido y a pesar de la existencia de equipos mas sofisticados, capaces de medir compresión, deformación, resistencia a los golpes, etc, la utilización de los instrumentos denominados penetrómetros o presiómetros, ofrece la posibilidad de determinaciones simples, accesibles a un público diversificado (productores, técnicos, etc) y de menor costo.

#### 3.2.1 Modelos de penetrómetros

Instrumento	Fuerza	Lectura	Fabricante
Magness-Taylor	Manual	Escala	D. Ballauff Mfr. Co., Laurel, MD
Effegi	Manual	Escala	Effegi, Ravenna, Italy
McCormick	Manual	Escala	McCormick Fruit Tech Co., Yakima, WA (mfr. by Effegi)
Wagner	Manual	Escala	Wagner Instruments, Greenwich, CT (mfr. by Effegi)
EPT	Mecánica	Electrónico	Lake City Technical Products, Kelowna, BC, Canada
U.C. (Univ. De California)	Mecánica	Escala	None. Uses Ametek force gauge and manual drill press
Universal testing machines or materials testers	Mecánica	Electrónico	AMETEK Test and Calibration Instruments (Paoli, PA) Chatillon (Largo, FL) Food Technology Corp. (of General Kinetics, Inc.) Instron Corp. (Canton, MA) Lloyd Inst. Material Testing Prod. (Hampshire, UK) Stable Micro Systems, Ltd. (Surrey, UK) Tinius Olsen Testing Machine Co. (Willow Grove, PA)



### 3.2.2 Calibración

Si bien los instrumentos vienen calibrados de fábrica, es importante chequear los mismos a intervalos regulares. Una forma rápida y económica es medir la firmeza de pulpa con dos o tres instrumentos diferentes, para comparar los datos obtenidos.

En el caso de constatar un funcionamiento incorrecto, se debe consultar con el fabricante, para obtener un conveniente asesoramiento.

### 3.2.3 Determinación de firmeza de pulpa

Para minimizar los errores, al momento de realizar mediciones con el penetrómetro, es importante tomar las siguientes previsiones:

- \* Chequear que el émbolo sea el correcto, teniendo en cuenta que para medir la firmeza de la pulpa de manzanas se utiliza un émbolo de 11 mm y en pera y frutos de carozo, uno de 8 mm de diámetro.
- \* Las mediciones deben ser realizadas, en lo posible, por una misma persona.
- \* Se debe utilizar una muestra representativa con sus componentes, aproximadamente del mismo tamaño
- \* Se debe obtener dos a tres datos por producto analizado. En el caso de frutas bicolors, la parte roja suele ser menos firme que la cara más verde, por lo cual se debe asegurar una lectura de ambas. Para duraznos y nectarinos, además de los lados laterales, debe efectuarse una en la sutura, por ser ésta última generalmente menos firme.
- \* Al comenzar las mediciones, la fruta debe estar a temperatura ambiente. En el caso de provenir de almacenamiento refrigerado, esperar el tiempo necesario, hasta que la fruta alcance las condiciones ambientales.
- \* La medición de firmeza se realiza a la altura de la zona ecuatorial de la fruta, luego de retirar, muy superficialmente, la piel en un área de uno a dos centímetros cuadrados.
- \* Antes de perforar la fruta, se debe estar seguro que la escala del penetrómetro marca el cero.

- \* La fruta debe ser apoyada en una superficie firme y el movimiento con el penetrómetro debe ser simple, sin intervalos. El émbolo debe ser introducido hasta el nivel medio o aforo, marcado en el mismo.

### 3.2.4 Mantenimiento

Es muy importante, que una vez finalizado el trabajo con el penetrómetro, sean removidos los restos de jugo y pulpa. Esta operación se realiza con papel embebido en agua, evitando que la misma penetre al interior. El puntero es removido y lavado con agua normal. Para evitar golpes y/o manipulaciones incorrectas, el instrumento, debe ser mantenido en su estuche, una vez finalizadas las tareas.

### 3.2.5 Unidades de medición

La firmeza de pulpa de una fruta se expresa en libras fuerza (lbf), newton (N) y kilogramos fuerza (Kgf). Algunos instrumentos permiten la lectura en libras y kilogramos, por ejemplo algunos modelos de Effe-gi. No obstante los valores obtenidos deben expresarse en aquella unidad que sea de uso corriente en el ámbito de productores o exigida en las transacciones comerciales, por ejemplo normas de calidad. En virtud de lo anterior, las siguientes equivalencias entre las diferentes expresiones de firmeza, permiten realizar una fácil conversión y así cumplir con las exigencias impuestas.

Equivalencias entre las unidades de firmeza de pulpa:

$$\text{Lbf} = \text{kg} \times 2.2046$$

$$\text{N} = \text{lbf} \times 4.448$$

$$\text{N} = \text{kgf} \times 9.807$$

$$\text{Kgf} = \text{lbf} \times 0.4536$$

## 3.3 Acidez

Los métodos utilizados para medir la acidez en frutas y hortalizas, son a través del porcentaje de ácidos orgánicos y la concen-

tración de ion hidrógeno o valor del pH. En el caso de cuantificar el sabor ácido, la acidez total titulable es el método más viable, en cuanto para los propósitos de determinar la calidad de productos procesados, el pH es el más indicado.

### 3.3.1 Metodología

**Método volumétrico:** Se extrae el jugo de la totalidad de la muestra, se filtra y se toman 5 ml, a los que se agregan 20 ml de agua destilada y 3 a 4 gotas de indicador fenolftaleína. Se titula con NaOH 0,1 N, hasta obtener un cambio del color, estable por más de 30 segundos.

Cálculos:

$A = V \times 6.7 = \text{mg de ácido málico en la muestra}$   
(5ml)

V = volumen de NaOH gastado en la titulación  
x Factor de corrección de la solución 0.1 N

Los resultados se expresan en g/100 ml de muestra.

**Método con peachímetro:** Se calibra el peachímetro con la solución buffer alcalina (pH 7.0) y ácida (pH 4.0). Luego se introduce el electrodo en una solución preparada con 5 ml de jugo + 20 ml de agua destilada + tres gotas de fenolftaleína. Se titula con la solución NaOH 0.1 N hasta lograr un valor de pH = 8.1, que es el correspondiente al indicador fenolftaleína.

Cálculos:

$$A = \frac{V \times N \times 1000 \times M}{v \times n}$$

A = acidez en meq/kg

V = volumen en cc de NaOH utilizado

N = normalidad de la solución de NaOH

M = masa en grs de la muestra (g/l)

v = volumen de la muestra en ml

Nota: el valor M/n para el ácido málico es 67

### 3.3.2 Preparación de soluciones

Solución de NaOH 0.1 N:

- Se pesan, en balanza de precisión, 4 g de Hidróxido de Sodio.
- Se agrega lentamente 1 litro de agua destilada, pues ambos reaccionan con desprendimiento de calor.
- Se mezcla durante 15 minutos con agitador magnético.

**Solución de ácido oxálico** (para calcular Factor de corrección de la solución de NaOH 0.1 N):

- Se pesan, en balanza de precisión, 1,2607 g de ácido oxálico.
- Se disuelven en 100 ml de agua destilada.
- Se mezcla durante 15 minutos en agitador magnético.

Calculo del factor:

- Se colocan en una vaso de bohemia, 5 ml de solución de ácido oxálico + 20 ml de agua destilada + 3 gotas de fenolftaleína (cuatro repeticiones).
- Se titula cada repetición con la solución de NaOH 0.1 N.
- Se promedian los cuatro valores obtenidos (A).
- Factor = 10/A.

**Solución de fenolftaleína**

- Se pesa 1 g de fenolftaleína en polvo
- Se diluye en 60 ml de Etanol
- Se agrega 40 ml de agua destilada
- Se mezcla durante 15 minutos en agitador magnético

### 3.4 - pH

Matemáticamente el  $\text{pH} = \log_{10} (1/[\text{H}^+])$ , donde la concentración de iones es expresada en moles/L. El agua pura, de pH neutro, presenta iguales concentraciones de los iones:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  mole/L.  $\log_{10} 1/[\text{H}^+]$  es 7, el cual es el pH de una solución neutra. La

escala o rangos van del valor 0 al 14, donde por debajo de 7, las soluciones son consideradas ácidas y por encima de 7, son consideradas básicas.

### 3.4.1 Peachímetro

La precaución más importante es calibrar el instrumento antes de comenzar una serie de mediciones. Generalmente cada equipo viene acompañado del catálogo explicativo. A los efectos de ejemplaridad de una calibración, se detalla a continuación la especificada para el peachímetro manual HORIBA D – 20:

- Encendido.
- Presionar la tecla de acceso a la calibración (CAL).
- Lavar la punta del electrodo con agua destilada y secar con papel suave.
- Sumergir el electrodo en la solución standard pH = 7.00.
- Presionar la tecla de calibración (CAL) y esperar a que el valor del pH llegue a 6.86 y permanezca constante.
- Retirar el electrodo, lavarlo nuevamente con agua destilada y secarlo con papel suave.
- Sumergirlo en la solución standard pH = 4.00.
- Presionar la tecla CAL, para dar inicio a la medición esperar a que el valor del pH sea aproximadamente igual a 4.
- Volver a presionar la tecla CAL para fijar el pH = 4.00.
- Presionar la tecla (MEAS) que retorne el peachímetro a la condición de medir las muestras.

### 3.4.2 Medición de pH

- Lavar la punta del electrodo con agua destilada y secar con papel suave.
- Sumergir el electrodo en la muestra.
- Presionar la tecla de lectura del pH (MEAS).
- Se considera un valor de pH correcto, cuando el mismo permanezca constante en pantalla.

### 3.4.3 Mantenimiento

Siempre mantener los electrodos sumergidos en agua, cuando no se esté utilizando el mismo

## 3.5 Degradación del almidón (Test de Yodo)

En el caso del almidón, su nivel en las manzanas es elevado durante el crecimiento y desarrollo, disminuyendo a medida que la fruta madura, para luego tornarse casi nulo durante los procesos que involucran la senescencia. Este proceso es explicado por la degradación a azúcares simples (glucosa, fructosa, xilosa, galactosa, manosa, etc) lo cual conduce a un incremento proporcional de los mismos conforme aumenta la madurez.

La capacidad del almidón de reaccionar con el yodo, produciendo una coloración negro – azulada y por otro lado la ausencia de reacción con los azúcares simples, condujo a la elaboración de escalas colorimétricas o grados de madurez interna, para las diferentes cultivares de manzana.

### 3.5.1 Ventajas del Test de Yodo

El cosechar las manzanas en el momento óptimo de madurez implica disminuir la posibilidad de ocurrencia de pérdidas durante el almacenamiento refrigerado y comercialización, debidas a desórdenes fisiológicos propios de frutas inmaduras o sobremaduras. Existen parámetros asociados directamente con el estado de madurez de la fruta, como lo es la firmeza de la pulpa, tamaño, color de la piel, contenido de azúcares, días desde plena flor a probable cosecha, color de la semilla, niveles de producción de etileno y anhídrido carbónico, acidez. Sin embargo al nivel de predios, la utilización de algunos de éstos parámetros está limitada por la complejidad del método, ausencia de instrumental adecuado o inexactitud en las mediciones. Así, el análisis de contenido de almidón tiene la ventaja de ser económico, objetivo y de fácil manipulación, lo cual ofrece al productor la

capacidad de combinarlo, por ejemplo, con tamaño de fruto y color de piel, a los efectos de realizar un seguimiento en pre y poscosecha y de éste modo planificar la comercialización.

### **3.5.2 Preparación de la solución de yodo**

Para la preparación de la solución se pesan 12 gramos de YODO METALICO y 24 gramos de YODURO DE POTASIO. Se agrega 1 litro de agua destilada, se mezcla y se deja reposar durante 24 horas antes de utilizarlo, ya que el yodo metálico es poco soluble en agua.

En caso de adquirirse la preparación en un local comercial, la misma debe ser con concentración de 1.2% de yodo metálico y 2.4% de yoduro de potasio.

Para el almacenamiento de la solución se aconseja utilizar un envase de vidrio oscuro, con etiqueta de identificación y mantenerlo resguardado de la incidencia de los rayos solares.

Es conveniente preparar la solución en cada zafra de cosecha para asegurar la eficiencia del método.

### **3.5.3 Análisis**

Se vierte la solución de yodo en una bandeja, hasta una altura de un centímetro aproximadamente. Se corta la fruta transversalmente, a la altura del ecuador y se sumerge durante un minuto. Luego se retira y se coloca sobre papel, con la cara teñida expuesta hacia arriba. Luego de cinco a diez minutos se realiza la lectura, asignando valores numéricos, sobre la base de las escalas presentadas en las figuras 1, 2, 3 y 4 del anexo.

### **3.5.4 Evaluación de los resultados**

Una vez retirada la fruta de la solución de yodo, se leen visualmente, comparándolas con las figuras y se les asigna el valor correspondiente. Los valores numéricos obtenidos se promedian y éste valor final será el indicador del estado de madurez de la fruta.

En las escalas de degradación de almidón, las zonas oscuras corresponden al contenido de almidón y las claras, a los azúcares. De éste modo, cuando mayor es el área no teñida por el yodo, mayor es el estado de madurez de la fruta y viceversa, a mayor área oscura, mayor inmadurez.

Las manzanas con valores promedio de 1 a 1.5 nos están indicando que no están con la madurez apropiada de cosecha. Estos valores se correlacionan positivamente con firmeza de pulpa alta, poco color de piel, bajo contenido de azúcares, alta acidez y generalmente menor tamaño de fruto. Con éste estado de madurez, la fruta no desarrollará las propiedades organolépticas deseadas por el consumidor, al mismo tiempo que si son almacenadas por varios meses son sensibles a una mayor deshidratación y ocurrencia de desórdenes fisiológicos.

Valores en el entorno de 4, nos están indicando que la firmeza es inferior al óptimo de cosecha, mejor color, mayor contenido de azúcares, menor acidez y probablemente fruta de mayor tamaño. Con éste estado de madurez la fruta presentará buen sabor y aroma, pero no podrá ser almacenada en frío durante varios meses, debido a ser más propensa al desarrollo de desórdenes, como el decaimiento interno.

La fruta con valores promedio dentro del rango de 4,5 – 5 son consideradas aptas para el consumo inmediato. En el caso de variedades rojas, valores de 6, se corresponden con frutas de textura harinosa. Para el caso de manzana Royal Gala, valores de 5.5 de la escala indican frutas de muy poco sabor, principalmente por su alta relación azúcar/acidez.

Valores promedios de 2 – 3.5 son los más indicados como índices óptimos de cosecha, teniendo en cuenta el sistema de almacenamiento a utilizar (Atmósfera Controlada y Convencional) y el período en que la fruta va a permanecer en el mismo, antes de llegar al consumidor final.

### 3.6 Contenido de jugo

El contenido de jugo de un fruto caracteriza a una determinada variedad y su valoración es un importante parámetro de calidad. En aquellos productos con alto contenido de jugo, su mantenimiento dentro de ciertos valores, es un indicativo de la aptitud para consumo en fresco, como para la utilización en procesos industriales. Los métodos utilizados pueden ir desde apreciaciones sencillas, hasta mediciones más complejas. En el primer caso, en un control de calidad rutinario, el hecho de utilizar un penetrómetro para medir firmeza de pulpa, degustar la fruta o comprimirla, introduce conceptos objetivos y subjetivos de poco o muy jugoso. En un trabajo de caracterización o evaluación, se debe recurrir a técnicas de laboratorio, que cuantifiquen la jugosidad de un producto. Es importante, partir del concepto, que existe una baja relación entre contenido de humedad y jugosidad. En éste sentido, es importante introducir los conceptos de capacidad de extracción, contenido total y porcentaje de jugo.

#### A – Capacidad de extracción

- \* Muestra: 10 frutas por repetición.
- \* Se pesan 200 gramos de pulpa.
- \* Se homogeneiza durante 60 segundos.
- \* Se deja en reposo durante 15 minutos.
- \* Se centrifuga durante 10 minutos a una velocidad de rotor de 1000 g.
- \* Se deja decantar.
- \* La masa decantada se expresa como porcentaje de la masa inicial (200 g).

#### B – Contenido total de jugo

- \* Se preparan otros 200 gramos de pulpa provenientes de la misma muestra.
- \* Se lleva a estufa a 80° C durante 7 días, luego de los cuales se obtiene peso de masa seca.
- \* Masa fresca – Masa seca = Contenido total de jugo.

- \* El contenido total de jugo debe expresarse en porcentaje.

#### C – Porcentaje de jugo

- \* Porcentaje de jugo =  $B - A$  (Contenido total de jugo - Capacidad de extracción).

### 3.7 - Color de la semilla en manzana

El desarrollo del color marrón, de las semillas de la manzana, acompaña los procesos físico – químicos de la maduración y por tanto posee una buena correlación con la disminución de firmeza, aumento de sólidos solubles, degradación de almidón y color. Como la mayoría de los índices de cosecha utilizados, no es absoluto en la decisión de cuando comenzar la recolección, pero presenta como ventaja la sencillez y ausencia de costos.

El procedimiento es retirar las semillas de una de las mitades de la fruta y referir el color de acuerdo a la siguiente escala:

- 1: semillas sin color
- 2: ápice marrón
- 3: ¼ de color
- 4: ½ color
- 5: ¾ color
- 6: color completo.

No siempre la fruta presenta la totalidad de sus semillas del mismo color, por lo cual se le asigna un valor a cada una y luego se calcula el promedio de la muestra. Se considera que un valor medio de cinco a seis, está correlacionado con los valores óptimos de los índices de cosecha ya mencionados.

### 4. EVALUACIÓN DE CORAZÓN ACUOSO EN MANZANA

El corazón acuoso es caracterizado como un desorden fisiológico de pre - cosecha, ya que la fruta desarrolla ésta fisiopatía cuando comienza el proceso de maduración en la planta. La fruta afectada muestra áreas de aspecto húmedo, vítreo o transparente, alre-

dedor de las semillas, al nivel de las bandas vasculares primarias o distribuidas en forma irregular en toda la pulpa. En casos excepcionales, la fruta puede desarrollar síntomas externos, cuando el daño es sumamente severo, llegando a segregar pequeñas gotas de savia en el ámbito de las lenticelas. Se ha observado que en aquellas frutas con áreas pequeñas de corazón acuoso, los síntomas desaparecen durante el almacenamiento refrigerado. Por tanto, la fruta con niveles hasta el moderado, podrá ser almacenada durante varios meses en frío, no así aquellas con daño medio y severo, las cuales deberán ser comercializadas inmediatamente. Sobre la base de lo expuesto, es importante disponer de una escala de daño predeterminada, a los efectos de comparar la fruta afectada y poder programar el futuro de la misma ( Anexo: Figura 5).

Dependiendo del volumen de fruta producido, la cosecha de manzana supone varios repasos, lo cual conduce a diferentes estados de madurez durante el período de zafra. Para ello, es conveniente tomar una muestra representativa del volumen cosechado y cortar la fruta transversalmente, al nivel de la zona ecuatorial. De acuerdo al grado y porcentaje de corazón acuoso, puede planificarse el período de almacenamiento – comercialización. Las frutas que presenten nivel medio a severo deben ser comercializadas inmediatamente.

Existen tecnologías, no destructivas, utilizadas en aquellos lugares con un importante flujo comercial y en dónde se manejan grandes volúmenes de fruta, como es el caso de los centros de recepción – distribución de frutas.

## 5. RESPIRACIÓN

### Introducción:

El método utilizado es el denominado estático, lo cual significa que el mismo no es adecuado para medir respiración durante períodos prolongados de almacenamiento o en condiciones de atmósfera controlada. El producto vegetal es colocado dentro de una campana hermética, retirándose muestras de aire, luego de un período de tiempo que permita la acumulación de CO<sub>2</sub>. En la respiración aeróbica el O<sub>2</sub> se reducirá en forma proporcional al aumento del CO<sub>2</sub>. EL cociente respiratorio (QR) o la relación entre el CO<sub>2</sub> producido y el O<sub>2</sub> consumido indicará que la respiración es aeróbica cuando es cercano a 1. En tanto, cuando la misma indique valores mayores a 1, las condiciones indican una respiración anaeróbica.

### 5.1 Procedimiento:

1. Pesar el vegetal, objeto de la medición de respiración (ej. espinaca, frutilla, manzana, naranja, cebolla).
2. Colocarlo en una campana y cerrar herméticamente.
3. Dejar transcurrir 30 minutos, a los efectos de obtener niveles de CO<sub>2</sub> cuantificables.
4. Medir concentración (Ci) de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, con un medidor portátil Marca ABISS.
5. Volver a medir concentración de gases (Cf) luego de 60 minutos.
6. Calcular Intensidad Respiratoria (IR) aplicando la siguiente fórmula:

$$IR \text{ (en nmoles/kg/h)} = (Vc - Mf/Df) * (Cf - Ci) * (P * 0.00001/8.3143 * T * Mf * ts) * 10^9$$

Donde:

Volumen de campana en ml = Vc

Masa de fruta en gr = Mf

Densidad media de fruta en g/cm<sup>3</sup> = Df

Concentración final de CO<sub>2</sub> en % = Cf

Concentración inicial de CO<sub>2</sub> en % = Ci

Presión del aire en Pa = P

Temperatura de fruta en °K = T      °K = °C + 293.15

Tiempo en campana, en segundos = ts

7. Convertir IR (nmoles) a mg de CO<sub>2</sub> a través de:

$$IR \text{ (nmoles/kg/h)} * (PM_{CO_2}) * 0.001$$

Donde:

Valor:

Peso Molecular CO<sub>2</sub> = PM<sub>CO<sub>2</sub></sub>      44 g/mol

8. Convertir iR (mg) a ml de CO<sub>2</sub>, dividiendo por el factor referido a la temperatura:

°C	mg/ml CO <sub>2</sub>
0	1.98
10	1.90
20	1.84
30	1.78

9. Convertir respiración a calor, multiplicando por el factor apropiado:

kcal/tonelada métrica/día = mg CO<sub>2</sub>/kg/hr \* 220

btu/ton/día = mg CO<sub>2</sub>/kg/hr \* 61,2

10. Calcular el cociente respiratorio (QR) mediante la siguiente fórmula:

$$QR = \text{incremento de CO}_2 / \text{reducción de O}_2$$

11. Registrar los datos en las siguientes tablas:

Tabla de datos de respiración.

Ensayo No.	Producto a evaluar:	Fecha:		
P: (Pa)	Vc: (ml)	Mf: (g)	T: (°C) (°K)	Df: (g/cm <sup>3</sup> )
<u>Tratamiento</u>	Repetición	[CO <sub>2</sub> ] %	[O <sub>2</sub> ] %	ts: (s)

Tabla de cálculos de respiración.

Tratamiento.	TR (rCO <sub>2</sub> en nmoles/kg/h)	TR (rCO <sub>2</sub> en mg/kg/h)	Calor de respiración (kcal/tonelada métrica/día)	QR

## 6. TRANSPIRACIÓN

### Introducción

La medida de la transpiración de un producto vegetal tiene como objetivo la cuantificación de la pérdida de peso por unidad y por tiempo. El valor de la transpiración depende de la fruta u hortaliza, del tamaño y de las condiciones ambientales.

### 6.1 Procedimiento:

1. Pesar aproximadamente 1 kg de vegetales.
2. Colocarlos en canastos de plástico ventilados.
3. Tomar el peso en gramos cada 24 horas durante 8 días.

4. Determinar Pérdida de Peso (PP) diaria mediante la siguiente fórmula:

$$PP \text{ (g agua/kg)} = (Pi - Pf) / Pi * 1000$$

Donde:

Pi = peso inicial

Pf = peso final

5. Determinar Intensidad de Transpiración durante el período, mediante la siguiente fórmula:

$$IT \text{ (g agua/kg 24h)} = PP/t$$

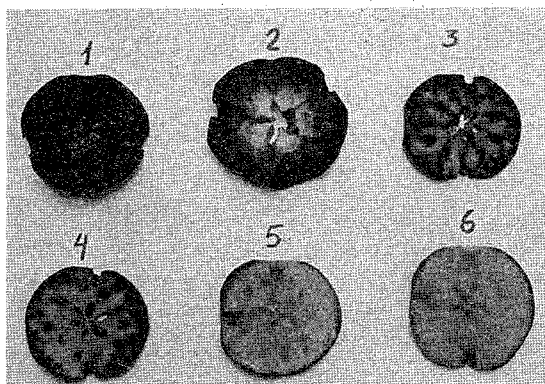
t = tiempo transcurrido en días



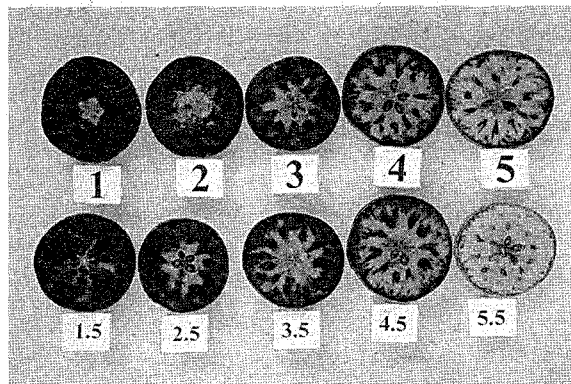






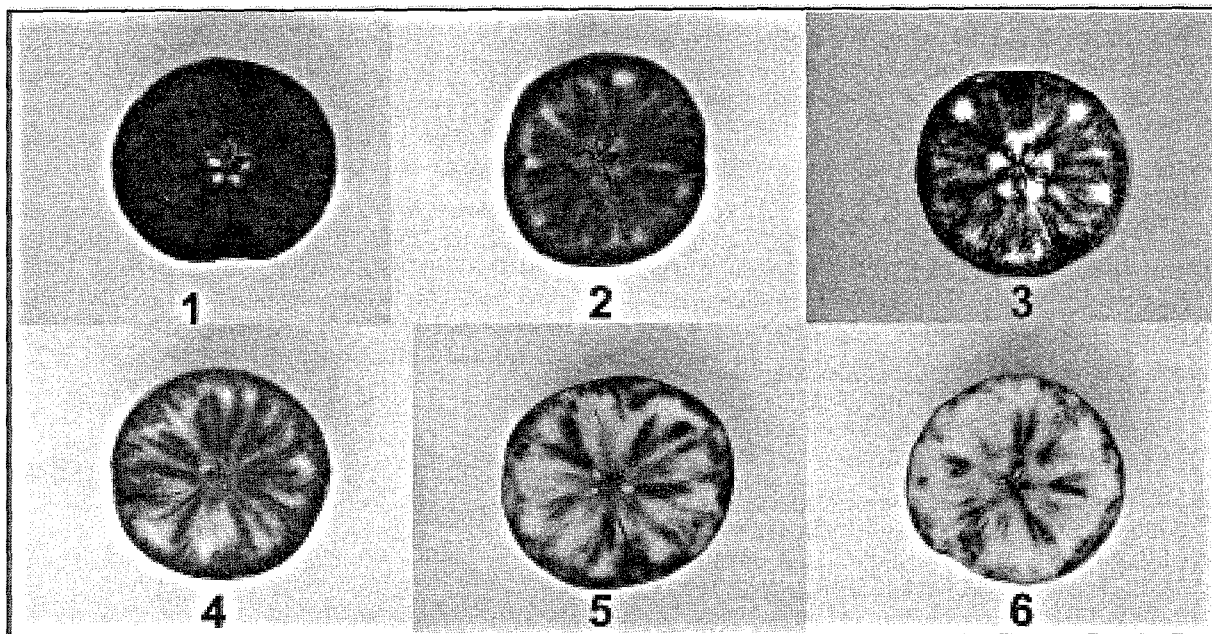
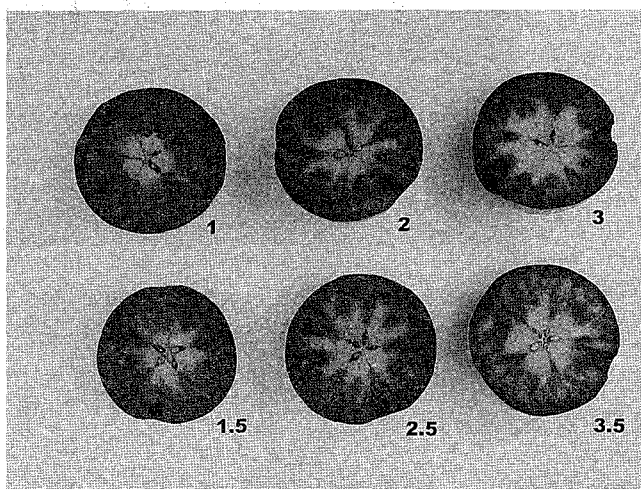


**Figura 1.** Test de Yodo. Grado de madurez de manzanas rojas, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 6. (Fotografía: UTT INIA Las Brujas).

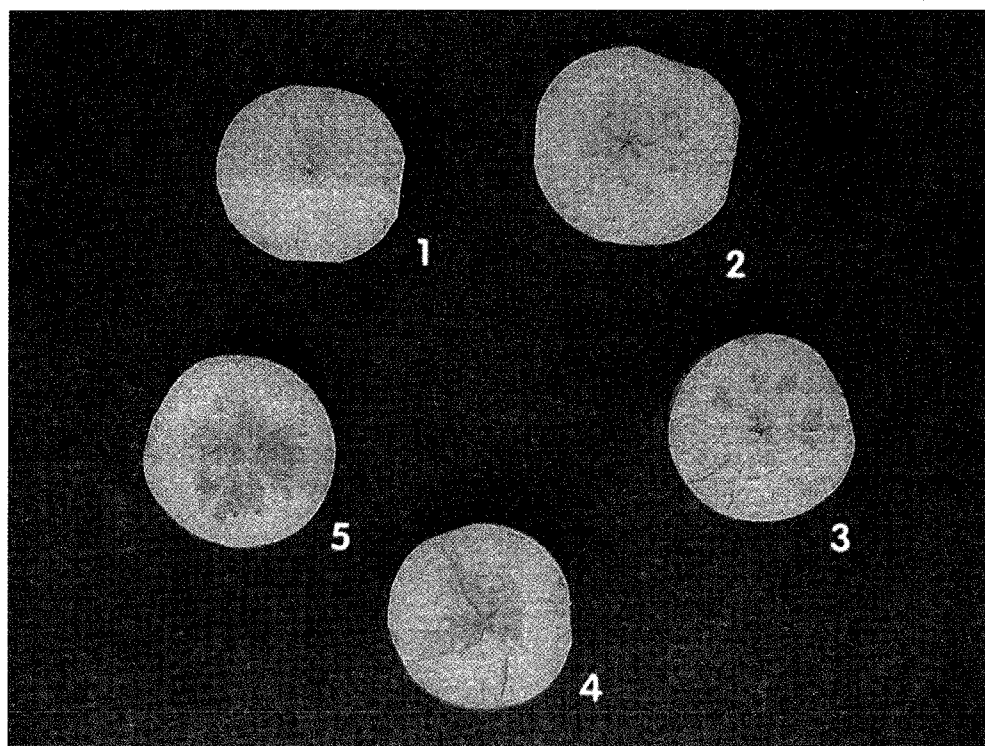


**Figura 2.** Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Royal Gala, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 5.5 (Fotografía: UTT INIA Las Brujas).

**Figura 3.** Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Granny Smith, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 3.5 (Fotografía: UTT INIA Las Brujas).



**Figura 4.** Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Cripps Pink – Pink Lady™, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 6 (Fotografía: UTT INIA Las Brujas).



**Figura 5.** Corazón acuoso. Niveles de daño en manzana: 1= sin corazón acuoso; 2 = leve; 3 = moderado; 4 = medio y 5 = severo. (Fotografía: Unidad de Difusión de INIA Las Brujas).

## 9. BIBLIOGRAFÍA

**Abbott Judith A; Harker and F. Roger.** TEXTURE. Produce Quality and Safety Laboratory, USDA, ARS, Beltsville, Maryland<sup>2</sup>The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand. Mt. Albert Research Centre, Auckland, New Zealand.

**Cooperative Extension, Washington University State, USA.** 1986. APPLE MATURITY PROGRAM, 58 p.

**Feippe, Alicia.** 1993.MOMENTO OPTIMO DE COSECHA EN MANZANA. Boletín de divulgación N° 33, INIA Las Brujas.

**Feippe, Alicia.** 2003.EVALUACION DE LA MADUREZ DE MANZANA SOBRE LA BASE DEL CONTENIDO Y DEGRADACIÓN DE ALMIDÓN (TEST DE YODO), (www.inia.org.uy).

**Feippe, Alicia; Carballo Segio; Chiesa Nicolás.** 2003. DESORDENES FISIOLÓGICOS Y DAÑOS CLIMÁTICOS MÁS RELEVANTES OBSERVADOS EN LA COSECHA DE MANZANAS ROJAS Y BICOLORS, (www.inia.org.uy).

**Feippe, Alicia; Chiesa Nicolás.** 2003.COSECHA DE MANZANA Cv. GRANNY SMITH, (www.inia.org.uy).

**Valero, C; M. Ruiz-Altisent, M.** 2000.DESIGN GUIDELINES FOR A QUALITY ASSESSMENT. SYSTEM OF FRESH FRUITS IN FRUIT CENTERS AND HYPERMARKETS. Agricultural Engineering International: CIGR Journal of Scientific Research and Development, vol II.

**Von Mollendorff , L.J; Jacobs, G; De Villiers, O.T.** 1992. EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE AND FRUIT SIZE ON FIRMNESS, EXTRACTABLE JUICE, WOOLLINESS AND BROWNING IN TWO NECTARINES CULTIVARS. Journal of Horticultural Science, 67, 647 – 654.