

# **CAPÍTULO 2:**

## **TÉCNICAS DE CONTROL DE CALIDAD EN FRUTA**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El concepto de calidad en fruta ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Al principio la percepción de la calidad era diferente según el interés particular de cada uno de los agentes que intervenían en el proceso de producción (productor, consumidor, comerciante o consumidor). Sin embargo, cada vez hay más coincidencia entre los sectores implicados ya que todos ellos tienden a acercar sus criterios hacia los que impone el consumidor, en los que el estado de maduración de la fruta que compra juega un papel fundamental [2.1,2]. El precio de la fruta cada vez está más ligado a la calidad del producto final y, por ese motivo, las explotaciones frutícolas planifican su proceso productivo con miras a satisfacer al máximo las exigencias del sector comercial.

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, después de la polinización y cuajado, la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea fácil establecer cuando acaba una y empieza la otra.

La etapa más importante y compleja en el desarrollo de la fruta, el proceso de maduración, puede dividirse, a su vez, en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la de maduración organoléptica. De hecho, en la literatura especializada de habla inglesa se distingue entre ambas, denominando dichos procesos como “maturation” y “ripening” respectivamente [2.3]. La primera suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas. El crecimiento y maduración fisiológica sólo se completan adecuadamente en el árbol.

La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las definen como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatoria y gustativamente atractivo [2.4]. Aunque el resultado difiere significativamente, la maduración organoléptica se puede completar tanto en el árbol como una vez la fruta ya se ha recolectado. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta.

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, olor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. En los frutos climatéricos, este proceso es controlado, fundamentalmente, por el etileno y su actividad respiratoria [2.5].

Por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. Debido a la importancia de obtener frutos con unas características de madurez óptimas tanto para el consumo como para su frigoconservación, de forma que lleguen con las mejores condiciones organolépticas posibles al usuario final, se debe disponer de índices para determinar el momento óptimo de recolección.

Hay algunos índices que sirven tanto para seguir la maduración en el árbol como la evolución de la calidad organoléptica durante la frigoconservación y posterior

maduración a temperatura ambiente [2.6]. Los índices más utilizados son el color de fondo, la firmeza, el contenido en sólidos solubles, el test de almidón y la acidez valorable, siendo todos ellos de empleo muy práctico. Otros, como el número de días desde plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas [2.7].

Recientemente se han empezado a investigar técnicas de valoración de calidad basadas en la medición de los compuestos aromáticos. La ventaja de estas técnicas es su buena correlación con las características organolépticas de la fruta [2.8]. Sin embargo, su compleja aplicación sólo las hacen aconsejables en estudios en los que se evalúen diferentes técnicas de producción y no para un uso rutinario de control de calidad de las partidas de fruta que llegan a una cooperativa.

En los sucesivos apartados se irán describiendo las técnicas comentadas, ya que todas ellas han sido utilizadas en este estudio. Se trata de técnicas que se han aplicado a la fruta paralelamente a las medidas con nariz electrónica para poder comparar objetivamente entre las evaluaciones hechas con el sistema de olfato electrónico y las técnicas convencionales.

Finalmente, el apartado 2.4 describe brevemente otras técnicas no destructivas de control de calidad en fruta que están siendo investigadas actualmente, y que pueden considerarse competidores directos de las técnicas basadas en sistemas de olfato electrónico. Como todavía están en fase de investigación, estas técnicas no se han aplicado en este estudio aunque sería interesante, en un futuro próximo, compararlas con los resultados obtenidos con narices electrónicas.

## **2.2 MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS**

Los indicadores de calidad catalogados como físico-químicos pueden ser considerados como tradicionales en el mundo de la fruta. Su aplicación suele ser sencilla y los resultados se obtienen en poco tiempo, aunque su correlación con el grado de

maduración y con la calidad según el criterio del consumidor rara vez es completamente satisfactoria. De hecho, suele ser necesario utilizar varios de ellos conjuntamente para poder garantizar un control adecuado de la calidad de la fruta analizada. Los indicadores físico-químicos utilizados en este trabajo son la firmeza, la acidez, la colorimetría, la medición de sólidos solubles y el índice de almidón. Salvo la colorimetría, todos ellos requieren la destrucción de la muestra.

### **2.2.1 Firmeza**

La firmeza es una de las técnicas más utilizadas en el control de la maduración de la fruta. Se trata de una técnica muy sencilla cuyos resultados se obtienen en cuestión de segundos. Además, el instrumento que se utiliza para aplicar esta técnica (el penetrómetro) es una herramienta relativamente barata y de un tamaño reducido que permite hacer mediciones en campo con suma facilidad. La figura 2.1 muestra un penetrómetro profesional como el utilizado en este trabajo.

La firmeza es uno de los métodos físico-químicos que mejor se correla con el estado de maduración de la fruta, especialmente en los melocotones y nectarinas [2.9], ya que la dureza de la pulpa está directamente relacionada con la madurez de la muestra. El método que se sigue para medir la firmeza de la pulpa incluye los siguientes pasos [2.10]:

- 1) Equipar a un penetrómetro profesional con el pistón adecuado (11 mm para manzanas, 8 mm para peras, melocotones y nectarinas)
- 2) Cortar con un cuchillo la piel de la fruta en dos puntos opuestos de la parte ecuatorial del fruto.
- 3) Asegurar de que la aguja indicadora de presión del aparato se encuentre marcando un 0.
- 4) Posicionar de forma vertical el aparato, colocando la punta de éste justo donde se ha efectuado el corte con una mano, mientras que con la otra se sujeta el fruto que debe estar sobre el soporte de apoyo.

- 5) Presionar hasta que se haya introducido parcialmente el émbolo (hasta una muesca que hay dibujada).



*Figura 2.1: Penetrómetro utilizado para medir la firmeza de la fruta*

- 6) Anotar este primer valor, y realizar el mismo procedimiento para el otro trozo de pieza sin piel cortado con anterioridad.
- 7) Expresar los resultados en libras o kilogramos ( $1 \text{ kg.} = 1 \text{ lb} \times 2,2$ )
- 8) Estandarizar los calibres respecto a un fruto de tamaño 100 utilizando tablas pensadas para cada variedad de fruta.

### **2.2.2 Análisis de Sólidos Solubles**

Como los azúcares son los componentes mayoritarios en el zumo de la fruta, el análisis de sólidos solubles puede utilizarse como un estimador del contenido en azúcares en la muestra [2.11]. La técnica más común de medición de este parámetro, basada en la refractometría, requiere de instrumentos relativamente baratos, aunque las medidas no se pueden realizar en campo cómodamente.

Para este método es necesario el siguiente material de laboratorio:

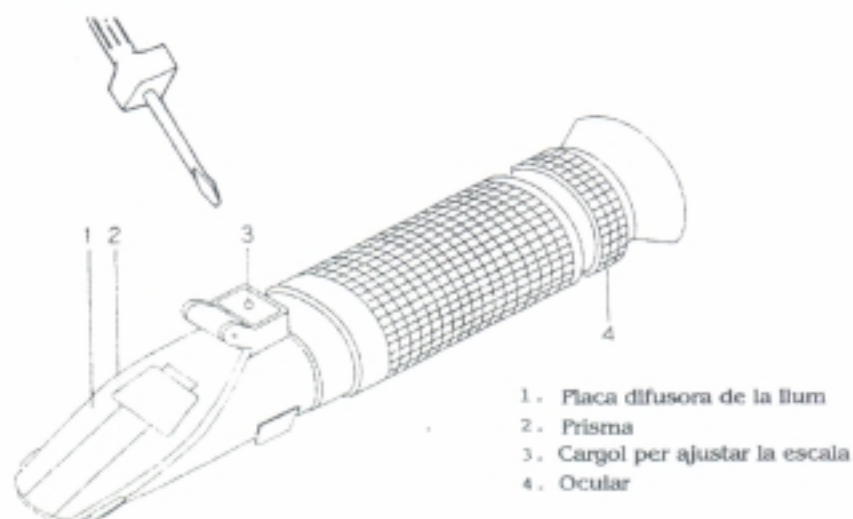
- 1 Licuadora y un cuchillo
- 1 Vaso de precipitados de 250 ml

- 1 Pipeta Pasteur
- 1 refractómetro ABBE o equivalente

El método incluye los siguientes pasos:

- 1) Corte de la fruta en gajos e introducción en la licuadora. El zumo obtenido se deposita en el vaso de precipitados de 250 ml.
- 2) Toma una muestra del zumo con la pipeta Pasteur para depositarlo, en forma de gotas, sobre el prisma del refractómetro.
- 3) Medición a través del ocular, ajustando la sombra en el punto medio de la cruz para leer en la escala numerada superior el índice de refracción. El valor leído se anota en grados Brix.
- 4) La lectura irá siempre acompañada de la temperatura a la que se ha realizado.
- 5) Conversión del índice de refracción a la medición estándar de 20°C utilizando una tabla de conversión ya estipulada.

En la figura 2.2 podemos ver el refractómetro de la casa ATAGO empleado para el análisis de sólidos solubles en las diferentes variedades analizadas.



**Figura 2.2: Refractómetro de masas N-1E de la casa ATAGO.**

La escala de los aparatos ATAGO está hecha para que indique el valor correcto cuando estemos tomando muestras a una temperatura ambiente de unos 20 °C. Por lo tanto hay

que aplicar un factor de corrección, ya que la temperatura del laboratorio oscila entre unos 21 - 23 °C. Otra posibilidad es calibrar el aparato a la temperatura de trabajo.

### 2.2.3 Análisis de Acidez

Al igual que en el caso de la medición de los contenidos en sólidos solubles, para medir la acidez de la fruta se exprimen las piezas para obtener zumo. En este trabajo se ha utilizado la acidez titulable (TA). Para realizar la medición se puede aprovechar el zumo previamente extraído para obtener el índice de refractometría.

Para este segundo análisis se ha utilizado el siguiente material:

- 1 Licuadora
- Vasos de precipitados de 250 ml y 100 ml
- 2 Pipetas Pasteur
- 1 Bureta de 50 ml
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Phímetro

El procedimiento que se ha seguido es el siguiente:

- 1) Corte de la pieza en trozos pequeños, y obtención del zumo con la licuadora.
- 2) En un vaso de precipitados de 100 ml, se añaden 10 ml de zumo de un número determinado de muestras y 10 ml de agua destilada, ayudándose con la bureta y las dos pipetas de 10 ml.
- 3) Calibración del PHímetro.
- 4) Se coloca la sonda del PHímetro dentro del vaso de precipitados y se va añadiendo Hidróxido de Sodio hasta conseguir neutralizar la muestra (con un pH aproximado de 8.1, calculando el resultado como ácido málico).
- 5) Se anota los ml de NaOH gastados durante el proceso de neutralización de la muestra.
- 6) La acidez titulable se calcula según la ecuación 2.1:

$$TA = \frac{\text{ml de NaOH} \times N (\text{NaOH}) \times \text{acid meq. Factor} \times 100}{\text{ml zumo}} \quad (2.1)$$

- 7) Se limpia con agua destilada la sonda del PHímetro.



*Figura 2.3: PHímetro para analizar la acidez de las muestras*

#### 2.2.4 Colorimetría

La colorimetría es el único de los métodos físico-químicos que no requiere la destrucción de la muestra. Para realizar la medición se utiliza un aparato calibrado denominado colorímetro.

En el caso de variedades rojas se realizan mediciones de color tanto en las zonas más coloreadas como en las menos coloreadas. En cambio, en las variedades verdes y amarillas se miden varios puntos y se hace la media.

La función del colorímetro es describir la coloración de la epidermis de la pieza de fruta objeto de la medición. Para ello devuelve tres parámetros, L\*, a\*, b\*, siguiendo el



estándar C.I.E.L\*a\*b\* (apertura de diámetro 8 mm, plato blanco de referencia, iluminación estándar D65 y observador a 10°).

La luminosidad viene descrita por L\*. El color negro presenta una luminosidad de 0 mientras que el blanco presenta una luminosidad de 100. Los parámetros a\* y b\* se utilizan para evaluar la saturación y el tono. La saturación nos da la pureza de un color y el tono es el color propiamente dicho. Para el cálculo se utilizan las expresiones 2.2, 2.3 y 2.4:

$$\text{Saturación} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2.2)$$

$$\text{Tono en variedades rojas} = \arctg b/a \quad (2.3)$$

$$\text{Tono en variedades verdes y amarillas} = a^* + b^* \quad (2.4)$$

En este trabajo se ha utilizado un colorímetro triestímulo Minolta CR-200, cuyo precio ya no es tan asequible como el de los instrumentos utilizados en las técnicas físico-químicas descritas anteriormente. El procedimiento que se debe seguir para realizar la medida es el siguiente:

- 1) Coger el colorímetro y borrar todos los datos de medidas anteriores
- 2) Calibrar el instrumento. Para ello es necesario colocar el cabezal de medida sobre el plato de calibración e invocar a la función “Calibrate” hasta que el aparato indique que está preparado.
- 3) Poner al sistema en modo medida apretando el botón “measure”
- 4) Realizar la medida sobre la superficie de la muestra a medir
- 5) Anotar los valores de los parámetros L\*, a\*, b\*

### 2.2.5 Índice de almidón

Durante el proceso de maduración, el almidón de algunas variedades de fruta se rompe en azúcares. Esta conversión empieza en el corazón del fruto y avanza por la pulpa hacia la periferia. La pauta de conversión del almidón es característica de cada variedad y para cuantificarla se pueden utilizar diferentes escalas. La figura 2.4 muestra la escala con nueve valores utilizada en este trabajo.

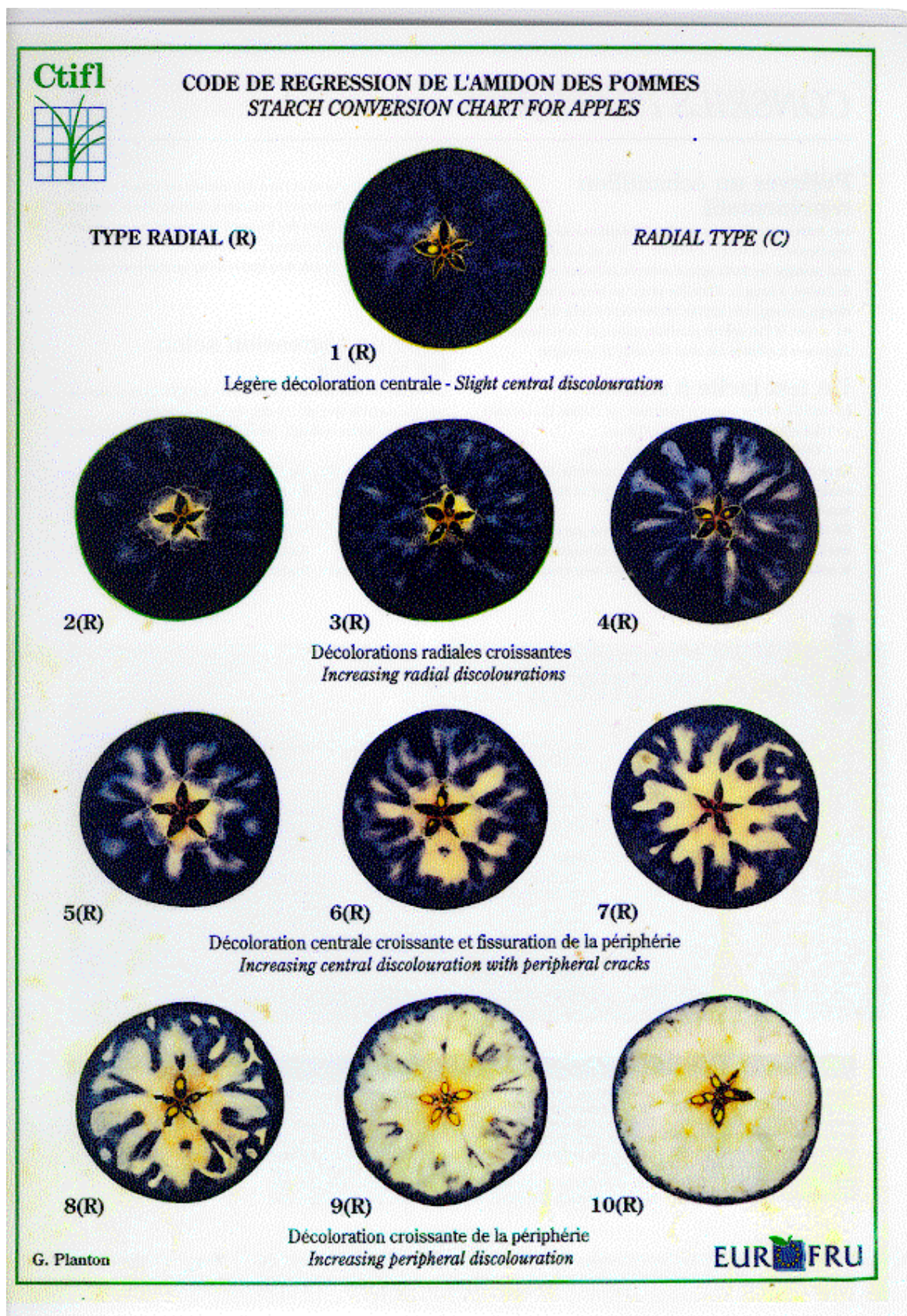


Figura 2.4: Escala utilizada para obtener el índice de almidón

La utilización de yodo, que reacciona con el almidón formando un color negro, permite visualizar las zonas en las que todavía existe almidón. El procedimiento que se debe seguir es el siguiente:

- 1) Cortar el fruto transversalmente, por la parte ecuatorial
- 2) De una de las dos mitades obtenidas, cortar una rodaja de aproximadamente 0.5 cm de espesor.
- 3) Verter con cuidado una solución 0.5% I<sub>2</sub>-KI en la bandeja de forma que quede a una altura de 1-2 mm.
- 4) Colocar las rodajas en la bandeja con la ayuda de las pinzas; solamente debe quedar cubierta la cara inferior de la rodaja. Añadir lentamente más solución 0.5% I<sub>2</sub>-KI si hiciese falta.
- 5) Dejar en reposo durante cinco minutos y observar la cara inferior.

## **2.3 MEDICIÓN DE VOLÁTILES**

### **2.3.1 Medidas aromáticas**

Las características fundamentales que determinan la calidad organoléptica del fruto son la ausencia de defectos, la textura, el “flavor” y el aspecto externo (incluyendo el tamaño, color y forma). Todas ellas se pueden correlacionar con un determinado grado de maduración.

A diferencia de los dos primeros, el “flavor “ es un atributo muy complejo, ya que está determinado por el equilibrio entre los ácidos, los azúcares y los componentes volátiles principalmente [2.12]. En definitiva, el “flavor” es el resultado de combinar tres propiedades sensoriales diferentes pero complementarias (gusto, el olor y aroma) , siendo esta última su principal componente [2.13]. De las tres, el gusto es la menos importante.

El olor es, después del color, la propiedad que nos afecta más significativamente a la hora de aceptar un alimento. El olor es la percepción, por medio del olfato, de las sustancias volátiles liberadas desde los alimentos de forma espontánea a temperatura ambiente. Aunque se han desarrollado muchas teorías que intentan explicar como se genera la percepción del olor molecular, la teoría más aceptada es la del encaje o acoplamiento [2.14].

El olor debe diferenciarse claramente del aroma, que es la percepción de las sustancias aromáticas después de introducirse los alimentos en la boca y trocearlos, llegando al sistema olfativo por vía retronasal.

El olor y el aroma característico de cualquier fruta es debido a la existencia de las sustancias aromáticas presentes en la piel y en la pulpa [2.15,16], formando una compleja mezcla de componentes orgánicos muy relacionados con el proceso de maduración, ya que la mayoría se sintetizan durante la fase climatérica [2.17].

Para interpretar el aroma de un fruto es necesario conocer la naturaleza, cualidad, cantidad e intensidad aromática de cada componente [2.18]. También es importante conocer a lo largo del desarrollo del fruto como se modifica su composición en cantidad y en tipo de sustancias [2.19].

A pesar de que los primeros intentos de identificación de compuestos aromáticos se dieron en la primera mitad del siglo XX, su éxito fue reducido debido a la instrumentación físico-química existente [2.20]. Hay que tener presente que la concentración media de las sustancias aromáticas en la fruta no suele superar los 50mg/Kgr, encontrándose valores máximos para cada sustancia de 100ug/kg [2.21].

La evolución tecnológica hace que hoy en día el análisis de los componentes aromáticos se realice a través de la cromatografía de gases combinada con la espectrometría de masas [2.22].

Para realizar un estudio cualitativo y cuantitativo de las sustancias aromáticas es necesario extraerlas. Existen muchos métodos de extracción [2.23], cada uno de los

cuales es adecuado a un tipo concreto de alimentos. En este trabajo se han combinado dos técnicas que originalmente se utilizaban por separado, el espacio de cabeza y la extracción por arrastre con gas. La utilización del espacio de cabeza (ahora denominado estático) presenta el problema de que extrae poca cantidad de volátiles y sólo permite identificar medidas de las sustancias cuantitativamente más abundantes. La combinación de esta técnica con el arrastre por gas facilita la volatilización y captura de sustancias. A esta nueva técnica se le denomina espacio de cabeza dinámico [2.24-27].

En el espacio de cabeza dinámico la fruta se deposita en un recipiente hermético. Una vez cerrado, se hace pasar una corriente de gas ( $N_2$  o aire) a través del mismo. Esta corriente acelera la emisión de volátiles de la fruta, que son arrastrados hasta un cartucho donde son capturados por un polímero granulado poroso como el Tenax GC, el Porapak Q, o el Chromosorb 150. Posteriormente, los componentes atrapados son recuperados haciendo pasar por el polímero disolventes orgánicos, generalmente éter dietílico, o mediante desorción térmica [2.28]. La cantidad de componentes aromáticos extraídos depende del tiempo empleado en el arrastre, del flujo de gas y del polímero poroso utilizado.

Si las sustancias aromáticas son desorbidas por disolventes, la solución resultante se analiza por cromatografía de gases directamente. Si la desorción es térmica, a bajas temperaturas se eliminan las trazas de agua por elución, de forma que a medida que aumenta la temperatura se van liberando las sustancias volátiles que son arrastradas por un gas portador a un colector frío normalmente conectado a un cromatógrafo de gases. [2.29,30]

Las ventajas del espacio de cabeza dinámico son la relativa sencillez del análisis y el hecho de que los aromas que se analizan son los que en condiciones normales alcanzan la mucosa olfativa, siendo los verdaderos responsables del aroma de la fruta. Su principal desventaja radica en la dificultad de relacionar los componentes analizados con la composición interna del fruto [2.31].

El método exacto que se ha seguido en este trabajo para la monitorización de componentes aromáticas ha sido el siguiente:

- 1) Para cada medida, un 1 kg. de fruta se introduce en un recipiente de pirex de 10 litros de capacidad. Inmediatamente después se genera un flujo de nitrógeno de 50-60 ml.min<sup>-1</sup> que atraviesa la cámara con las muestras de fruta, arrastrando los componentes aromáticos generados hacia un cartucho de vidrio cuyo interior esta relleno de 1 g de Tenax-CG 60-80.
- 2) El proceso de extracción se realiza en la oscuridad, en una habitación con la temperatura controlada a 20°C. Los volátiles se recuperan de la fase absorbente con 20 ml de dietilo de éter. Las fases de éter sólido son tratadas con ultrasonidos y posteriormente se someten a un proceso de centrifugado para su separación. A continuación, se realizan dos extracciones adicionales con 20 y 10 ml de éter dietílico respectivamente bajo idénticas condiciones a las ya mencionadas. Las fases orgánicas se agrupan y evaporan hasta un volumen de 0.1 ml por burbujeo en una corriente de nitrógeno.
- 3) Finalmente, la identificación y cuantificación de los componentes volátiles se hace con un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 equipado con un detector de ionización por llama. Para la identificación y confirmación de diferentes componentes, se utiliza la combinación de un espectrómetro de masas acoplado al cromatógrafo de gases antes mencionado. Los espectros de masas se obtienen por impacto electrónico de iones con una energía de 70 eV. Los datos de espectro obtenidos se comparan entonces con los de la librería NIST HP59943C [2.32].

### 2.3.2 Producción de etileno

El etileno es una de las moléculas orgánicas más sencillas con actividad biológica. Sucesivos trabajos de investigación pusieron de manifiesto que este compuesto puede ser considerado como la hormona vegetal que regula varios aspectos de la maduración y

senescencia [2.33-34]. Es precisamente el aumento de su biosíntesis hasta concentraciones estimuladoras lo que inicia la maduración en los frutos climatéricos. A partir de ese momento, la producción de etileno aumenta al mismo tiempo que se produce el incremento respiratorio [2.35].

La definición precisa de la fase climatérica hace referencia al periodo en el que aparecen una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción autocatalítica de etileno, comportando un aumento en la respiración y culminando con la maduración organoléptica de la fruta. Esta fase solo se presenta en los frutos denominados climatéricos, entre los que se encuentran las peras, manzanas, melocotones y nectarinas. Por lo tanto, la monitorización del etileno producido por muestras de fruta climatéricas aporta información fundamental en la determinación de su estado de maduración.

Dicha monitorización puede realizarse extrayendo una muestra del corazón de fruta o midiendo su emisión volátil. En este trabajo se ha optado por esta segunda opción, ya que ésta utiliza un proceso parecido al de la medición de volátiles aromáticos.

El proceso exacto empieza con la introducción de 1 kg. de fruta en el recipiente, que a continuación se cierra. Esta cámara continuamente es aireada con aire humidificado a 20°C con un flujo constante de 2 l.h<sup>-1</sup>. Posteriormente, una muestra de 1 ml de gas se inyecta en un cromatógrafo de gases Hewlet-Packard 5890 equipado con un detector de ionización por llama y una columna de 1.5m x 3 mm empaquetada con óxido de aluminio.

El análisis se hace isotérmicamente a 100°C. Los flujos del gas portador N<sub>2</sub>, del aire y del H<sub>2</sub> son, respectivamente, 45, 400 y 45 ml min<sup>-1</sup>. El inyector y el detector se mantienen a 120°C y 180.

## **2.4 TÉCNICAS EXPERIMENTALES**

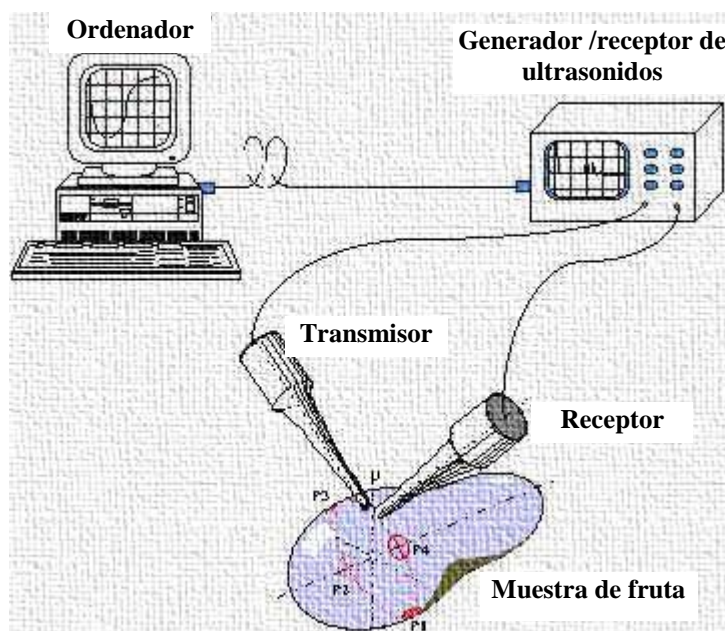
Tanto la tecnología basada en ultrasonidos como la espectroscopía en el infrarojo cercano son tecnologías que están siendo consideradas como alternativas no destructivas



para monitorizar la calidad de la fruta. Su uso no se ha generalizado fundamentalmente porque son técnicas todavía inmaduras sobre las que se tiene que trabajar para eliminar sus inconvenientes. Por ese motivo existen numerosos trabajos de investigación en los que se presentan resultados obtenidos sobre diferentes variedades de fruta.

#### 2.4.1 Mediciones con ultrasonidos

En la introducción de esta memoria ya se han referenciado algunos trabajos en los que se han utilizado los ultrasonidos para monitorizar el grado de maduración de la fruta. De hecho existen múltiples estudios con variedades diferentes de fruta, aunque los principios básicos de la técnica son similares.



*Figura 2.5: Esquema gráfico del proceso de medida mediante ultrasonidos*

La figura 2.5 muestra la disposición estándar de medida. En ella se puede distinguir la pieza de fruta a caracterizar, un emisor/receptor de ultrasonidos, las sondas transmisora y receptora, y el ordenador personal que controla el proceso de medida y almacena los resultados para posteriormente procesarlos con algún paquete estadístico. Los parámetros que se extraen de las mediciones son la atenuación que sufre la onda acústica en su recorrido y la velocidad con la que atraviesa la carne del fruto. Las



mediciones se repiten variando la posición de las sondas transmisora y receptora para reducir la variabilidad debida a la posición en la que se mide la pieza.

Diversos trabajos [2.36,37] prueban que existe un grado de correlación entre los parámetros acústicos y determinados indicadores de calidad como la firmeza en el aguacate o la acidez y los contenidos de azúcar en mango. De todas formas, a los problemas ya mencionados de acoplamiento entre las sondas y las piezas de fruta se suma la escasa repetitividad de resultados, inconveniente que requiere realizar múltiples mediciones para obtener una media significativa de los parámetros acústicos deseados.

#### **2.4.2 Espectrometría de infrarojo cercano**

La espectrometría de infrarojo cercano (Near-infrared spectroscopy, NIR) es una técnica no destructiva con la que se están realizando numerosos estudios sobre fruta. En [2.38,39] se presentan dos trabajos en el que se intenta determinar el contenido en sólidos solubles, acidez y firmeza en manzanas, mientras que en [2.40] se puede encontrar un estudio para determinar la calidad interna de melocotones y nectarinas midiendo sólidos solubles y contenido total en azúcares, sorbitol y clorofila.

El principio en el que se basa la técnica es en caracterizar la reflectancia de la pieza de fruta ante diferentes longitudes de onda. Una medición típica incluye mediciones espaciadas 10 nm entre 900 y 1400 nm. Para ello se utiliza un fotospectrómetro que genera luz con una lámpara halógena de Tugsteno. Utilizando técnicas basadas en difracción se conduce la luz a través de fibra óptica hasta la superficie de la pieza a caracterizar que a su vez recoge la luz reflejada. Sobre los índices de refracción en todo el margen frecuencial se pueden extraer multitud de parámetros como la primera o segunda derivada del espectro. Estos parámetros, junto a técnicas de reconocimiento de patrones, permiten realizar predicciones o clasificaciones de la fruta en función de su estado de maduración.

De todas maneras, en muchas variedades la técnica no tiene suficiente resolución como para predecir determinados parámetros. Además, el espectrofotómetro debe ser

calibrado cuidadosamente con fuentes de luz estables como puede ser un láser de Helio-Neón.

## **REFERENCIAS**

- [2.1] V.Urbina Vallejo, *La calidad de los frutos*, revista de fruticultura, vol. 5, núm 2, marzo-abril 1990
- [2.2] R.H.H. Wills, T.H.Lee, W.B. McGlasson, E.G. Hall, D.Graham, *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1990
- [2.3] Rhodes M.J., *The climateric and ripening of fruits*, en: *The biochemistry of fruits and their products Food science and technology 1: A series of monograph*, Ed. A.C. Hulme, Academic Press London and New York (1971) 333-373
- [2.4] Leopold, A.C; Kriedemann P.E., *Plant growth and developement*. Ed.McGraw Hill, 2 Nova York (1975) 16-34 .
- [2.5] Hulme A.C; Rhodes M.J., *Pome fruits*, en: *The biochemistry of fruits and their products Food science and technology 1: A series of monograph*, Ed. A.C. Hulme, Academic Press London and New York (1971) 333-373
- [2.6] Knee M; Hatfield S; Smith S.M., *Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruits intended for long-term storage*, J. Hort. Sci, vol 64 (1989) 403-411.
- [2.7] Knee M., *Pome fruits*, en *Biochemistry of food ripening* Ed. Seymour J.D. , Taylor J.E., Tucker G.A., Chatman and hall, London U.K (1993) 325-345
- [2.8] López M.L., Lavilla M.T., Recasens I., Graell J., Vendrell M., *Changes in aroma quality of 'Golden Delicious' apples after storage at different oxygen and carbon dioxide concentrations*, Journal of the science of Food and Agriculture, vol 80 (2000) 311-324.
- [2.9] Crisosto C.H., *Optimum procedures for ripening stone fruit*, Management of ripening fruit, december 1994, 24-25
- [2.10] Recasens, I; Soria Y., *Práctica 2: Determinación de parámetros de calidad postcosecha en: Prácticas de fisiología de la poscollita*, ETSEA-Universitat de Lleida
- [2.11] Mitcham B., Kader A., *Methods for determining quality of fresh horticultural commodities*, Perishables Handling newsletter, University of California at Davis, August 1995, 1-11

- [2.12] Monin A., *Etude de la qualite gustative de la pomme golden delicious*, rev. Agric. (1970) vol 3, 471-487
- [2.13] Panasiuk D.; Talley F.D.; Sapers G.M., *Correlation between aroma and volatile composition of Macintosh apples*, J.Food Science (1980) vol 45, 989-991
- [2.14] Amore J.E., *Molecular basis of odour*, Thomas C.C. Ed. Springfield, Illinois, USA, 1970, 10-27.
- [2.15] Buttery R.G., *Vegetable and fruit flavors en: Flower research recent advances*. Ed. Teramishir;flath R.A. sugisawa H. Ed, Marsel Decker, New york (1981) 175-216
- [2.16] Fellman J.K., Mattinson D.S., Bosckit B.C., Mateis T.T., Patterson M.E. *Esther biosynthesis in rome apples subjected to low oxigen atmospheres*, Postharvest Biology and Technology (1993) vol 3, 201-214
- [2.17] Tressl R., Drawert F., *Biogenesis of banana volatiles*, J. Agric. Food chem, (1973) vol 21, 560-565
- [2.18] Medina I., Suárez J.J, Martinez J.L., *Aromas alimentarios (1 y 2)*, Alimentación, equipos y tecnología, (1994) Junio 87-92
- [2.19] Nursten H.E., *Volatile compounds: the aroma of fruits en: The biochemistry of fruits and their products Food science and technology 1: A series of monograph*, Ed. A.C. Hulme, Academic Press London and New York (1970) 239-267.
- [2.20] Medina I., Martínez J.L, Suárez J.J., *El aroma de manzano revista: alimentación equipos y tecnología*, marzo(1996), 55-61.
- [2.21] Mattheis J.P., Fellman J.K., Chen P.M., Patterson M.E., *Change in headspace volatiles during physiological development fo bisbe delicious apple fruit* , J.Agric. Food Chem (1991), vol 39, 1902-1906
- [2.22] Dimick P.S., Hoskin J.C., *Review of apple flower-state*, Critical reviews in food science and nutrition (1983) vol 18, 387-409.
- [2.23] Medina I, Suárez J.J., Martínez J.L., *Aromas alimentarios (y 2)*, Alimentación, equipos y tecnología (1994) 99-102
- [2.24] Paillard N., *Biosinthese des produits volatiles de la pomme: formation des alcools et des esthers a partir de acids gras*, Phitocheminstry (1979) vol 18, 1165-1171
- [2.25] Knee M., Hatfield S.G.S., *The metabolism of alcohols by apple fruit tissue*, Journal of Science Food Agr. (1981), Vol 32, 593-600

- [2.26] De pooter H.L. Coolsaet B.A. Dirink T.J.; Schamp N.M.; *GLC of the headspace after concentration on tenax GC and of the esencial oils of apples, fresh celery, fresh lovage, honey suckle and ginger powder: essencial oils and aromatic plants*, Baer Heim s vendsen, A and SCHEFFER J.J. C ed. Martinus Nijhof, dwjunk publisher doredreg the netherlands, (1985) 24-36
- [2.27] Kakiuchi N., (1986).
- [2.28] Wehmer w. Köhler T., *A simple desorption devive for gas chromatographic aroma analysis using dinamic headspace technique*, gartenbawissenschaft, (1992) vol. 57, 126-129.
- [2.29] Schamp N.; Dirink P, , *The use of headspace concentration on tennax for objective flavor quality evaluation of fresh fruit (strawberry and apple)* . Chem. Of food and beverages. Recent developements (1982) 25-47
- [2.30] Salinas M.R., Alonso G.L., Esteban-infante F.J., *Absortion-thermal desorption-gas chromatography applied to the determination of wine aroma*, J.Agric. Food Chemistry, 42, (1994) 1328-1331.
- [2.31] Feys M., Toback P. Maes E., *Volatiles of apples (var shone van boskoop): isolation and identificacion*, J. Food Technology, 15, (1980) 485-492
- [2.32] Yang S.F., Hoffman N.E., *Ethylene biosynthesis and its regulation in haisher plants annu. Rev. Plant physilologic*, (1984) vol. 35, 155-189
- [2.33] Mattoo A.K., White W.D, *Regulation of ethylene biosynthesis en: The plant hormone ethylene* Mattoo A.K. and Suttle J.C: Ed. CRC Press, Bocaraton Florida (1991) 21-42;
- [2.34] Abeles F.B., Morgan P.W., Saltveit M.E. Jr, *Ethylene in plant biology*, Academic Press, New York (1992) 213-254
- [2.35] Reid M.S., Rodhes M.J.C., Hulme A.C., *Changes in Ethylene and CO<sub>2</sub> during the ripening of apples*, J. science Food. Agric (1973) vol 24, 971-979.
- [2.36] Mizrach A., Flitsanov U., Fuchs Y., *An ultrasonic nondestructive method for measuring maturity of mango fruit*, Transactions of the ASAE (1997)40 (4) 1107-1111
- [2.37] Mizrach A., Galili N., Gan-mor S., Flitsanov U., Prigozin I., *Models of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf life*, Journal of Agricultural Engineering Research, (1996) vol 65, 261-267

[2.38] Bellon-Maurel V., Vigneau J.L., *NIR fast spectrometer for fruit internal quality assessment: reproductibility study*, Harvest and postharvest technologies for fresh fruits and vegetables(1995), 471-476, ASAE publication

[2.39] Lammertyn J., Nicolai B,Ooms K, *Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy*, Transactions of the ASA E(1998), 41 (4), 1089-1094

[2.40] Slaughter D C, *Non-destructive determination of internal quality of peaches and nectarines*, Transactions of the ASAE (1995), 38(2), 1571-1575