

• TECNOLOGÍA DE LA MADURACIÓN

TEMA 2. MADURACIÓN de los FRUTOS

• Factores que influyen en la maduración y senescencia de los frutos

Las variedades actuales no se parecen a las de procedencia; los productos actuales se diferencian de los salvajes en alguno de estos factores:

- Tasa de crecimiento
- Sabor
- Textura
- Ausencia de semillas

Influyen el clima, el tipo de suelo, etc. por lo que se obtienen distintos productos

Para ver la maduración necesitamos conocer el ciclo biológico del fruto:

- Formación del fruto: influyen la temperatura, luz y hormonas
- Crecimiento del fruto: tienen lugar la primera y segunda fase
- Maduración del fruto: tercera fase
- Envejecimiento del fruto: cuarta fase senescencia

En la primera fase tiene lugar la división celular, en la segunda fase tiene lugar la expansión celular (se agrandan las células). En la tercera fase tiene lugar la maduración, se dan los mayores cambios en el fruto: hay una modificación del color, mayor concentración de azúcares, menor acidez, se modifica el peso y la textura por la abscisión del fruto, y un aumento del desarrollo de las ceras. En la cuarta fase tiene lugar el envejecimiento, esto es, se dan los cambios que no necesariamente causan la muerte pero se aceleran con la edad. La senescencia son los cambios degenerativos que causan la muerte del tejido tisular.

• Pautas de la maduración de los frutos

Los distintos productos tienen distintas curvas de crecimiento, son sigmoideas. Hay una maduración organoléptica y otra fisiológica que es cuando madura el fruto. La maduración organoléptica se asocia a frutas y se llama ripening, que es la madurez comercial.

Modificaciones fisiológicas: el fruto crece y termina su desarrollo.

Ripening: es cuando se desarrolla el aroma, el sabor, es decir, la fruta pasa a ser comestible. En hortalizas no se habla de esto.

Desarrollo de fruto: se puede dividir en dos etapas:

- Crecimiento: en las frutas dura unas 15 semanas.
- Modificaciones fisiológicas

Para el crecimiento los parámetros que podemos mirar son: peso, longitud, volumen, etc. aunque para comprobar el desarrollo se suelen mirar dos: el peso y el volumen. Las pautas en el crecimiento las tengo que tener en cuenta: así las frutas con pepita siguen una pauta sigmoide simple, mientras que las de hueso siguen una pauta sigmoide doble:

P/V P/V

t t

A. pepita B. hueso

B) en la fase 1 el crecimiento es muy rápido (hueso desarrollado). En la 2ª fase hay un crecimiento que se paraliza (el hueso se lignifica) y en la última es cuando se da la expansión: se da el crecimiento de mesocarpio.

La madurez está relacionada con la vida de almacenamiento también con el crecimiento de la fruta, respiración climática, respiración no climática, etc.

La vida de almacenamiento es el tiempo que el producto puede estar almacenado: así para la manzana dispongo de 15 días para recolectarla; durante la vida de almacenamiento se da un aumento de la concentración de etileno, del crecimiento, de la respiración, desarrollo de los aromas, etc. A mayor tiempo en recolectar disminuirá la vida de almacenamiento pero a la vez se produce un aumento de peso del producto, hasta un 1% diario. Así tengo el problema de saber cuando lo tengo que recolectar porque debo elegir entre más producción y menos vida de almacenamiento o recolectarla antes y tener menos producción pero más vida de almacenamiento, la puedo guardar durante más tiempo.

Podemos realizar diferentes recolecciones, escalar cultivos, etc. La producción y calidad es diferente pero puedo almacenar más fácilmente. Así con diferentes productos puedo distribuir durante todo el año: por ejemplo los guisantes congelados

enlatados (conservas)

debo saber que clase me interesa para saber que tratamiento debo aplicarles (por ejemplo los de conservas deben tener la piel más dura). Debo conseguir texturas determinadas: a medida que el guisante madura se da una disminución de azúcares y un aumento de almidón y esto no es lo que gusta por lo que debo buscar el grado de madurez que me interesa. Hay instrumentos que me permiten saber qué consistencia tiene y que dureza. Esto me sirve para hacer una programación del cultivo.

• **Determinación de la madurez**

Existen distintas medidas para conocer la madurez de un fruto:

- Días desde la floración: cada fruto tiene un número de días desde la caída de los pétalos hasta la maduración y suele ser un número cte, pero puede variar con el clima, altura, latitud, etc.
- Unidades de calor: cada fruto necesita $X^{\circ}\text{C} / \text{día}$ para que madure, así cuando acumula todas las horas e calor necesaria ya ha madurado. Cada fruto tiene una temperatura mínima a la cual se desarrolla y esto nos ayuda a saber su maduración.
- Color de la pulpa o de la piel: se ve que con el cambio de color va a madurar el fruto, esto es según se va modificando es que va madurando. Otros frutos desarrollan un color de fondo típico. A parte de la vista para detectar ese cambio de color se pueden utilizar aparatos como el colorímetro Hunter.
- Color de semillas: cuando el 75% de las semillas están de color bastante oscuro el fruto está maduro. El inconveniente de esta técnica es que he de partir el fruto luego es una medida destructiva.
- Facilidad de desprendimiento del fruto: si el fruto se desprende fácilmente es que está maduro. A mayor resistencia menor madurez.
- Tamaño, peso y densidad: por ejemplo la patata está muy relacionada con su cantidad de almidón
- Dureza de la fruta: a medida que el fruto madura las sustancias pépticas se degradan, por lo que el producto se reblandece, así a mayor dureza menor maduración. Para valorar la dureza se utiliza la

penetrometría, por la cual se introduce una aguja gruesa con cierta presión en el fruto. Según la resistencia que ponga el fruto se darán unos u otros datos en el ordenador. También lo que se puede utilizar es un texturómetro.

- Índices químicos de madurez:

- Contenido en almidón: hay una reacción con el yodo que produce una coloración
- Contenido en acidez: a mayor madurez menor contenido en ácidos.
- Contenido en azúcares: mido los grados Brix, esto es, miro la cantidad de azúcares que hay. Para ello se usa el refractómetro.

Índice de madurez (IM) = ° Brix / acidez

- Medida de los gases internos: cromatografía de gases: mido el CO₂ o el etileno del fruto.

Se van a dar cambios físico-químicos que van a hacer el fruto más comestible, apetecible, etc. Durante la maduración se van repitiendo los parámetros y se da una disminución de la clorofila, del pH, de la respiración, etc. Una excepción es la piña pues en su maduración se da un aumento de ésteres y carotenos y aumenta la acidez.

- **Frutos climatéricos y no climatéricos**

El tomate es climatérico: es verde inicialmente y va cambiando a tonos rojos. La clorofila disminuye a medida que aumenta la maduración y el licopeno. Disminuye en la respiración el O₂ y aumenta el CO₂ y el etileno, el almidón, la dureza, los sólidos solubles y el ácido ascórbico.

El plátano es climatérico también. Se da una disminución de clorofila, pero aumentan los carotenos y xantofilas. La cantidad de materia seca, el almidón y la hemicelulosa disminuyen, por el contrario aumenta el contenido en azúcares. A medida que aumenta la maduración, el plátano transpira, por eso es importante la atmósfera en que se halle, ya sean modificadas o no. El O₂ disminuye y aumenta el CO₂.

Las hortalizas son no climatéricas, y climatéricas suelen ser las frutas de pepitas menos la cereza. Las fresas y los cítricos son no climatéricos.

CLIMATÉRICOS NO CLIMATÉRICOS

Manzana Cereza

Albaricoque Calabaza

Pera Uva

Tomate Pomelo

Sandía Piña

Limón

Naranja

Mandarina

Hay distintos comportamientos de los productos:

- **Climatérico:** dejo el fruto en el árbol y madurará pero mucho más despacio que si lo recolecto. Lo que retrasa su maduración es una sustancia que está en las ramas, por eso si las corto (poda) sí madurará antes, pero no tanto como si la recolecto. Un estudio en el aguacate demuestra que este en el árbol tardará meses en madurar pero si se recolecta tan sólo 3 o 4 semanas.

En estos productos al llegar el ripening aumenta la intensidad respiratoria por lo que va a madurar en menos tiempo. La manzana por ejemplo respira lentamente por lo que tiene mayor duración de almacenamiento.

La producción auto catalítica de etileno en frutos climatéricos se puede ir aumentando en distintas dosis con lo que aumenta la respiración y se adelanta la maduración.

- **No climatéricos:** no producen auto catalíticamente etileno; así si yo le añado etileno vemos que le puede afectar pues aumenta la intensidad respiratoria así que lo que pasa es que a mayores dosis la intensidad respiratoria será más rápida. Si ceso de proporcionar etileno cesa esa intensidad y la maduración no se modifica.

Si al pimiento verde en la planta le aplico etileno lo que va a pasar es que va a madurar, poniéndose de color rojo, pero si está fuera de la planta va a seguir verde (sólo de modificará algo si al cortarlo ya estaba algo rojizo). Por esto habrá productos que me interesen maduren en el árbol y otros que no. Por ejemplo, el aguacate no lo cojo no madura, el pimiento si lo cojo no madura.

El melón es climatérico: si lo recojo antes de su maduración nunca va a madurar, así por mucho etileno que le dé no consigo nada, se comporta como no climatérico. He de saber por tanto cuando lo tengo que recolectar.

Las frutas y hortalizas respiran tanto cuando están en la planta, como cuando se corta de ella. Así toma O₂ y desprende CO₂; también transpira, esto es, pierde humedad al igual que antes tanto unida a la planta como separada. Al estar unida se mantiene el flujo de savia u otros productos como aminoácidos, minerales, etc que hacen que se compensen las pérdidas por la respiración. Al separarse de la planta la fruta u hortaliza debe mantenerse con sus reservas, así si no la mantengo en condiciones adecuadas pierdo antes sus propiedades, esto es perezca antes. Así la recolección puede provocar estrés que da lugar a modificaciones en el metabolismo produciéndose cambios químicos y fisiológicos lo que repercute en la calidad del producto.

Fruto Agua por savia

Hortaliza elementos nutritivos

Cambios en la O₂ se modifica la atmósfera interna de

atmósfera interna CO₂ donde esté esa fruta u esa hortaliza

Aumento de la tasa de respiración esto acelera los

Consumo de metabolitos respiratorios y procesos de maduración

senescencia

Incremento de procesos oxidativos

- **Respiración**

En la respiración hay una degradación oxidativa de una serie de compuestos carbohidratados como almidón, azúcares, etc, que dan lugar a CO₂. Así hay pérdidas de materia seca y del sabor dulce (por los azúcares que se han degradado). Al aumentar la respiración la degradación es más rápida. Así hay que saber cuando es mejor cuando recoger el producto, por ejemplo la lechuga es mejor recogerla por la noche por que es cuando más carbohidratos tiene (aunque ya de por sí tiene pocos).

El fruto consume O₂ y desprende CO₂, H₂O y calor, por esto es por lo que se aceleran todas las reacciones oxidativas. El agua se acumula en la superficie por lo que el producto está más expuesto a la acción de microorganismos. Al consumir O₂ en el almacén donde tenga el producto debo saber que disponibilidad de CO₂ hay para que no se dé el fenómeno de anaerobiosis, proceso por el cual se forma etanol que produce toxicidad en los productos, así en las manzanas se dan manchas internas marrones y en la patata manchas negras y el sabor no es agradable, por lo que repercute en la calidad y lo debemos evitar.

Todos los organismos necesitan energía: las frutas y hortalizas en presencia de O₂ tienen metabolismo aeróbico, para obtener dicha energía. Para poder respirar va a degradar

1) Azúcares:

- Glucosa: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$
- Sacarosa: $C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O + Q$

2) También lo que puede degradar son ácidos orgánicos como:

- Malato: $C_4H_6O_5 + 3O_2 \rightarrow 4CO_2 + 3H_2O + Q$

3) Otra fuente de energía son los ácidos de cadena larga como:

- Esteárico: $C_{18}H_{36} + 26O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O + Q$
- Oleico: $C_{18}H_{34}O_2 + 25,5O_2 \rightarrow 18CO_2 + 17H_2O + Q$

Debo saber que fuente está utilizando el fruto u hortaliza para respirar pues el O₂ utilizado no es el mismo por ejemplo con glucosa que con malato. Utilizando el coeficiente respiratorio (CR) = CO₂ desprendido / O₂ consumido podré saber que fuente utiliza para respirar cada producto. Cuando usa:

- Azúcar: $CR = 6/6 = 1$
- Malato: $CR = 4/3 = 1,3$
- Ácidos grasos: $CR = 18/26 = 0,8$ ó $CR = 18/25,5 = 0,71$

Si el CR es bajo es que está consumiendo grasas y si es elevado es que estará consumiendo ácidos orgánicos.

La intensidad respiratoria también es fundamental saberla pues está relacionada con el tiempo de conservación: el espárrago y el guisante tienen una intensidad respiratoria (IR) muy elevada luego el almacenamiento será muy corto. La manzana por el contrario tiene una IR muy pequeña luego el almacenamiento es muy largo.

• **Proceso respiratorio**

- Metabolismo aeróbico:
 - Glucólisis: movilidad de la fuente de energía
 - Ciclo de Krebs: ciclo de los ácidos tricarbónicos
 - Transporte de electrones y fosforilación oxidativa

- Metabolismo anaerobio (hay esta ruta cuando no hay O₂)

Acetaldehído etanol

Piruvirato se producen fermentaciones que

Lactato desprenden CO₂

El desprendimiento de CO₂ puede ser bien de 1 o de 2 porque aquí se dan fermentaciones.

• Factores que influyen en la velocidad de respiración

Cada fruto desprende una cantidad de CO₂ al día. Para saber cuanto lo pudo almacenar hago: CO₂ día/ CO₂ que desprende en una hora a una determinada temperatura.

Ejemplo: 10000 mg de CO₂ número de horas que pudo almacenarlo

0°C 5mg de CO₂ a 0°C = 10000/5

10°C 15 mg CO₂

Cuando la temperatura aumenta la velocidad de reacción así $Q_{10} = R_{t+10} / R_t$. Generalmente el Q₁₀ será menos de 2, o sea que el proceso respiratorio es muy complejo y funcionan muchas cosas a la vez.

Normalmente al aumentar 10°C la temperatura la velocidad de reacción se duplicará porque el proceso respiratorio es muy complejo y funcionan muchas cosas a la vez (en frutas y hortalizas no pasa esto).

Ejemplo: la patata al aumentar la temperatura aumenta la intensidad respiratoria

IR

4°C 15°C T^a

Generalmente al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de reacción pero si la aumento demasiado destruyo los enzimas (los degrado) que actúan en el proceso metabólico, con lo que se detiene la respiración. Como ejemplo está el plátano el cual si le mantengo a 2–3°C y después lo saco no pasa nada, pero si lo mantengo a la misma temperatura más días (unos 20) y lo saco entonces se ve afectado: se dan daños por frío por lo que hay que tener cuidado.

La velocidad de reacción me va a depender de la cantidad de sustratos que tenga el fruto a la hora de recolectar. O₂

Concentración de O₂: Citocromo a + H₂O

Al disminuir el O₂ se impide la última fase de respiración. En la célula existen otras oxidasas como:

- Ascórbico oxidasa
- Polifenol oxidasa (a mayor cantidad el fruto pardea más)

Estas dos oxidasas compiten con el citocromo a por el O₂; la de mayor afinidad es

la citocromosimasa $K_m = 10^{-10}$ M. Para las otras dos: $K_m = 10$ M. Estas últimas se inhiben pues necesitan oxígeno, así al abrir el fruto y proporcionarle aire estas sí actúan (dan lugar al pardeamiento).

TEMA 3. REGULACIÓN HORMONAL DE LA MADURACIÓN

Hay factores externos pero también internos:

- Hormonales
- Genéticos
- Bioquímicos
- Enzimáticos

Cuando el fruto está maduro es más susceptible del ataque de microorganismos, también está más blanda y por lo tanto es susceptible de magulladuras. Una vez producido uno de estos daños se acelera la maduración.

Las hormonas se segregan en una parte del microorganismo pero actúan en otra parte diferente del organismo. Las hay propias del fruto (llamadas naturales) pero también las hay sintéticas (fabricadas por el hombre e inyectadas en el fruto). Pueden dar lugar a fototropismo, geotropismo y pueden participar en la diferenciación y desarrollo de raíces, tallos y hojas y en la formación de órganos, tubérculos, flores y frutos.

Me puede interesar adelantar la maduración, pues por ejemplo si recojo un fruto con máquinas me interesa que éste se desprenda fácilmente y esto se da si está maduro.

Hay diferentes tipos de hormonas: etileno, auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, etc.

- **Etileno**: los productos climatéricos lo producen, mientras que los no climatéricos no. Es atípico porque actúa en los lugares próximos donde ha sido segregada. Es importante conocer su ruta metabólica, cómo se sintetiza y donde actúa.

Ruta metabólica: Metionina SAM ACC etileno

ACC sintetasa

SAM= S. Adenosín metionina

ACC= 1-amino ciclopropano carbixílico

- Paso de SAM a ACC (que aparezca o no la enzima ACC sintetasa):
 - **Favorece**: la maduración, el tratamiento de Calcio con las citoquininas, el tratamiento con IAA (=indolacético), heridas golpes, estrés y anaerobiosis.
 - **Dificulta**: AVG (=aminoetoxinilglicina), streptomyces, rizhobium, japonicum.
- Paso de ACC a etileno:
 - Favorece: la maduración
 - Dificulta: anaerobiosis, el cobalto, una temperatura mayor a 35°C y desacopladores como dinitrofenol.

La anaerobiosis ayuda a una parte de SAM a ACC pero no ayuda a acabar la ruta.

- **Regulación de la producción de etileno:**

- Inducción de auxinas y IAA: ayuda al paso de SAM a ACC, dándose una mayor producción de etileno.
- Si aplico el AVG se va a bloquear este aumento de etileno.
- En la maduración se observa un cúmulo de ACC por lo que hay mayor cúmulo de etileno. Si le aplico exteriormente el ACC veo lo que pasa: si es climatérico y le aplico el ACC antes no actúa (se comporta como no climatérico) pero si se lo aplico justo antes se dará reacción y aumentará el etileno.
- Producción por estrés: hay diferentes tipos de estrés: el provocado por naturaleza química, por insectos, por daños mecánicos, enfermedades, por rotura hídrica, por radiaciones, etc. Con este estrés aumenta la cantidad de ACC y con ello aumenta el etileno.

El AVG produce una reducción de etileno dependiendo de la cantidad de ACC que tiene en el fruto.

Cada fruto tiene una respuesta a la maduración según la temperatura: así hay una clase de peras que con bajas temperaturas maduran, por lo que si las pongo a 5°C y luego las paso a 23°C hay un aumento de la producción de etileno. A sólo 23°C tardan mucho más en madurar.

Es importante el efecto de la concentración de anhídrido carbónico. Si es mayor la concentración disminuye la producción de etileno y el efecto de O₂ es que a menor concentración disminuye la producción de etileno.

- **Auxinas:** Las auxinas son retardadores de la senescencia. Para que un fruto madure debe de disminuir el ácido indolacético (IAA), es decir, este debe de consumirse. Pero cuando trato un fruto con auxinas tengo diferentes comportamientos:
 - **Adelanta:** la maduración de la manzana, pera, albaricoque y melocotón
 - **Retrasa:** la maduración de la uva, la caída del fruto, la separación del cáliz en los frutos.

En los frutos climatéricos un aumento pequeño de etileno, provoca que se produzca, el etileno autocatalítico por lo que madura antes.

En los frutos no climatéricos un poco de aumento de etileno no afecta al producto, este no madura antes, porque no se da un aumento del etileno autocatalítico.

Experiencias:

- Rodajas de plátano con auxinas: en vacío lo que pasaba es un retraso en la maduración de estas rodajas. Se produce etileno pero no madura rápido.
- Con plátano entero (bañado de indolacético): sí se adelanta la maduración, porque una vez impregnado se crea etileno (se da producción autocatalítica).
- Tomate con indolacético se queda más duro por lo que no madura.

Con las auxinas se retrasa la maduración pero si aplico etileno consigo contrarrestar a la auxina y lo aumento. Dependiendo de la auxina se contrarrestará más rápido o menos rápido: por ejemplo con IAA el etileno lo contrarresta rápidamente mientras que con 2,4 diclorofenilacético el etileno lo contrarresta lentamente.

Al tratar un fruto con etileno hay una degradación del IAA y aumenta la actividad de la peroxidasa.

- **Giberilinas:** hay que tener en cuenta que retrasan los procesos de maduración y senescencia y que actúan frente al cambio de calor. Hay un efecto antagónico con el etileno: si a un fruto le trato con giberlina y luego con etileno este último va a disminuir el efecto de giberlina.
- **Efecto de la giberlina en producción de etileno:**

Depende del fruto, dosis y forma de aplicaciones: puede ocurrir que aumente, disminuya o que se quede igual la producción de etileno.

- **Efecto de la giberilina sobre el color:**

- Retrasa la pérdida de clorofila

Cambios de color degradación clorofila cloroplastos a

Aumento caratenoides cromoplastos

Es más efectivo cuando el tratamiento se hace en el árbol que en un fruto recolectado.

- **Reverdización:** de cromoplastos se pasa a cloroplastos, al aplicar las giberilinas antes de que termine la maduración.

- **Efecto sobre el ablandamiento:**

En la maduración hay una modificación de la textura debido a enzimas como la celulosa y poligalacturonasa. Las giberilinas disminuyen la actividad de las poligalacturonasas, esto es, el fruto tarda más en ablandarse.

Ejemplo: la maduración de las naranjas: disminuye el contenido en zumo, la acidez y el contenido en proteínas.

- **Antagonismo entre giberilinas y etileno en tratamientos en frío:**

Cuando disminuye la temperatura aumenta el etileno y esto estimula la caída del fruto.

Ejemplo: si a las peras las aplico giberilina y las expongo al frío, lo que pasa es que no maduran o maduran más tarde.

- **Citoquininas:** su actividad es el antienvjecimiento, por ejemplo las coles de bruselas tienen un alto contenido en citoquininas por lo que se conservan verdes más tiempo pues las citoquininas retrasan la degradación de la clorofila. Ocurre lo mismo con las espinacas, el pimiento, la judía y el pepino.

Las citoquininas actúan en los primeros estados del fruto porque es la primera división celular, y es aquí donde es más eficaz. Por ejemplo en el aguacate sí actúa porque durante el desarrollo del fruto hay división celular.

- **Ácido abscísico (ABA):**

- Los frutos climatéricos + ABA se adelantan a la maduración
- Los frutos no climatéricos + ABA se aceleran al proceso de desverdización.

El ABA nunca disminuye la producción de etileno (puede quedarse indiferente pero nunca la disminuirá). Se utiliza por:

- Participa en procesos de latencia
- Participa en procesos de abscisión
- Estimula el proceso de senescencia de hojas y frutos
- Favorece la degradación de clorofila
- Estimula la floración de algunas plantas.

TEMA 4. ALTERACIONES DE LOS PRODUCTOS VEGETALES EN LA POSTRECOLECCIÓN.

Las alteraciones son:

- Daño mecánico
- Transpiración
- Alteraciones fisiológicas
- Alteraciones por deficiencias minerales
- Alteraciones microbiológicas
- Puede ocurrir cuando el fruto está en la planta o una vez recolectado. Se suele dar ya recolectado, así es mayor la alteración, lo que pasa es que va a madurar más rápido. Daños mecánicos son:
 - Las magulladuras. Algunas se ven en el momento y otras al cabo del tiempo.
 - El causado por la compresión: por ejemplo el causado por las cajas.
 - La punción: por ejemplo una rama que se incruste o mismamente las uñas.
 - Por abrasión: el roce que se produce unas con otras.
 - La explosión: se da en un fruto con mucha turgencia, que no soporta una presión muy elevada y su piel se rompe y explota.

Es importante la hora de la recolección: si cojo un producto a primera hora el tejido será más susceptible de que se estropee.

Cuando voy a almacenar un producto he de tener en cuenta que el estado de madurez del fruto va a influir en diferentes cosas, como la respiración.

- La transpiración la podemos dividir en dos:
 - Marchitez
 - Evaporación

Un fruto va a tener una presión según el ambiente del que esté rodeado. Las moléculas de agua del fruto tienden a salir hacia fuera dándose una pérdida de agua que da lugar a una pérdida de peso (lo que crea un daño económico). Si la fruta está lesionada se dará una mayor pérdida de agua, con lo que habrá una mayor pérdida de peso. Si disminuyo la t^a del producto el estoma queda abierto con lo que se aumenta la pérdida de agua, la cual depende también del número de lenticelas (las cuales no se cierran con lo que a mayor número mayores pérdidas de agua). El fruto respira por los estomas y la cutícula. Si disminuimos la temperatura bruscamente el estoma no se cierra y por ahí es por donde se produce la pérdida de agua. Nos interesa que en el exterior haya una humedad relativamente alta, porque así la diferencia de presión de vapor es más pequeña y hay menor pérdida de agua. Pero esto puede ocasionar problemas porque si la humedad relativa es elevada pueden crecer con mayor facilidad los microorganismos. Así si quiero mantener la humedad relativa elevada debo tener bajas temperaturas para que los microorganismos no crezcan.

• Factores que afectan a la pérdida de agua:

- Relación agua superficial/volumen: a mayor superficie/volumen mayor pérdida de agua.
- Naturaleza de la superficie de recubrimiento: el fruto tiene una estructura de células que en algunos casos forman ceras que protegen la superficie y en otros casos forman una estructura muy compleja pero ordenada. El agua tiende a salir fuera del fruto, así si la estructura es compleja tendrá más dificultad en salir, al igual que si hay cera que recubre el fruto (si esta no se da de forma natural se le puede aplicar).
- Lesión mecánica: al hacer un arañazo a un fruto el agua sale más fácilmente; si le produzco un corte

el agua sale aún con más facilidad. Si la lesión se produce cuando el fruto está en el árbol él mismo tiende a cicatrizar. Cuanto menos maduro esté mayor poder de cicatrización posee; para la cicatrización se dan unos agentes especiales. Si el fruto está recolectado tiene menor poder de cicatrización.

- Ataque de insectos: si estos perforan la piel crean una vía de escape para el agua.

- **Control de la pérdida de agua:**

- **Humedad relativa alta(85–90%)**: se da un peligro que es el desarrollo de microorganismos, así que hay que tomar medidas como la utilización de pesticidas o reducir la temperatura. A pesar de este riesgo con una humedad relativa elevada se consigue una mejor calidad. Por ejemplo en la cebolla y la calabaza la humedad relativa debe ser de 65–70%. En la patata más elevada porque así mejoramos los problemas de podredumbre, esto es, mejoramos su calidad.
- **Movimiento del aire**: al respirar el fruto produce calor con lo que la t^a aumenta, pero lo que nos interesa es que esta sea baja.

El fruto tiene a su alrededor una capa microscópica que ayuda a la retención del agua. Si crece una velocidad en el aire y ésta es muy rápida se eliminará esa capa y la pérdida de agua aumentará, así que esto no es lo que me interesa. Por el contrario si el aire va lento el alimento no se enfría, y esto tampoco me interesa luego he de buscar una velocidad de compromiso la cual no elimine la pequeña capa y a la vez no deje calentar el fruto.

- **Embalaje**: protegemos al fruto con diferentes embalajes por lo que las pérdidas de agua son distintas, luego es fundamental un tipo de embalaje u otro. Hay un problema y es que si está protegido el fruto también lo está la temperatura por lo que la velocidad de enfriamiento va a ser muy lenta.
- **Permeabilidad al vapor de agua**: el material que esté en contacto puede ser permeable al vapor de agua por lo que absorbe agua de la propia fruta, por lo que hay que tener cuidado. Debemos utilizar un material impermeable.

Nota: de un 3 a 6 % de pérdida de agua supone una menor calidad.

- Alteraciones fisiológicas

- **Daños por frío:**

Hay productos tropicales y subtropicales que cuando se almacenan a una temperatura por encima del punto de congelación entre 0–12°C sufren una alteración, conocida como daños por frío.

Es diferente el daño por congelación, en el que se crean cristales y rupturas, que el daño por frío en el que la temperatura es baja pero no tanto como la de congelación, aunque hay productos sensibles a esto y por ello se crean daños.

Hay que saber para cada producto cual es su t^a adecuada. También influyen en los daños por frío la madurez del producto: si el producto está verde es más susceptible de sufrir daños que si está más maduro; además si los sufre cuando está verde luego ya no madurará correctamente. El daño por frío altera su vida útil y no son organolépticamente de buena calidad.

Un producto es sensible al frío: si antes de recolectarlo ha hecho mucho frío el fruto es mucho menos susceptible al daño por frío, porque se ha adaptado.

Si están poco tiempo a baja temperatura puede que no le afecte y no sufra daño por frío, dependiendo claro del producto: el plátano en dos días sufre daños.

También el daño por frío puede que no esté en el exterior y sí en el interior del producto, luego puede que no lo sepamos hasta pasado un tiempo.

Una posibilidad es aclimatar la fruta a bajas temperaturas: por ejemplo pongo la temperatura a 4–5°C por encima de la de almacenamiento durante un tiempo para que se adapte, luego la bajo y así el producto no sufre daños por frío. También puedo poner la temperatura por debajo de la que sufre daño y antes de que se produzca dicho daño la aumento, con lo que se equilibra y se reestructura; de nuevo la vuelvo a bajar y luego a subir, y así sucesivamente, esto es, aplico temperaturas alternantes.

Temperatura de almacenamiento isobárico: disminuyo la concentración de volátiles (CO₂, O₂, etc.) y la pongo a una determinada concentración con lo que el producto no será tan sensible a daños por frío.

Cuando se daña por fríos hay cambios en el producto: disminuyen los lípidos en la envoltura (se crea una estructura más rígida y cristalina) dándose una pérdida de permeabilidad y de actividad de enzimas con lo que se produce un desequilibrio en el metabolismo respiratorio. Es como si estuviera en anaerobiosis (se produce acetaldehído y etanol).

Cuando se da el desorden es porque lo he dejado mucho tiempo expuesto al frío; ya no puedo restablecer el orden. Si dejo al producto poco tiempo si se puede restablecer el orden y darse una respiración normal.

- Alteraciones producidas por deficiencias nutritivas:
 - De absorción: raíces de la planta
 - Problema de transporte: por el tronco
 - Problema de distribución: por la rama
 - Problema de utilización: por el fruto

Carencias: Boro, calcio, sodio, fósforo y el más importante el nitrógeno; el problema es que haya exceso, pues si pasa esto hay pérdida en la capacidad de almacenamiento y el producto no es de buena calidad.

En nitrógeno es absorbido muy rápidamente por la planta, igualmente se distribuye muy rápidamente por todo el conjunto de la misma. El fruto va a absorber más que las hojas.

- Calcio: lo que hace es favorecer la retención de calidad. La vida útil del producto es mayor y se disminuye la velocidad de respiración. Si hay mayor contenido de calcio este contrarresta los efectos de tener exceso de nitrógeno. El fósforo también hace lo mismo.

El fósforo y el calcio están relacionados con la actividad de la membrana al contrario que el nitrógeno que la disgrega. El calcio no se destruye rápidamente; su transporte es lento. La parte del corazón y semillas del fruto es más rica en calcio que la parte carnosa.

Va a ser necesario que cuando abonemos el terreno de calcio sea en los primeros estados de formación del fruto.

Nota: la poda del árbol se hace para que el abonado que yo de pueda llegar al fruto, ya que los chupones se lo llevan y donde debe llegar el calcio es al fruto.

- Boro: algunos efectos son muy similares al calcio; crea el piterpit y unas manchas marrones.
 - Potasio: están asociados niveles elevados de potasio y niveles bajos de calcio. Así en el tomate si disminuye la tasa de potasio se inhibe el licopeno.
- Alteraciones microbiológicas

Dependiendo de la temperatura y humedad un fruto va a ser más susceptible de que crezcan en él microorganismos. Si la superficie es homogénea la infección será sólo superficial mientras que si hay herida la infección va a llegar dentro del fruto. Así el ataque puede ser:

- Superficial
- Interno

El producto lo que hace es formar una estructura más rígida para impedir el ataque de microorganismos. El peridermo lo pueden formar diferentes productos de forma natural o mediante un tratamiento llamado curado que consiste en tener el producto a una t^a de 7 a 15°C y una humedad relativa del 95% durante 10 o 15 días.

En hortalizas si el pH es menor a 4,5 es más susceptible a infección por hongos; si es superior a este 4,5 lo será a bacterias.

Las alteraciones pueden ser tratadas con diferentes tratamientos:

- Tratamientos físicos:

- Controlar la temperatura y la humedad relativa. A temperaturas bajas se conserva mejor el alimento, pero hay que tener cuidado con que el producto sufra daños por frío.
- Inversión en agua caliente: a unos 50–55°C para matar a los microorganismos.
- Añadir fungicidas con lo que será el tratamiento aún más efectivo, pero hay que tener cuidado pues puede dañar al producto, al igual que el agua caliente.
- Radiaciones ionizantes: efectivo para los microorganismos pero dependiendo de la dosis se puede dañar al producto: se reblandece el tejido con lo que se da un mayor deterioro posteriormente, también desórdenes fisiológicos, crecimiento alarmante, etc.

- Tratamientos químicos:

- Utilización de fungicidas: hay frutas que tiene una larga vida de almacenamiento (por ejemplo los cítricos) por lo que nos interesa evitar la contaminación microbiana. Los de corta vida de almacenamiento (por ejemplo la fresa) deben de ser tratados en el campo y el fungicida utilizado no debe de ser de larga duración, esto es, debo de tener en cuenta el fungicida y la vida del producto.
- Para saber que agente químico debo de utilizar debo de tener en cuenta lo siguiente:
 - La carga microbiana que tiene el fruto
 - La profundidad de la infección (superficial u interior)
 - Velocidad de crecimiento
 - Ambiente donde va a estar el producto (t^a y humedad relativa)
 - Profundidad de penetración del agente químico.

El agente químico no puede ser fitotóxico pues no puede lesionar el tejido y debe de estar permitido por la legislación vigente. Los que se utilizan generalmente son fungiestáticos no fungicidas, esto es, no destruye el microorganismo pero le inhibe, tanto su crecimiento como su velocidad de actuación, etc.

Algunos fungicidas pueden ser:

- El cloro: que se añade al agua, pero teniendo en cuenta que hay productos que no lo admiten como el espárrago.
- Anhídrido sulfuroso: hay que eliminarle después.

Pueden estar en sprays, ser solubles en agua (para que puede lavar el producto), etc. pero no deben dejar

residuos en el producto, y debe durar durante todo el almacenamiento. Hay que tener en cuenta el control durante la maduración: debo tener en cuenta el crecimiento de microorganismos, así a mayor humedad mayor posibilidad de crecimiento (también debo tener en cuenta la t^a). Hay que desinfectar la cámara, y debo considerar que el fruto respira y que esto produce etileno, el cual debo de eliminar porque si no el fruto madura más rápidamente. El etileno podemos utilizarlo para la desverdización, sobre todo en cítricos.

No puedo almacenar productos con distinto índice de madurez porque unos aceleran la maduración de las otras.

- Recubrimiento céreo:

Hay productos que de forma natural producen una sustancia cérica que los recubre como por ejemplo los cítricos. Esta capa lo que hace es evitar que el producto tenga pérdidas de agua, con lo que el producto se mantiene mejor durante más tiempo (es por ejemplo más atractivo para la vista). Durante los procesos de lavado y cepillado la cera se puede ir, con lo que yo se la puedo aplicar; también la podría aplicar si es que el producto no la produce naturalmente. La mezcla la aplico hace que no haya pérdida de agua y que la fruta quede con un brillo y color agradable a la vista.

TEMA: CENTRALES HORTOFRUTÍCOLAS

Los puntos a tener en cuenta son:

- Localidad:
 - Proximidad de zonas de cultivo: si tengo una producción continua (debe estar llena todo el año la central).
 - Buenas medidas de transporte: carreteras, flota de camiones, etc.
 - Suministro de energía. Agua potable. Eliminación de efluentes.
- Ubicación:
 - Suficientemente amplia: debo de tener un terreno amplio, por si quiero ampliar en el futuro.
 - Inspección de las industrias próximas: puede interferir en mi producto.
 - Terreno: si hay contaminación, si es pantanoso, si abundan los insectos, etc.
- Edificio:
 - Zona de frutas y hortalizas
 - Zona de manipulación
 - Zona de manipulación (cámaras)
 - Zona de almacenamiento de cajas y envases
 - Podemos clasificarla a su vez en:
 - Zona amplia = zona de descarga de camiones de forma continua.
 - Zona de sombra: para que no se acumule calor y se acelere la maduración.
 - Zona de descarga
 - Laboratorio de control de calidad.
 - Podemos dividirla en:
 - Separación de la zona de limpieza y desinfección del resto.
 - Circulación de la materia prima: de forma unidireccional.
 - Iluminación adecuada en zona de selección: porque lo que hay que hacer es mirar bien el producto (el color, si hay magulladuras, etc.)

NOTA: el suelo no puede ser de hormigón si hay mucho agua ni tampoco si es zona seca porque se genera mucho polvo. Tampoco hay que hacerlo de material deslizante. El desagüe no puede pasar por la zona de producción y el agua debe de ser potable.

- Se destaca:
- Debe de estar próxima a la zona de manipulación: así si el producto es frágil es mejor cuanto menos lo manipule.
- Transporte en carretillas movidas por energía eléctrica: si se da combustión se desprende CO₂ y esto puede influir en el producto así que hay que tener cuidado.

TEMA 8. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS.

• Como afecta la temperatura a la actividad enzimática

A los 30°C empieza a disminuir la actividad enzimática, a los 35°C disminuye aún más y a los 40°C no hay actividad enzimática. Si estamos a 30°C de forma continua durante bastante tiempo, en el producto no se da una maduración normal, es irregular.

El límite inferior para la inactividad enzimática está entre 0–2°C, pero a esta temperatura se va a congelar el agua que posee el producto, con lo que se da una expansión de esta y esto afecta a las células del tejido. Si yo descongelo el tejido éste no reabsorbe el agua porque las células están dañadas y con ello la textura es diferente.

Así una temperatura elevada no conviene, lo mismo que una muy baja, pues se congela; lo que debo tener es una temperatura un poco por encima de la congelación, y así voy a tener mayor periodo de almacenamiento, mayor vida útil. Cuando disminuye la temperatura el producto disminuye la pérdida de calidad, lo cuál si me interesa, al igual que me interesa que a bajas temperaturas los daños por microorganismos son menores, pero hay que tener cuidado con los daños por frío.

Cuando tenemos frutos no climatéricos el frío retrasa el deterioro. En los climatéricos se retrasa el comienzo de la maduración y así si los mantengo a temperatura baja durante mucho tiempo hay que aplicar etileno (durante más tiempo) para que maduren. El rango óptimo para la maduración organoléptica está entre 10°C y 30°C, siendo el óptimo 20°C.

Hay beneficio cuando bajo la temperatura, pero debo tener en cuenta factores como la maduración, vida de almacenamiento, daños por frío, etc.

Hay un equilibrio entre la calidad de almidón y los azúcares, los cuales se consumen por metabolismo respiratorio para dar anhídrido carbónico. Así la temperatura influye en este equilibrio, por ejemplo para la patata y el boniato interesa que tenga almidón y esto se consigue con temperatura ambiente, pero si disminuye esa temperatura va a tener más cúmulo de azúcares, variándose también la textura, así se da la reacción de Mallar, y si se fríen tendrá lugar la caramelización. En los guisantes se prefiere que tengan más azúcares; al recolectarlos los dejamos en refrigeración para que se mantenga esa concentración de azúcares y éstos no pasen a formar almidón.

• Parámetros a controlar en postrecolección:

- Respiración
- Pérdida de agua
- Maduración (producción de etileno)

- **Estrategias de control:**

- Disminución de la temperatura conservación en cámaras frigoríficas

Conservación en atmósfera controlada (AC)

- Atmósfera

Conservación en atmósfera modificada (AM)

- **Refrigeración:**

Su objetivo es que el deterioro sea más lento, para ello disminuimos la temperatura, esto es, dejamos que se enfríe. Lo que tiene que pasar es que se enfríe pero elimine el calor de la fruta y además debemos controlar la humedad relativa.

- **Enfriamiento y conservación en estado enfriado:**

Fruta potencial de vida postrecolección

Hortaliza marchitamiento

- Reservas metabólicas debo evitar podredumbre
- IR (Intensidad Respiratoria) super madurez

- **Factores que influyen en la conservación:**

- Calidad del producto que yo tengo
- Prerrefrigeración
- Condiciones de la conservación:
 - Temperatura
 - Humedad relativa
 - Circulación del aire
 - Renovación del aire
 - Estiba (que es la disposición de las cajas)y densidad de almacenamiento

- **Calidad del producto**

- Calidad inicial:

- Evitar que haya daños mecánicos acceso y desarrollo de microorganismos podredumbre.
- No haya ataques de insectos, hongos, etc.
- No haya restos de plaguicidas (aumento de dosis)
- Grado de madurez adecuado
- Buena calidad comercial

- Anterior a la recolección:

- Condiciones edafoclimáticas y de cultivo

- Aplicación de hormonas y reguladores
- Recolección:
 - Momento oportuno (métodos visuales, físicos, químicos y fisiológicos)
 - Cuidadosa
- Posterior a la recolección:
 - Recepción
 - Descarga
 - Limpieza
 - Tratamiento envasado
- **Preenfriamiento o prerrefrigeración**
 - Proceso a baja temperatura
 - Inicial (recolección, tª ambiente) final (almacenamiento o

transporte refrigerado)

- Influencia del tiempo que tarde el preenfriamiento sobre la calidad del fruto:
- Cuestión de horas: productos frágiles con elevada IR como fresas, hortalizas de hojas, espárragos, etc. Por ejemplo cuando mantenemos las fresas a una tª alta, si no estoy mucho tiempo con esa tª obtengo un 90% de calidad pero si espero 8 horas se puede reducir esa calidad hasta un 45%. El tiempo que tienen que estar depende de cada alimento.
- Tiempo igual o mayor a un día (mejor que no sobrepase las 24 horas): aquellos productos menos frágiles. No hace falta que enfríen tan rápidamente.
- Ventajas de la refrigeración:
 - Retrasa la super-maduración
 - Minimiza: la transpiración, la respiración y el deterioro por microorganismos.
 - Ahorro en potencia frigorífica.
- Agentes de enfriamiento:
 - En cámaras frías
 - Por corriente de aire forzado
- **Condiciones de la conservación:**

Están interrelacionadas, esto es, van a tener una influencia conjunta.

- Temperatura:

Se da una gran influencia si tenemos grandes fluctuaciones a bajas temperaturas, lo que hace es que se disminuya el tiempo de conservación. Ejemplo: la pera William $t(-1^{\circ}\text{C}) = 2t(-1^{\circ}\text{C})$

Hay que tener un riguroso control en las cámaras intentando conseguir que las fluctuaciones sean menores o como mucho iguales a 0.5°C. esto lo conseguimos mediante:

- Aislamiento de la cámara.
- Potencia frigorífica correcta
- Adecuado estiba, embalaje y circulación del aire.

Con todo esto evito que haya diferencias de temperaturas entre las zonas de las cámaras. La elección de temperaturas de cada fruto y el tiempo de conservación debo ver cual es el que me interesa.

- Humedad relativa:

La cual puede ser:

- Baja: implica una deshidratación del producto, marchitamiento, pérdida de peso, etc.
- Alta: desarrollo de microorganismos y podredumbre.

Así debo jugar con si pongo la humedad relativa alta o baja; las más recomendadas están entre el 85–95%, pero siempre debo tener en cuenta si mi producto la admite o no. Hay excepciones que deben de tener una humedad relativa mayor al 95% como los frutos secos, dátiles, bulbos, lechuga, apio, etc.

- Renovación del aire:

El aire es el vehículo que va a eliminar el calor. Para que la temperatura sea uniforme voy a tener un flujo de aire, pero si este es muy rápido voy a tener una pérdida de agua y con ello de peso, así que debo tener aire para la eliminación de calor, pero su velocidad debe ser controlada para que el producto no se me seque. La recomendación es de 30 m³/h.

- Estibas y densidad de almacenamiento:

Es muy importante como voy a colocar las cajas porque el enfriamiento debe ser uniforme. También es importante la separación entre ellas, para que permitan la buena circulación del aire.

- Embalajes:

Deben cumplir:

- Sean fuertes
- Permitan la rápida circulación de calor y aire.
- Permitan un fácil almacenamiento: que no se aplasten unos a otros: pueden ser de cartón, madera, plástico o combinados.

Los productos que van a ser curados (se utiliza una temperatura superior) no se preenfrian como es el caso de la patata, boniato, mandioca, etc. Se utilizan agentes de enfriamiento como:

- En cámara fría
- Por corriente de aire forzado (a presión)
- Hidroenfriamiento (hydrocooling): se pone el producto en contacto con agua fría. Si el producto está sucio el agua se puede contaminar.
- Contacto con hielo: se pone hielo picado sobre las cajas que contienen el producto. Por ejemplo el espárrago con elevada IR se cubre con hielo y así se elimina el calor y disminuye esa IR. Se utiliza con otros métodos de apoyo.
- Refrigeración a vacío: se hace con productos cuya relación superficie/volumen aumenta al someterles a vacío, así se elimina calor porque baja la temperatura más rápido. El producto se seca un poco.

- Agua pulverizada enfriada: se trata de duchas combinadas con aire frío. Se hace en zonas en que la Humedad relativa sea baja y el agua de buena calidad, pues si no puedo contaminar el producto.

NOTA: periodo de semienfriamiento (Z): es el tiempo que se requiere para reducir a la mitad la diferencia temperatura entre la temperatura del medio y la del producto.

- **Problemas de la conservación en estado refrigerado**

- Alteraciones fisiológicas:

Condiciones medio ambientales adversas como la disminución de la temperatura. Así los productos sensibles al frío sufren pérdidas. Para ello se necesitan un intervalo de temperaturas crítico que suele ser muy pequeño. Todo esto depende de la especie, variedad, condiciones del cultivo, características microbiológicas y sobre todo del grado d madurez (cuanto menos maduro mayor conservación).

- Alteraciones microbianas:

Pueden ser antes o después de la postrecolección:

- Antes: ha penetrado un hongo dándose una infección latente y el cual puede desarrollarse durante o después del almacenamiento frigorífico.
- Después: pueden ser de origen fúngico y los daños van a aparecer después del almacenamiento.
- Factores:

- Variedad
- Madurez (los maduros mayor susceptibilidad)
- Alteración por frío: mayor susceptibilidad
- Temperaturas: bajas o elevadas
- Humedad relativa mayor al 90%: aumento del desarrollo de mohos.
- Tipo de envase: que sean impermeables al agua y así no se dé un aumento de mohos.

- **Conservación en atmósferas controladas (AC)**

Hay dos formas de mantener el producto: mediante la temperatura y las atmósferas modificadas (AM) y controladas.

Se hace una determinada composición de gases y se mantiene esa composición constante a lo largo del almacenamiento. Hay una concentración determinada de gases, se cierra la cámara y no se puede entrar puesto que se modificaría la composición de gases.

No se va a aplicar a todos los productos pero en general en los climatéricos es beneficioso antes de que llegue el climaterio, en los no climatéricos no tiene mucho sentido puesto que no hay beneficio.

Se observa que en la respiración los frutos absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono, agua y energía; si disminuye el oxígeno, o aumenta el CO₂ la reacción va mas lenta y la respiración es mas lenta.

La primera vez que se usaron la atmósfera conservada fue en China con el Litchus: se metía el producto en vasijas de yeso herméticamente cerradas, y con hierba y hojas frescas.

- Se usó en el transporte de frutas (manzanas) en bodegas no ventiladas de barcos.
- 1819–1820 Jaques Berad (universidad de Montpellier).

- 1927 Kidd y Wets R.U. semilla– fruto.

- **Factores a tener en cuenta para AC o AM**

Comportamiento de las frutas en el almacenamiento en atmósfera normal

Respuesta favorable: al poner el fruto en una de las dos atmósferas, éste va a tener una u otra respuesta, la cual debe ser favorable, si no conviene meterle.

Ciclo de producción: hay frutos que se dan en periodos muy cortos a lo largo del año, pero alargando su periodo de almacenamiento puede ser consumido todo el año.

Valor del producto: encarece el producto.

Disponibilidad de fuentes alternativas del mismo producto: hay productos que traerlos desde fuera me sale más rentable y así con las atmósferas puedo mantenerlos para luego ser consumidos.

- **Ventajas AC**

1. Mayor vida comercial porque hay un retraso de la maduración (!O₂,!CO₂)
2. Disminuye la podredumbre y puede disminuir las alteraciones fisiológicas
3. Puede modificar la textura de algunos productos.

- Mayor vida comercial: el retraso puede ser debido a diversos factores:
 - Disminuye la concentración de oxígeno, 2–4% de O₂ da lugar a anaerobiosis con lo que se estropea el producto.
 - Aumenta el CO₂ un 2–3% alteraciones fisiológicas
 - Sensibilidad al dióxido de carbono como la naranja y el tomate
 - A menor T^a hay menor concentración de oxígeno para inhibir la respiración
 - Sensibilidad baja a concentración de oxígeno depende del tiempo de exposición, esto es, el tiempo que lo tenga en esa atmósfera.
- A menor concentración de dióxido de carbono se tolera mejor una menor concentración de oxígeno
- Hay menor actividad respiratoria
- Menor síntesis de etileno. Por ejemplo: el plátano verde 5% de CO₂, 3% de oxígeno, y 92% de nitrógeno; la ausencia de etileno multiplica por 12 la vida útil.
- Conservabilidad del color verde en atmósferas pobres de oxígeno
- Aumento de concentración CO₂, inhibe la degradación de sustancias pépticas, por lo que la textura es más firme.
- El aumento de dióxido de carbono mejora la retención de sustancias aromáticas: por ejemplo lo favorece en el tomate y le perjudica al espárrago
- Disminuye la podredumbre
- Efecto sobre el crecimiento de microorganismos
- Fresas ! [CO₂] = 20%; se pone una concentración tan elevada de CO₂ porque las fresas duran muy poco
- Espárragos: [CO₂] = 5–10%

- Etileno: hay que controlarlo y para ello:
- No almacenar frutas con distinta madurez: el etileno producido por uno afectaría a aquellos productos que no estén tan maduros
- Bajar la temperatura con lo que $![\text{CO}_2]$ y $! [\text{O}_2]$.
- Ventilación: debo saber que calidad de aire voy a meter y a que t^a (pues un gradiente de t^a vendría mal).
- Oxidación: $\text{Et CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

O3 O2

Precaución

O2 O3 Oxidación O2

El O3 lo consigo por radiación = 185 nm y 25 nm

- Utilizar permanganato potásico que captura el etileno (se emplea en plátanos que producen mucho etileno).
- **Producción de AC**
- Respiración propia del fruto: el fruto coge O2 y suelta CO2 llegando un momento que será el que a mí me interese y deberé mantenerlo así; es la más barata pero lleva tiempo. No es muy ventajoso.
- Empleo de quemadores: se pasa por un quemador de aire, seguido por un condensador para eliminar el agua y el calor, quedando CO2 que se puede eliminar al pasarlo por un absorbedor, y N2. Si me interesa que llegue también CO2 haré que pase por otro lugar donde no haya absorbedor.

Fuel

CO2, H2O, N2

N2

Quemador absorbedor

aire condensador

- Membrana de difusión: se controla la composición de la cámara y mediante un difusor puedo modificarla: se atrapa el aire y se le da la composición adecuada.
- Envases fisiológicos: son envases que tienen una cierta permeabilidad a los gases.
- Sacos con ventana de difusión: la ventana permite una mayor difusión de los gases
- Sistema polar stream: insuflamos nitrógeno líquido sobre el aire, desplazando el oxígeno a la vez que enfría. Es muy caro.
- Sistema tectrol: consiste en atmósferas de nitrógeno y oxígeno a unas concentraciones determinadas; sirve para viajes largos.
- Sistema oxitrol: oxígeno y nitrógeno pero se controla mejor la concentración: se añade oxígeno cuando se consume.

- Almacenamiento hipobárico: se da vacío parcial, esto es, se disminuye la presión de O₂. Se debe controlar la temperatura y la humedad.

- **Principios de la atmósfera modificada**

Conservación de frutas y hortalizas (enteras o troceadas) bajo películas plásticas con una permeabilidad definida (entra poco O₂ y sale mucho CO₂).

- Fundamento: modificación de las condiciones gaseosas iniciales del entorno debido a el metabolismo del producto y la barrera semipermeable del embalaje.
- Definición: un alimento almacenado en atmósfera modificada sería un alimento perecedero almacenado en un ambiente diferente al aire. Esta definición engloba a distintos sistemas como:
 - Envasado en atmósfera controlada: está modificada pero la mantengo constante.
 - Envasado con inyección de gases
 - Envasado sin inyección de gases en embalaje permeable
 - Envasado al vacío
 - Almacenamiento hipobárico.

En la atmósfera modificada el producto va cambiando la composición de la atmósfera pero yo no la controlo, no la mantengo constante.

NOTA: en laboratorio se utilizó atmósfera modificada.

- **Envasado en atmósfera modificada**

Si disminuye el oxígeno disminuye la intensidad respiratoria, la cual también disminuye al descender la temperatura. El envase utilizado es sellado y permeable.

- Metabolismo del producto:
- Respiración: consume oxígeno y se desprende el dióxido de carbono. Modifica la atmósfera: aumenta el dióxido de carbono y disminuye el oxígeno.
- Embalaje: permeabilidad difusión O₂ difusión CO₂

Interior exterior

< rápida > rápida

entra poco O₂ sale mucho CO₂

- Atmósfera equilibrada modificada: (EMA)

Flujo entrada Absorción O₂ Emisión CO₂ Flujo de salida

CO₂

O₂

- Parámetros que determinan las condiciones de equilibrio:

- Vegetal: naturaleza, IR, masa controlan el acondicionamiento
- Embalaje: permeabilidad del vegetal creando un equilibrio
- T^a, IR, HR de gases en el interior
- Factores que influyen en la atmósfera en equilibrio
- IR: afecta niveles de oxígeno y dióxido de carbono (un tiempo hasta alcanzar la estabilización)

Esto implica la necesidad de conocer la intensidad respiratoria para seleccionar los demás parámetros que intervienen en la dinámica de este sistema. Una intensidad respiratoria elevada es problemática, hay que adecuar la velocidad de respiración y la permeabilidad, para ello se utilizan microperforaciones.

- Establecimiento de las condiciones de equilibrio:
- Formas de estabilización:
 - Activa: eliminación de aire y se reemplaza por la mezcla de gases elegida, la modificación es inmediata.
 - Pasiva: en función de su respiración y características del film.
 - EMA (= atmósfera que está en equilibrio): 2–5% oxígeno y 3–8% de dióxido de carbono. Lo que hace es:
 - Retrasa la maduración y reblandecimiento de los vegetales.
 - Reduce la degradación de la clorofila, la alteración microbiana, y pardeamiento enzimático.
 - Por acción del etileno eliminado se controlan los procesos de marchitamiento.

5

1