Rol del Etileno en la maduración de los frutos

Ensayos de etileno con plátano.

Docentes: Lic.César Hernández
Ing. Gioavana Bedoya

Julio 2014

Contenido

I. Introducción 3
II. Revisión de literatura 4
2.1 Madurez del fruto 4
2.1.1 Frutos climatéricos 4
2.1.2 Frutos no climatéricos 4
2.2 Etileno, hormona de la maduración 5
2.3 Cambios generados en el fruto por etileno 5
2.3.1 Cambios de color 6
2.3.2 Alteraciones en el olor 6
2.3.3 Cambios en la textura 6
III. Materiales y Métodos 8
3.1 Materiales e insumos 8
3.2 Procedimiento 8
IV. Resultados y Discusiones 11
4.1 Resultados 11
4.2 Discusiones 12
V. Conclusiones 13
VI. Recomendaciones 13
VII. Bibliografía 13

Tablas

Tabla 2. 1 Clasificación de especies hortícolas de acuerdo a la producción de etileno. 5
Tabla 3. 1 Cuadro usado para registro de los acontecimientos observados en los cuatro tratamientos 10
Tabla 4. 1 Resultados de las observaciones 11
Tabla 4. 2 Fotografías de los tratamientos al final de la evaluación 12

Figuras

Figura 3. 1 Fotografías que muestran la distribución de los tratamientos 9

I. Introducción

El etileno es la hormona vegetal responsable de la maduración en muchas frutas, como manzanas, peras y tomates. El etileno es conocido también como la "hormona de la muerte" por su capacidad para crear una amplia gama de daños a los cultivos de invernadero, así como por la descomposición de los productos en el almacén.
El etileno (CH2=CH2), es un compuesto químico que produce la fruta antes de madurar siendo fundamental para que la esta pueda ser consumida. Su presencia determina el momento de la maduración, por lo que el control de su producción será clave para su conservación.

Actualmente se sabe que el etileno se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress". En consecuencia, el daño físico de las frutas también acelerará el proceso de maduración, y en algunas frutas esto puedes ser un iniciador de este proceso. De este modo la ventilación es también de gran importancia para prevenir la fermentación y no estropear la fruta.

Si eres estudiante y está entrando a una feria de ciencias o debes dirigir un experimento independiente en la clase de ciencias, considera la posibilidad de explorar el rol que tiene el gas etileno en la maduración de la fruta. Este ejemplo es interesante, lo que alienta a los niños e implica elementos simples como bolsas plásticas y fruta madura. El experimento trata, sobre cómo el gas etileno madura la fruta dentro de la bolsa plástica, para eso se usó fruta madura en uno de los tratamientos y gas etileno comercial en otro, además que no requiere una supervisión extensiva por lo cual será sencillo tomar los resultados para su análisis posterior, también daremos algunas recomendaciones de otras pruebas que tú puedes añadir a tu experimento escolar. El objetivo del experimento es mostrarte lo simple que puede ser, realizar este experimento, además de enseñarte con lenguaje sencillo la función del etileno en el proceso fisiológico maduración y comparar los resultados con el uso de envoltorio plástico usando etileno comercial y fruta madura.

II. Revisión de literatura

2.1 Madurez del fruto

La madurez es un proceso irreversible que ocurre en los frutos y en algunos vegetales. La madurez es un proceso fisiológico y bioquímico, que está bajo control genético y hormonal, es un proceso que está acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento de tamaño. La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ARNm, así como de nuevos pigmentos y componentes de sabor; procesos que requieren de energía y esqueletos carbonados, los cuales son proporcionados mediante el proceso de la respiración.

De acuerdo con el patrón respiratorio y la síntesis de etileno en una etapa temprana de la madurez, los frutos han sido clasificados en climatéricos y no climatéricos. Por lo cual se define como Climaterio el periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción de etileno (hormona natural de la maduración) que señala el cambio del crecimiento al envejecimiento, en el que implica un aumento en la respiración y conduce de forma irreversible a la maduración del fruto. Todos los frutos liberan etileno pero lo que marca la diferencia es su forma de liberarlo.

2.1.1 Frutos climatéricos

Son aquellos frutos que muestran un incremento de la maduración como consecuencia de la actuación del etileno. Estos frutos muestran un incremento de su actividad respiratoria antes de la fase de maduración denominada climaterio, y muestran una máxima producción de etileno justo antes de que se incremente esta actividad respiratoria. Estos frutos son capaces de madurar después de haber sido cortados y el inicio de la maduración puede adelantarse mediante la aplicación exógena de etileno. Ejemplos: manzana, palta, plátano, chirimoya, higo, melón, melocotón, pera, tomate, sandía.

2.1.2 Frutos no climatéricos

Son aquellos frutos que maduran gradual y constantemente, sin mostrar un aumento significativo de la actividad respiratoria ni de la producción de etileno al inicio de la maduración. Si se les aplica etileno exógenamente se produce un incremento de su actividad

respiratoria pero no se induce la producción endógena de etileno ni se acelera el proceso de maduración. Su crecimiento y maduración se ve frenado si estos frutos son cortados de la planta. Ejemplo: cereza, calabaza, uva, pomelo, piña, limón, naranja, mandarina, fresa.

2.2 Etileno, hormona de la maduración

En las plantas la hormona etileno (C_2H_4) desempeña un papel importante en el proceso de maduración de frutos climatéricos. Parámetros tales como el reblandecimiento de la pulpa el cambio de color, y la producción de volátiles (aroma) dependen en gran medida de la producción de C_2H_4.

El etileno tiene, entre otras, la característica de aumentar la actividad metabólica de los frutos, acelerando su maduración y senescencia (envejecimiento). El etileno aun en bajas concentraciones tiene efectos marcados sobre los frutos, especialmente en los climatéricos, de forma tal que aumenta su tasa respiratoria y ayuda a la degradación de la clorofila. En algunos casos, es necesario el uso suplementario de este compuesto para uniformizar el color, la maduración de un producto o mejorar su presentación.

Los efectos negativos o positivos del etileno dependen del producto; en hortalizas de hoja puede ser nocivo, puesto que si se degrada la clorofila toman una tonalidad amarillenta que no es adecuada, en flores acelera la caída de los pétalos y en algunas frutas ayuda a desarrollar el color característico de las mismas. Así mismo, existen diferentes niveles en la producción de etileno como se observa en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1 Clasificación de especies hortícolas de acuerdo a la producción de etileno.

Clase	Rango a 20ºC (µL de C_2H^4/Kg*hr)	Especie
Muy bajo	Menor a 0.1	Alcachofa, uva, espárrago, coliflor, cereza, fresa, granada, cítricos, raíces, papa, la mayoría de flores de corte, ají, cocona.
Bajo	0.1-1.0	Mora, arándano, melón, oliva, pimienta, piña, tamarindo, para criolla
Moderado	1.0-10.0	Plátano, guayaba, higo, mango, tomate,
Alto	10.0-100.0	Manzana, albaricoque, kiwi, papaya, durazno, pera, ciruela,
Muy alto	Mayor de 100.00	Chirimoya, maracuyá, zapote.

Fuente: Kader 1994, mencionado por Hernández, M., Barrera1, J., Melgarejo, L

2.3 Cambios generados en el fruto por etileno

2.3.1 Cambios de color

Los cloroplastos de las células del fruto sufren un desmantelamiento, que acaba con las clorofilas. Este fenómeno desenmascara otros pigmentos existentes, como los carotenoides (β-caroteno, licopeno). Además, la maduración implica la síntesis de nuevos pigmentos, como las antocianinas que generan un cambio en el color del fruto, dejando de ser verde.

2.3.2 Alteraciones en el olor

Se dan cambios en la acidez, astringencia y dulzor por la respiración que genera una degradación oxidativa de los materiales de reserva (compuestos carbonados: almidón) del fruto dando lugar a compuestos sencillos como los azúcares y ácidos orgánicos. También por este proceso de catabolismo se generan compuestos de naturaleza fenólica que son volátiles y les confieren el aroma característico.

2.3.3 Cambios en la textura

Las células de los frutos son cada vez más permeables durante la maduración, porque la integridad de los compuestos de las paredes celulares se pierde. Por acción del etileno se activan una serie de enzimas hidrolíticas (poligalacturonasa y celulasa), que rompen los enlaces entre los polisacáridos de la pared. La infiltración de Ca^{2+} tiene un efecto retardante en la maduración y envejecimiento del fruto, ya que este elemento tiene una función restauradora de la integridad de la membrana y restablece sus propiedades de permeabilidad selectiva.

2.4 Papel del oxígeno

El oxígeno tiene un papel importante en la respiración y en la síntesis de etileno, ya que al disminuir el oxígeno, disminuye la tasa de respiración y disminuye la producción de energía disponible. Por otro lado, se necesita oxígeno para la síntesis de etileno por lo que una cantidad normal de oxígeno garantiza una maduración adecuada, mientras que la falta de oxígeno ocasiona inhibición de la síntesis de etileno y por tanto, retraso de la maduración.

En el caso de anoxia prolongada se estimulan de gran manera las rutas fermentativas que al final son perjudiciales para la fruta, llegando a estropearse.

Los niveles de etileno, que son bajos en la fruta recién recogida del árbol, aumenta en gran cantidad tras los días de conservación en una atmósfera con cantidad de oxigeno normal. En cambio, si se conserva durante unos días en una atmósfera anóxica (con poco oxígeno), los niveles de etileno no aumentan, quedando como al inicio. El valor se restaura si pasa del

ambiente anóxico a un ambiente normal durante tres días, recuperándose el nivel de etileno que habrían tenido sin haber estado sometidos a anoxia. Esto corresponde con los niveles de la enzima ACO1 (ACC oxidasa), que participa en la síntesis de etileno. Cuanta más actividad de esta enzima, más etileno se sintetiza.

III. Materiales y Métodos

Llevar a cabo un experimento sobre cómo el gas etileno madura la fruta requiere muy pocos materiales. Además de una bolsa plástica, como las que te dan en un supermercado, necesitarás fruta fresca, sin madurar (verde) y materiales para hacer anotaciones sobre cómo está progresando el experimento.

Predicciones

Para este experimento respóndete a s preguntas: ¿en cuál de los tratamientos pruebas, la fruta madurará más rápido? O ¿en cuál de los tratamientos observaremos una mejor maduración? Toma en cuenta el hecho de que la maduración de la fruta produce gas etileno, que queda atrapado en el envoltorio de la misma. Aunque este gas ayuda a que la fruta madure de forma natural, una acumulación del mimo puede hacer que la fruta madure demasiado y se descomponga.

Te mostraremos una forma de realizar el experimento, y los resultados que obtuvimos para que puedas replicarlo y mostrárselos a tus amigos o compañeros de clase.
El experimento se realizó en las instalaciones del Programa de Formación Ecológico-Social de la Universidad Católica Sedes Sapientiae-Ancón con sede en el distrito de Ancón en Lima-Perú. Se llevo a cabo en época de otoño (abril-mayo) del 2014.

3.1 Materiales e insumos

- Ocho (8) plátanos verdes de un mismo racimo (mano), adquiridos en el mercado de Puente Piedra – Lima, escogiéndose de los camiones que recién llegaban de provincias norteñas.
- 3 Bolsas plásticas transparentes de polietileno.
- Sellador de bolsa o una pita para amarrar bien la bolsa.
- Etileno comercial Etherl.

3.2 Procedimiento

Para este experimento se realizó 4 tratamientos o pruebas, para determinar cuál de ellos presentó una velocidad de maduración mayor y observar la forma como estos maduraron, es decir, ver su color, sentir su olor y examinar el efecto interno de la maduración de los plátanos en los cuatro tratamientos.

Para esto, todos los plátanos fueron enjuagados con agua potable, se secaron y se separándose de la siguiente manera:

- ✓ **Tratamiento 1 (T1)** Cuatro (4) plátanos juntos en un determinado lugar (sin bolsa, al aire libre) sin moverlos durante el tiempo que duró de prueba.
- ✓ **Tratamiento 2 T2)** Dos (2) plátanos (verdes) dentro de una de las bolsas plásticas selladas.
- ✓ **Tratamiento 3 (T3)** Tres (3) plátanos en otra bolsa pero esta vez, uno de estos plátanos estuvo maduro. Es decir un plátano maduro y dos verdes. Nuevamente se selló bien la bolsa.
- ✓ **Tratamiento 4(T4)** Por último se colocó dos plátanos en una bolsa. Pero estos plátanos recibieron antes un tratamiento adicional que es remojarlos por 15 segundos en una solución de etileno comercial, para esto se preparó una jarra con 3 litros de agua a la que se agregó 12 mililitros de etileno Etherl. Posteriormente se dejó orear unos 5 minutos antes de meterlos a la bolsa y sellarlas.

Los tratamientos fueron rotulados colocando el nombre del mismo y la fecha de inicio de la prueba. Estos fueron colocados en una mesa la cual no fue movida hasta por 7 días lo que permitió realizar las observaciones de los plátanos anotándose los principales acontecimientos. A continuación se muestra la figura 2.1 con la disposición de los tratamientos y su rotulado:

Plátanos usados para el experimento

Disposición de los tratamientos

T1: Tratamiento 1

T2: Tratamiento 2

T3: Tratamiento 3

T4: Tratamiento 4

Figura 3. 2 Fotografías que muestran la distribución de los tratamientos

Se presenta a continuación el cuadro usado para el registro de los acontecimientos presentados los siete días, estas fueron solo anotaciones de observaciones externas sin abrir las bolsas, el día siete se abrió cada bolsa y registró el olor, color externo e interno, suavidad del plátano (al tacto, presionando con los dedos).

Tabla 3. 2 Cuadro usado para registro de los acontecimientos observados en los cuatro tratamientos

	T1 Testigo	**T2 En bolsa**	**T3 Bolsa con plátano maduro**	**T4 Bolsa con Etileno comercial.**
1er día				
2do día				
3er día				
4to día				
5to día				
6to día				
7to día				
8vo día				

IV. Resultados y Discusiones

4.1 Resultados

A continuación se presenta el cuadro de registro de los acontecimientos observados durante los siete días que duro el experimento.

Tabla 4. 3 Resultados de las observaciones

	T1 Testigo	T2 En bolsa	T3 Bolsa con plátano maduro	T4 Bolsa con Etileno comercial.
1er día	Acondicionamiento	Acondicionamiento	Acondicionamiento	Acondicionamiento
2do día	No hay cambios significativos	No hay cambios significativos	No hay cambios significativos	No hay cambios significativos.
3er día	Comienza a cambiar de color.	No hay cambios significativos.	No hay cambios significativos.	Comienza a cambiar de color
4to día	Continua cambio de color. Olor a hojas.	Bolsa se comienza hinchar	Bolsa se comienza hinchar.	Bolsa se comienza hinchar. Continua cambio de color.
5to día	Intensifica color amarillo.	No cambio significativo.	Cambio de color, plátano con madures se ve con color más oscuro.	Intensifica color amarillo.
6to día	Color más oscuro comparándolo con el T4	Cambio de color.	No hay cambio significativo.	Color amarillo, textura suave.
7to día	Con manchas, completamente suave al tacto, olor fuerte, color amarillo intenso.	Con manchas, textura suave, poco olor comparado a los otros ensayos, el color verde se puede apreciar todavía.	Con manchas, textura suave, olor a podrido, comparado a los otros ensayos, el color verde se puede apreciar todavía.	Con menos manchas en comparación a los otros ensayos, completamente suaves, olor fuerte, color amarillo intenso.

	T1 Testigo	T2 En bolsa	T3 Bolsa con plátano maduro	T4 Bolsa con Etileno comercial.
Fotografías				

4.2 Discusiones

La muestras T1 (testigo) y T4 (con etileno comercial) maduraron mucho más rápido que las otras muestras, pero la muestra "T4" obtuvo mejor aspecto, es decir no presentó manchas externas. Al retirarles la cascara se observó que la muestra "T1" tenía manchas internas que coincidían con las externas producto de la manipulación de su cosecha. En comparación con la muestra "T4" que presentó un color parejo sin manchas al igual que en su cascara.

Tabla 4. 4 Fotografías de los tratamientos al final de la evaluación

T1	T2	T3	T4
Observación de las manchas internas	**Se observa una textura blanda y color amarillo en su interior**	**Se observa una textura blanda y color amarillo en su interior**	**Se observa una textura pareja sin manchas**

El tratamiento "T2" (en bolsa) y el tratamiento "T3" (en bolsa con plátano maduro) se observaron cambios en el color de la cascara, olor y textura, producto de la maduración, pero el tratamiento 3 presentó un olor más marcado (olor característica de la fermentación (liberación de productos aromáticos y fenoles) ya que como parte del tratamiento se incluyó un plátano maduro que generó alta producción de etileno que condujo a que los plátanos verdes maduraran de forma rápida. Al retirar las cascaras se pudo observar y sentir que las muestras presentaron una textura blanda característica del estado avanzado de madurez, todo esto acompañado del olor característico de la fermentación del plátano.

V. Conclusiones

Con bases a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- El tratamiento 1 y 4 presentaron una adecuada maduración con olor, textura que hace posible el consumo del plátano posterior a la prueba, en cambio los tratamientos 2 y 3, resultaron inadecuados para consumo además la fruta se observó totalmente estropeada.
- Se necesita oxígeno para la síntesis de etileno por lo que una cantidad normal de oxígeno garantiza una maduración adecuada, mientras que la falta de oxígeno ocasiona inhibición de la síntesis de etileno y por tanto retraso de la maduración, esto se observó en los tratamientos 2 y 3, presentándose una fruta estropeada.
- La maduración resulta proporcional a la cantidad de etileno y el intercambio gaseoso, por lo cual el tratamiento 1 y el tratamiento 4 presentaron una buena maduración.

VI. Recomendaciones

- Se recomienda realizar otras opciones en el uso de envoltorios como bolsas de papel, u otro material para comparar el efecto de estos en la maduración de los frutos, también podría utilizarse alguna otra fruta climatérica, como manzanas, peras o melocotones.
- Se podría incluir el factor de luz u oscuridad en la maduración de los frutos, o también colocar los frutos en zonas con poca ventilación, como un tratamiento más a considerar.

VII. Bibliografía

Asenjo J., Morales de los Ríos, l., aquel Sainz R., Tapia L. Producción de alcoholes volátiles en la maduración de los frutos. Extraído el 10 de junio del 2014 de: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf

Camacho, J. Química. Ed. Educar.

Chang, R. 2002. Química. Editorial McGraw Hill, Ed. 7ma. Colombia.

Hernández, M., Barrera1, J., Melgarejo, L. Fisiología post cosecha. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad nacional de Colombia. Extraído el 08 de junio el 2014 de: http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/24/11_Cap09.pdf.

Lincoln T., Eduardo z. 2006. Fisiología Vegetal. Tomo II. Universidad Jaume. España.