

MÉTODO RÁPIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA EN AGUACATE

Eva Dorta • Clemente Méndez
Goretti Díaz-Delgado • M. Gloria Lobo

PROYECTO I+D Agrario Estratégico para Canarias
CAIA2019/2020-0002-00-00

ICIA
INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

Gobierno de Canarias

CABILDO DE TENERIFE

Método Rápido para la Determinación de Materia Seca en Aguacate

Eva Dorta • Clemente Méndez
Goretti Díaz-Delgado • M. Gloria Lobo

ICIA
INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
Gobierno de Canarias
CABILDO DE TENERIFE

Se autoriza la reproducción sin fines comerciales de este trabajo citándolo como:

Dorta, E.; Méndez, C.; Díaz-Delgado, G.; Lobo, M.G. 2021. Métodos para la Determinación de Materia Seca en Aguacate Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. 20 págs.

Colección CAIA Nº2
PROYECTO I+D Agrario Estratégico para Canarias **CAIA2019/2020-0002-00-00**

Autores: Eva Dorta, Clemente Méndez, Goretti Díaz-Delgado, M. Gloria Lobo

Edita: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, ICIA

Maquetación, TD e ilustración: Fermín Correa Rodríguez, ICIA

Diseño: Fermín Correa Rodríguez, Eva Dorta, ICIA

Fotografia: Eva Dorta, Fermín Correa Rodríguez, ICIA

RESUMEN

La comercialización del aguacate a nivel mundial sigue la norma FFV-42 establecida por la Comisión Económica de las Naciones Unidas (CEPE/ONU), que indica que la fruta, para poder ser comercializada, debe tener un contenido mínimo de materia seca (MS) que se medirá mediante secado hasta peso constante. Para la variedad Hass, el porcentaje de MS deberá ser, como mínimo, del 21%. Sin embargo, en esta norma no se establece un método oficial de deshidratación. Es por tanto fundamental, optimizar un método rápido, sencillo y económico para la determinación de materia seca en aguacate de la variedad Hass proponiéndose el uso de un horno microondas (MW). Se observó una alta correlación ($R^2 = 0,98$) entre el método de MW optimizado y el método clásico de deshidratación de láminas de aguacate en estufa que conlleva un mayor tiempo de determinación. Además, los valores de %MS se compararon con los obtenidos con espectroscopía de infrarrojo cercano (Near Infra Red Spectroscopy, NIRS), técnica no destructiva. Se apreció que los valores obtenidos con el NIRS eran 1,2 veces superiores a los obtenidos por los métodos tradicionales de deshidratación empleados en este estudio. Por tanto, el método que se propone en esta ficha técnica puede ser considerado como un método de deshidratación rápido, económico y seguro.

1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2. OBJETIVO

3. MATERIAL Y MÉTODOS
   3.1.1. Recolección del Material Vegetal
   3.1.2. Preparación del Material Vegetal
   3.1.3. Deshidratación en Horno Microondas

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. CONCLUSIONES

6. AGRADECIMIENTOS

7. BIBLIOGRAFÍA

8. ANEXO

1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es, después del plátano, el segundo cultivo subtropical más importante en Canarias. En 2019, la superficie cultivada fue de 1.866 ha, con una producción anual de 11.959 toneladas [1]. Las islas de Tenerife y La Palma son las que tienen mayor número de hectáreas en producción (1.518,5 ha, es decir el 81,3% del total [1]). Es un cultivo establecido, prácticamente, al aire libre, siendo la variedad más cultivada Hass seguida de Fuerte.

Actualmente, la mayor parte de la producción de aguacate se consume en mercados locales en Canarias, exportándose sólo una pequeña parte al mercado peninsular, y de forma testimonial a otros países de Europa.

Las normas de comercialización establecidas por la Comisión Económica de las Naciones Unidas (CEPE/ONU) [2] para frutas y vegetales en fresco (*fresh fruit and vegetables standards*), conocidas como FFV son las que se siguen a nivel mundial. En el caso del aguacate, es la norma FFV-42 donde aparecen las disposiciones de obligado cumplimiento para su correcta comercialización. Así, en el título II apartado B se describen los requerimientos de madurez de estos frutos, indicándose que:

"*El desarrollo y el estado de madurez de los aguacates deben ser tales que les permitan continuar su proceso de maduración y alcanzar un grado satisfactorio de madurez*.

La fruta debe tener un contenido mínimo de materia seca (MS), que se medirá mediante secado a peso constante y que deberá ser:

- *21% para la variedad Hass*
- *20% para las variedades Fuerte, Pinkerton, Reed y Edranol*
- *19% para las otras variedades excepto para las variedades Antillanas que pueden mostrar un contenido menor de materia seca".*

La Norma FFV-42 es taxativa e indica que los frutos deben contener un mínimo porcentaje de MS (%MS) y que se deberá obtener por desecación hasta peso contante como ya se ha mencionado. Sin embargo, no se indica el procedimiento a seguir. En este sentido, el Codex Alimentarius ha establecido protocolos de deshidratación para poder determinar el %MS, y son los siguientes [3]:

- ***Método A***: Secado de láminas de 2 mm de espesor de pulpa de aguacate a 60 ºC hasta alcanzar peso constante (por este método se tardan aproximadamente 18 horas).
- ***Método B***: Secado de láminas de pulpa de aguacate de 1,5 mm de espesor en horno microondas colocadas en un vidrio de reloj. El tiempo de secado es de 4 minutos a una potencia de 800 W, se pesa al finalizar. A continuación, se vuelven a tratar las muestras durante 1 minuto a la misma potencia

hasta que la diferencia entre pesadas no sea mayor de 0,5 mg (por este método se tardan minutos).

Dichos métodos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) del Gobierno de Canarias, en colaboración con el Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, y se observaron los siguientes inconvenientes derivados de su utilización:

- ***Para el método A***, se tardaba, aproximadamente unos 7-8 días en llegar a pesada constante cuando se utilizaba una estufa de laboratorio a una temperatura de 60 ºC y una balanza de precisión de cuatro dígitos.
- ***Para el método B***, las láminas deshidratadas en el microondas a la potencia y tiempo indicados presentaron coloraciones marronáceas, lo que indica que el material vegetal se quema y, por tanto, se está eliminando aceite, lo que conlleva a dar resultados erróneos en cuanto a % MS.

En los últimos años, el uso de nuevas técnicas no destructivas tales como la espectroscopía de infrarrojo cercano (Near Infra Red Spectroscopy, NIRS) [4] ha resultado ser de gran utilidad, no sólo por la rapidez en la determinación sino porque además es un método no destructivo que puede realizarse directamente en campo. En este sentido, el Laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos del ICIA en colaboración con el Cabildo Insular de Tenerife y los técnicos de la Cooperativa Platanera de Canarias (COPLACA) y de Agro Rincón SL, ha optimizado, para el aguacate Hass, el uso de un equipo portátil NIRS, en el que se ha creado y validado un modelo para la determinación del % MS. Hoy en día, existen equipos NIRS que incorporan un modelo para determinar el % MS en aguacate de la variedad Hass. Sin embargo, estos equipos tienen un coste elevado, siendo necesario desarrollar un método sencillo, económico, rápido y fiable que permita

determinar el %MS en pequeñas cooperativas o por agricultores que no tengan capacidad económica para adquirirlo.

2. OBJETIVO

Establecer un método de deshidratación rápido, económico, sencillo, seguro y fiable utilizando un horno microondas para determinar el porcentaje de materia seca de aguacates de la variedad Hass.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Recolección del Material Vegetal

Se seleccionaron 6 árboles de aguacate Hass ubicados en la finca Isamar del ICIA a 300 m.s.n.m. y se recolectaron 6 frutos con similar brillo y tamaño siguiendo las recomendaciones siguientes:

- La recolección se realizó a primera hora de la mañana con el fin de que los frutos presentaran la máxima hidratación.
- Se seleccionaron los frutos desde la zona sureste al suroeste del árbol ya que es la zona donde más frutos se localizaban.
- Los frutos se recolectaron a una altura aproximada de 1,5-2 m coincidiendo con la parte media del árbol.
- Se evitó recolectar los frutos que estuvieron expuestos directamente al sol y se recolectaron aquellos que quedaban sombreados por el árbol en algún momento del día.

Los frutos recolectados se colocaron en cajas de cartón y se trasladaron al Laboratorio para determinar el % de materia seca (%MS). La recolección se llevó a cabo una vez a la semana durante 4 semanas.

3.2. Preparación del Material Vegetal (Láminas y Triturado)

La preparación del material vegetal es una etapa muy importante en la determinación del %MS. Trabajos anteriores demuestran que la distribución de la materia seca en la pulpa de aguacate no es uniforme, existiendo un gradiente en el porcentaje de materia seca de forma que, en la zona del pedúnculo, el contenido es mayor en la zona externa del fruto y va disminuyendo hacia el interior (cavidad de la semilla). Sin embargo, en la zona ecuatorial y distal del fruto el %MS es mayor en la zona más próxima a la semilla y disminuye hacia el exterior del fruto [5] (Figura 1).

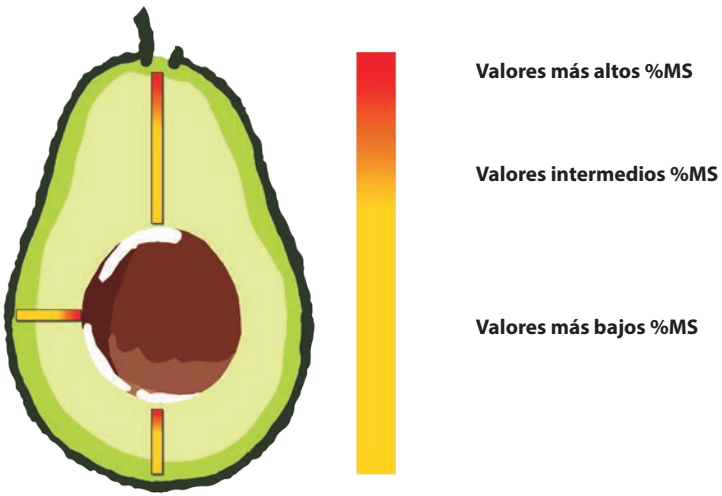


Figura 1. Distribución del porcentaje de materia seca en aguacate Hass (Modificado de Woolf et al., 2003).

Por tanto, para determinar el % de MS la muestra ha de tomarse de la siguiente forma:

- El fruto se divide longitudinalmente y cada mitad se vuelve a dividir a la mitad, siempre de forma longitudinal (Figura 2A-B).
- Se seleccionan dos cuartos que estén opuestos para que la muestra sea lo más representativa posible.

- Los dos cuartos se pelan y se retira la semilla y el tegumento seminal cuidadosamente (Figura 2C-D).

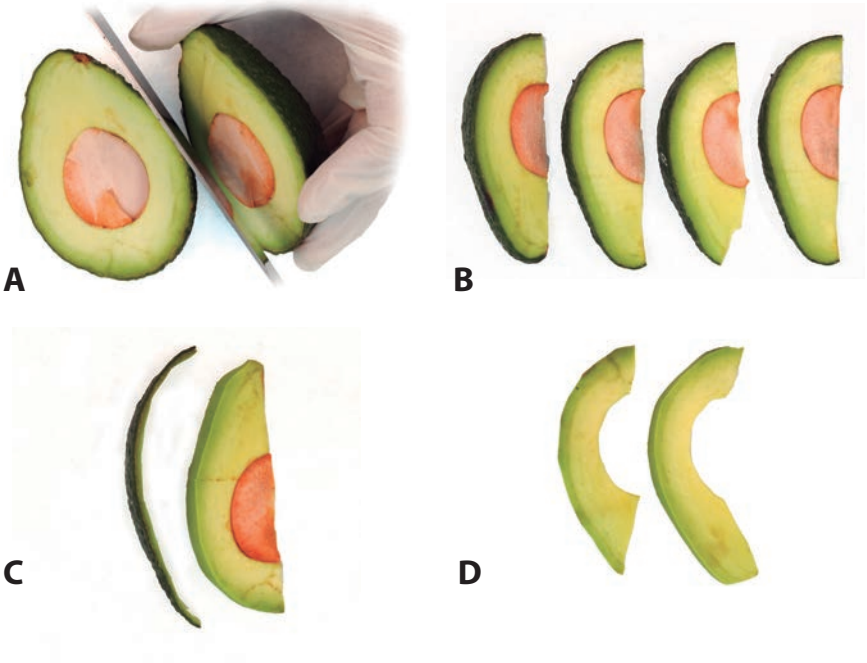


Figura 2. Proceso de corte y pelado de aguacate para la determinación del porcentaje de materia seca (%MS). A) Corte longitudinal; B) Corte en cuartos longitudinales; C) Pulpa sin piel; D) Pulpa sin piel, sin semilla y sin tegumento seminal.

A continuación, y sin dejar los trozos mucho tiempo al aire, ya que se produciría la deshidratación de su superficie, se introducen en una picadora eléctrica, obteniéndose una masa homogénea como se observa en la Figura 3. La homogenización de la muestra se realizó siguiendo el método de la Asociación de Aguacates de California [6].

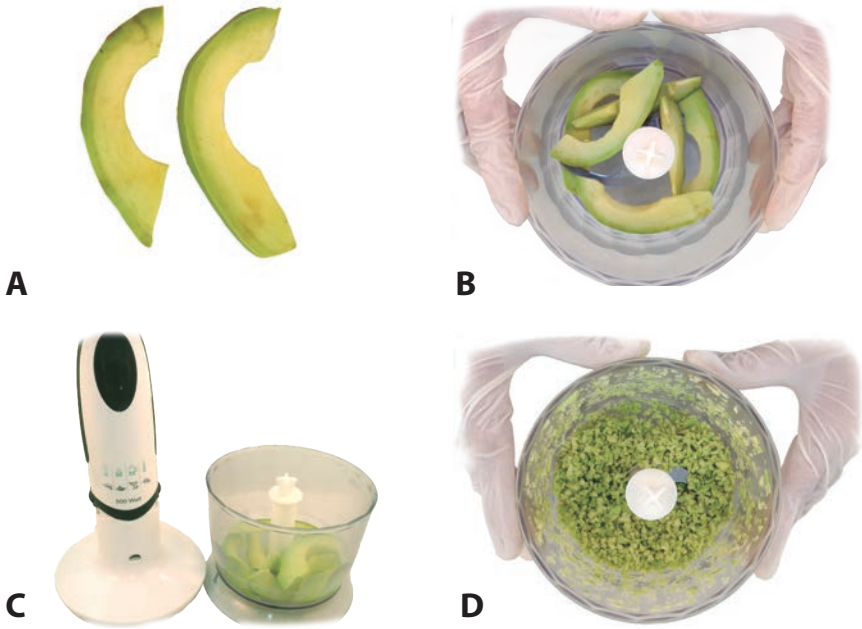


Figura 3. Proceso de homogeneizado del aguacate para la determinación del porcentaje de materia seca (%MS). A) Pulpa después de eliminar la cáscara, la semilla y el tegumento seminal; B) y C) Cuartos de aguacate en el interior de la picadora eléctrica; D) Aguacate homogeneizado.

Para poder validar el método de deshidratación en microondas, los resultados se compararon con los obtenidos utilizando el Método A del Codex Alimentarius antes explicado (secado de láminas en estufa a 60 ºC). Además, se obtuvo el valor del %MS utilizando el NIRS y se determinó si se correlacionaba con el valor obtenido con el método en horno microondas. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

3.3. Deshidratación en Horno Microondas

Se colocaron aproximadamente 5 g de aguacate triturado en vidrios de reloj de 60-70 mm de diámetro previamente pesados, anotándose el peso final (vidrio de reloj + peso de aguacate triturado). Este procedimiento se realiza por triplicado para cada uno de los aguacates que se recolectaron y trituraron (Figura 4).

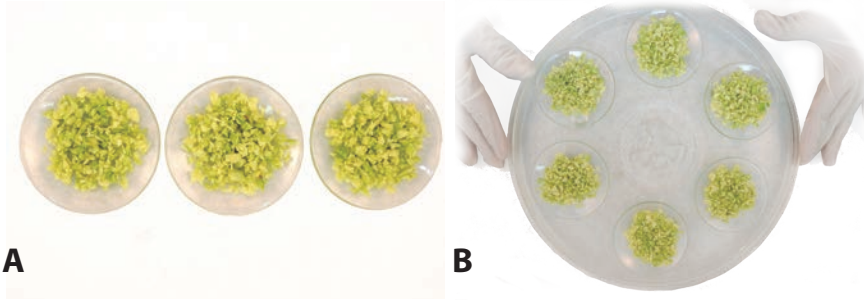


Figura 4. Aguacate triturado y colocado sobre los vidrios de reloj (A) y en el plato del horno microondas (B).

Sobre el plato del horno microondas se colocan seis vidrios de reloj (Figura 4B) y se aplican los ciclos de tiempo y potencias recogidos en el esquema 1.

Ciclo 1: 2 minutos (min) a 450 Watios (W).
Ciclo 2: 2 min a 300 W.
Ciclo 3: 1 min a 300 W.
Ciclo 4: 1 min a descongelación (unos 200 W). Esta operación se realiza **cuatro veces**. Se pesa tras enfriar en desecador en el cuarto ciclo.
Ciclo 5: 1 min a descongelación. Cuando se enfríe el plato (en desecador), se pesa.

Esquema 1. Ciclos de tiempo y potencia aplicada para deshidratación de aguacate Hass en horno microondas.

Consideraciones:

Al finalizar los ciclos 4 y 5 (antes de pesar), se retiran los seis vidrios de reloj y se colocan en un desecador provisto de silicagel para que no se rehidraten ya que las muestras son muy higroscópicas, es decir, que captan fácilmente el agua del aire que las rodea. Una vez alcanzada la temperatura ambiente se pesan. Si la diferencia es menor de 0,005 g entre un peso y el siguiente, se da por finalizado el proceso de secado. De no cumplirse la condición anterior, se realizaría otro ciclo a la potencia indicada

en el Ciclo 5, y se volvería a pesar. Se repetirá tantas veces como sea necesario para alcanzar la diferencia de peso indicada.

- Entre un ciclo y otro no deben aparecer en las muestras coloraciones marronáceas (Figura 5) y para evitarlo hay que mover ligeramente la muestra entre un ciclo y el siguiente.

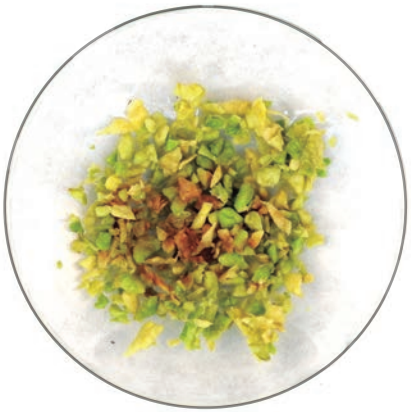


Figura 5. Triturado de aguacate con tonalidad marronácea consecuencia del quemado en horno microondas.

Para calcular el porcentaje de Materia Seca se realiza el siguiente cálculo:

% Materia Seca (MS) = 100* Ps/P

Donde:
P= peso del vidrio de reloj con el aguacate fresco – peso del vidrio de reloj vacío
Ps= peso del vidrio de reloj con el aguacate seco – peso del vidrio de reloj vacío

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La velocidad de deshidratación del material vegetal depende de la superficie de exposición en la estufa a 60 ºC. Se observó que las láminas tardaban 192 h en llegar a peso constante mientras que, cuando la muestra se tritura, el tiempo se reduce a 120 horas. Este hecho se debe a que una mayor superficie de contacto facilita la pérdida de agua, y por tanto en el tiempo de análisis. Además, es importante destacar que al triturar la muestra se obtiene una mayor homogeneización de la misma.

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos de %MS para 6 frutos en el que se comparan los dos métodos de deshidratación empleados en este trabajo y el valor de %MS obtenido por NIRS para esos frutos. En general, los valores de %MS obtenido por ambos métodos de deshidratación son muy similares, siendo el promedio del %MS de 22,13 para el material triturado y deshidratado en MW, y de un 21,84% para el secado de láminas en estufa. El valor promedio obtenido con el NIRS fue de 26,01%.

Tabla 1. Determinación del % de materia seca en aguacates Hass en función de la preparación del material vegetal (triturado, laminado o entero) y el método empleado (microondas, estufa o NIRS), respectivamente. Relación del método no destructivo NIRS con los destructivos (microondas y estufa).

	Triturado MW %MS Final	Láminas Estufa %MS Final	%MS NIRS	NIRS/MW	NIRS/ESTUF
Aguacate 1	25,02 ± 0.04a	24,62 ± 0,07a	27,94 ± 0,81b	1,1	1,1
Aguacate 2	21,22 ± 0,25a	20,98 ± 0,08a	25,58 ± 0,57b	1,2	1,2
Aguacate 3	21,89 ± 0,17a	20,86 ± 0,07a	25,22 ± 0,16b	1,1	1,2
Aguacate 4	21,46 ± 0,08a	21,64 ± 0,19a	25,27 ± 0,78b	1,2	1,2
Aguacate 5	21,32 ± 0,05a	21,15 ± 0,29a	25,98 ± 0,31b	1,2	1,2
Aguacate 6	21,66 ± 0,24a	21,76 ± 0,29a	26,05 ± 0,81b	1,2	1,2
Media	**22,10**	**21,84**	**26,01**	**1,2**	**1,2**

Letras distintas en la misma línea indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre los valores de %MS obtenidos según la metodología empleada. Los resultados corresponden a los aguacates analizados por triplicado y recolectados la semana del 22 de septiembre del 2020.

El %MS determinado por el NIRS fue 1,2 veces más alto que el determinado por los métodos destructivos de secado.

En el Gráfico 1 se muestran las correlaciones entre los valores de %MS obtenidos con el método tradicional (material vegetal en láminas y deshidratado en estufa a 60 ºC) o con el NIRS respecto a los obtenidos con el método rápido optimizado (material vegetal triturado y horno microondas). Así, los resultados obtenidos demuestran una alta correlación (R^2 = 0,98) entre los valores de %MS obtenido por el sistema tradicional y el método rápido optimizado. Por otro lado, se observó una correlación alta (R^2 = 0,89) entre los valores de %MS con el NIRS y el método rápido optimizado.

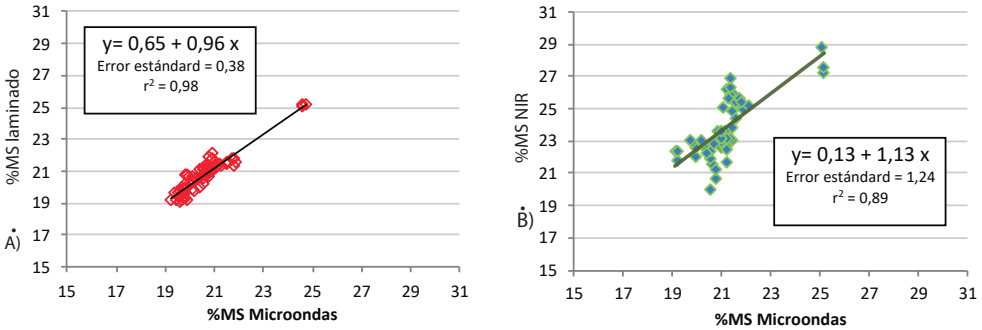


Gráfico 1. Correlaciones entre: A) Porcentaje de materia seca en aguacates obtenido utilizando material laminado y deshidratación en estufa frente al % obtenido utilizando material triturado y deshidratación en horno microondas; B) Porcentaje de materia seca en aguacates utilizando NIRS frente al % obtenido en aguacates triturados y deshidratados en horno microondas.

5. CONCLUSIONES

- El método rápido de deshidratación optimizado, que combina la utilización de material vegetal triturado y horno microondas, tiene una alta correlación (R^2 = 0,98) con el método clásico de deshidratación de láminas en estufa 60 ºC.

- La utilización de material vegetal triturado disminuye, considerablemente, el tiempo de deshidratación de las muestras tanto en horno microondas como en estufa a 60 ºC. Además, es más seguro ya que evita que se quemen las muestras.

- En general, los valores de porcentaje de materia seca obtenidos con el NIRS son 1,2 veces superiores a los obtenidos por los métodos destructivos de deshidratación empleados en este estudio.

- El método rápido de deshidratación optimizado en este trabajo se puede emplear como método de deshidratación ***rápido, económico, seguro y fiable*** en la determinación del porcentaje de materia seca en aguacate de la variedad Hass. Los resultados se obtienen en unos 15 minutos.

- Teniendo en cuenta que la matriz vegetal y la composición nutricional varía entre las distintas variedades de aguacate, será necesario adecuar los tiempos y potencias en el horno microondas para cada una de ellas.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto CAIA 2018-2020 "Optimización de los sistemas de producción de aguacate". Los autores desean agradecer al personal técnico del Departamento de Producción Vegetal en Zonas Tropicales y Subtropicales del

ICIA, especialmente a Dña. Candelaria Acosta González y Dña. Teresa Hernández Acosta, su compromiso y dedicación durante el análisis de las muestras.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1]Instituto Canario de Estadística (ISTAC), 2021. http://www.gobiernodecanarias.org/istac/estadisticas/sectorprimario/agricultura/agricultura/C00013A.html (acceso 24 de junio 2021)

[2] Unece Standard FFV-42 concerning the marketing and commercial quality control of avocados, 2017. 18 páginas. https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/42_Avocados.pdf (acceso 24 junio 2021)

[3] Comisión del Codex Alimentarius. Programa conjunto de FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité del Codex sobre frutas y hortalizas frescas. Tema 3b: Requisitos de madurez: métodos de análisis para la determinación del contenido de materia seca (sección 9) (proyecto de norma para el aguacate) REP11/FFV, Apéndice II. (CX/FFV 12/17/5-rev). 11 páginas. https://docplayer.es/8921574-Agosto-2012-colombia-iii-seccion-9-metodos-de-analisis-y-muestreo-disposicion-metodo-principio-tipo-a-determinarse-contenido-de-materia-seca.html (acceso 24 junio 2021)

[4] Subedi P.P, Walsh K.B, 2020. Assessment of avocado fruit dry matter content using portable near infrared spectroscopy: Method and instrumentation optimization. Postharvest Biology and Technology, 161: 111078.

[5] Woolf A., Clark C., Tarender E., Phetsomphou V., Hofshi R., Arpaia M.L., Boreham D., Wong M., White A., 2003. Measuring avocado maturity: ongoing developments. The Orchardist Mya, 40-45.

[6] Arpaia M.L., Boreham D., Hofshi R., 2001. Development of a new method for measuring maturity of Avocados. Ed. California Avocado Society, 85: 153-178.

MÉTODO RÁPIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA EN AGUACATE

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

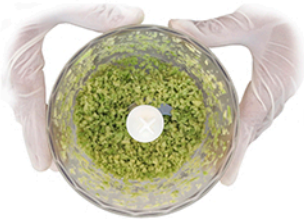
1 CORTAR EL FRUTO LONGITUDINALMENTE



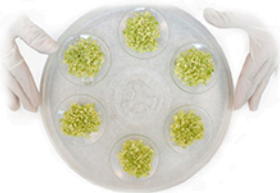
2 DIVIDIR CADA MITAD LONGITUDINALMENTE EN DOS Y SELECCIONAR Y PELAR DOS CUARTOS OPUESTOS Y ELIMINANDO EL HUESO Y TEGUMENTO DE LA CAVIDAD SEMINAL



3 TRITURAR EN PICADORA HASTA MUESTRA HOMOGÉNEA



4 PESAR EL VIDRIO DE RELOJ (P_{VR}), AÑADIR 5 G APROX. DE AGUACATE TRITURADO Y PESAR (P_S). COLOCAR 6 VIDRIOS DE RELOJ EN EL HORNO MICROONDAS (MW) Y APLICAR LOS CICLOS DE TIEMPOS Y POTENCIAS





Evitar coloraciones marrones que indican que la muestra se ha quemado

ICIA INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

Gobierno de Canarias

MÉTODO RÁPIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA EN AGUACATE

POTENCIAS Y TIEMPOS EN MICROONDAS

CICLO 1: 2 MIN A 450W
CICLO 2: 2 MIN A 300 W
CICLO 3: 1 MIN A 300 W
CICLO 4: 1 MIN A DESCONGELACIÓN (APROX 200 W, 4 VECES), PONER EN DESECADOR PARA ENFRIAR Y SE PESA
CICLO 5: 1 MIN A DESCONGELACIÓN. CUANDO SE ENFRÍE EL VIDRIO DE RELOJ (EN DESECADOR), SE PESA

$$\% \text{ MATERIA SECA (MS)} = 100 * PS/P$$

DONDE:
P= PESO DEL PLATO CON EL AGUACATE FRESCO – PESO DEL VIDRIO DE RELOJ (P_{VR})
PS = PESO DEL PLATO CON EL AGUACATE SECO – PESO DEL VIDRIO DE RELOJ (P_{VR})

Consideraciones:

- **Al finalizar los ciclos 4 y 5 (antes de pesar), se retiran los seis vidrios de reloj y se colocan en un desecador provisto de silicagel.**
- **Una vez alcanzada la temperatura ambiente se pesan.**
- **Si la diferencia entre un peso y el siguiente es menor de 0,005 g, se da por finalizado el proceso. De lo contrario, se volvería a realizar otro ciclo a la potencia indicada en el Ciclo 5, y se vuelve a pesar. Se repetirá tantas veces como sea necesario para alcanzar la diferencia de peso indicada.**
- **Entre un ciclo y otro no deben aparecer en las muestras coloraciones marronáceas y para evitarlo se aconseja mover ligera y cuidadosamente la muestra entre un ciclo y el siguiente.**

ICIA INSTITUTO CANARIO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS
Gobierno de Canarias


ICIA
INSTITUTO CANARIO DE
INVESTIGACIONES AGRARIAS

Gobierno
de Canarias

CABILDO DE TENERIFE