

PROCESO DE OBTENCIÓN DEL POLVO DE CÁSCARA DE MARACUYÁ *PASSIFLORA EDULIS SIMS* PARA SU USO COMO HIPOGLUCEMIANTE

PROCESS FOR OBTAINING THE PASSION FRUIT *PASSIFLORA EDULIS SIMS* SHELL POWDER FOR ITS USE AS A HYPOGLUCEMIANT

SALAZAR APARICIO M. L., DILILLO F

RESUMEN

El polvo de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, según el acervo cultural de la región posee propiedades hipoglucemiantes que permiten estabilizar los valores de glicemia en personas con diabetes mellitus tipo 2. La estabilidad térmica de los compuestos orgánicos y principalmente los metabolitos secundarios de las plantas es precaria, por ello se propone métodos de deshidratación de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, menos agresivos que el utilizado en la forma tradicional, deshidratación a temperaturas mayores a 130 °C. Se realizaron deshidrataciones: osmótica, por convección de calor y por radiación con microondas. La deshidratación osmótica con salmuera al 30 % permitió la eliminación del 45,6 % de agua de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, motivo por el cual se decidió utilizar un método combinado y se realizaron deshidrataciones por convección a 40, 50 y 60 °C; radiación por medio con microondas con potencias de 170, 340 y 510 W. Se seleccionaron las combinaciones deshidratación osmótica-radiación de microondas 170 W y deshidratación osmótica – convección de calor a 50 °C para realizar pruebas cualitativas de la acción hipoglucemiante en ratones albinos, *Mus musculus*, maduros, inducidos a diabéticos por estrés y dieta hipercalórica ambas mostraron una acción hipoglucemiante mayor al método tradicional. El método combinado de deshidratación osmótica-radiación por medio de microondas es el más eficiente en tiempo para deshidratar la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, teniendo un tiempo total de 45 min a un nivel de potencia del 170 W obteniéndose el polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, con propiedades hipoglucemiantes. Se propuso el proceso para la obtención de polvo de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, con propiedades hipoglucemiantes con las siguientes etapas: Lavado, deshidratación osmótica, triturado, deshidratación por radiación de microondas, triturado, tamizado y envasado.

ABSTRACT

The passion fruit peel powder, *Passiflora Edulis Sims*, according to the cultural heritage of the region, has hypoglycemic properties that allow stabilizing blood glucose values in people with type 2 diabetes mellitus. The thermal stability of organic compounds and mainly secondary metabolites of plants is precarious, therefore methods of dehydration of passion fruit peel, *Passiflora Edulis Sims*, are proposed, a less aggressive than the one used in the traditional way, dehydration at temperatures higher than 130 °C. Dehydrations were performed: osmotic, by heat convection and by microwave radiation. Osmotic dehydration with 30% brine allowed the removal of 45.6% of water from the peel of passion fruit, *Passiflora Edulis Sims*, which is why it was decided to use a combined method and convection dehydration was carried out at 40, 50 and 60 °C; microwave radiation with powers of 170, 340 and 510 W. The combinations osmotic dehydration-microwave radiation 170 W and osmotic dehydration-heat convection at 50 °C were selected to perform qualitative tests of hypoglycemic action in albino mice, *Mus msculus*, mature, diabetics induced by stress and hypercaloric diet, both showed a hypoglycemic action greater than the traditional method. The combined method of osmotic dehydration-radiation by means of microwaves is the most efficient in terms of time to dehydrate the peel of passion fruit, *Passiflora Edulis Sims*, having a total time of 45 min at a power level of 170 W, obtaining the peel powder of passion fruit, *Passiflora Edulis Sims*, with hypoglycemic properties. The process for obtaining passion fruit peel powder, *Passiflora Edulis Sims*, with hypoglycemic properties was proposed with the following stages: Washing, osmotic dehydration, crushing, microwave radiation dehydration, crushing, sifting and packaging.

PALABRAS CLAVE

Polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, deshidratación por radiación de microondas, deshidratación por convección forzada, propiedades hipoglucemiantes, Deshidratación osmótica.

KEYWORDS

Passion fruit peel powder, *Passiflora Edulis Sims*, dehydration by microwave radiation, dehydration by forced convection, hypoglycemic properties, Osmotic dehydration.

INTRODUCCIÓN

El Maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, es también conocido en América del Sur como “mburucuyá” o “parcha”, pertenece a la planta del género *Passiflora*, y proviene de las regiones más cálidas de América del Sur. Es una fruta que posee propiedades medicinales y nutricionales que ayudan de una manera notable la salud de las personas. El uso medicinal del maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, se basa en las propiedades calmantes, depresora del Sistema Nervioso, un sedativo natural encontrado en los frutos y hojas, que disminuye dolores musculares y de cabeza. La cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, subproducto del procesamiento de los frutos para la obtención de pulpa, viene siendo utilizada en Brasil como suplemento alimenticio para ayudar en el control de colesterol y obesidad, también evita los picos de insulina, peligrosos para los diabéticos. Las propiedades hipoglucemiantes que contiene la cáscara de maracuyá solo se conocen por la medicina homeopática y la tradición cultural de la región. Antes considerada una basura industrial, hoy se ha tornado un producto de alto valor de comercialización, con mayor valor a la propia pulpa. (MURILLO, 2015, pág. 9)



Figura 1. Flor y fruto del maracuyá, *Passiflora edulis Sims*.

La diabetes es una grave enfermedad crónica que se desencadena cuando el páncreas no produce suficiente insulina, hormona que regula el nivel de azúcar, o glucosa en la sangre, o cuando el organismo no puede utilizar con eficacia la insulina que produce. Por ello, además de las medidas preventivas y el uso de fármacos dirigidos a reducir la glucemia, es importante que éstos presenten pocos efectos adversos. En este sentido, el empleo de fitoterapia en el tratamiento de la diabetes puede ser de utilidad en combinación con la terapéutica convencional, hay plantas medicinales con actividad hipoglucemiante comprobada, eficaces y con una baja incidencia de efectos adversos en tratamientos prolongados. (LUENGO, 2006)

En las últimas décadas han aumentado sin pausa el número de casos y la prevalencia de la enfermedad de la diabetes, el polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, es tradicionalmente usado como hipoglucemiante. Se realizó el diseño del proceso más adecuado para la obtención del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, de forma que se pueda preservar las propiedades hipoglucemiantes y obtener un producto natural para el tratamiento de la diabetes.

La deshidratación osmótica, DO, es un tratamiento no térmico utilizado para reducir el contenido de agua de los alimentos, con el objeto de extender su vida útil y mantener características sensoriales, funcionales y nutricionales. Con esta técnica es posible lograr una deshidratación parcial del alimento, entero o fraccionado, mediante su inmersión en soluciones acuosas concentradas en solutos, soluciones hipertónicas, que tienen

elevada presión osmótica y baja actividad de agua. Durante este proceso se producen dos fenómenos de flujos de transferencia de masa: el desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución concentrada, cuya fuerza impulsadora es la diferencia de presión osmótica. Es posible que ocurra arrastre de algunos solutos disueltos en el interior del producto, sin embargo, este flujo de componentes suele ser despreciable respecto al de la salida de agua y al de entrada de soluto al alimento. De igual manera existe la difusión de solutos desde la solución hacia el alimento, denominado impregnación, donde la fuerza impulsora es la diferencia de concentraciones. (PARZANESE, pág. 3).

Las variables de operación en la osmodeshidratación son:

- Tiempo.
- Agitación de la solución osmótica.
- Concentración de la solución osmótica.
- Tipo de soluto.
- Propiedades del soluto.
- Relación masa de solución / masa de producto.
- Forma geométrica.

Secado por aire o deshidratación por convección En este proceso, el calor requerido para evaporar el agua del producto es suministrado por aire caliente en contacto directo con el material que se va a deshidratar, efectuándose una transferencia de calor por convección. Aunque también existen deshidratadores por convección que utilizan productos de combustión en vez de aire caliente, no son recomendables para deshidratar alimentos. Cuando la deshidratación por aire se efectúa a presión atmosférica, el mismo aire caliente es el que arrastra la humedad del producto. En este caso, inicialmente el producto en contacto con el aire caliente incrementará su temperatura superficial, pero en el momento en el que la humedad del producto empieza a ser evaporada, su superficie sufre un enfriamiento hasta la temperatura de saturación adiabática del aire y esta temperatura se mantiene constante hasta que se ha eliminado el agua libre del producto. Por esta razón, a los procesos de deshidratación con aire a presión atmosférica se les denomina procesos adiabáticos, un proceso adiabático es aquel donde el intercambio de calor con el medio que le rodea es despreciable. (IREZABAL, 2012)

La deshidratación por microondas es aplicada como único proceso o combinado con otros métodos de secado tales como secado convectivo por aire caliente, deshidratación osmótica y otros procesos. Esta técnica ha adquirido un mayor interés, ya que emplea como forma de calentamiento la generación de energía térmica directamente en el interior del alimento, que permite superar excesivos tiempos de deshidratación con respecto a otros métodos y por consiguiente puede tener consecuencias directas en términos de eficiencia energética y calidad de los alimentos. El calentamiento que emplea microondas es un fenómeno complejo, y depende de varios parámetros de los materiales incluyendo el volumen, densidad, forma, dimensión, composición y específicamente de las propiedades dieléctricas. En el tratamiento con microondas, el calor se produce en el interior del material, reduciendo en gran medida el tiempo de transferencia de calor. (JARAMILLO, pág. 33)

MÉTODOS Y MATERIALES

Determinación de las características fisicoquímicas de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*,

Determinación del pH

El método de tiras reactivas es utilizado para medir la concentración de iones de hidrógenos que se encuentra en las soluciones, se utiliza tiras medidoras de pH, las cuales,

se impregnan y reaccionan con las sustancias indicando un color, dependiendo su nivel de pH. El proceso comenzó con la trituración de la cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, y se colocó 8 g en un vaso de precipitado con agua destilada, se mezcló y se dejó reposar por un minuto, luego con una tira medidora de pH se realizó la prueba, impregnando la tira con la solución por 5 segundos y se dejó reposar para luego poder comparar con la escala.

Para comenzar con el proceso de determinación de pH mediante el método potenciométrico, como primera medida se calibró el pHmetro. Se trituró la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, se pesó 10 g y la muestra se colocó en un vaso de precipitado con agua destilada, se introdujo el electrodo y se esperó el resultado.

La determinación del porcentaje de humedad de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, se realizó por el método de secado en estufa.

En el proceso para la determinación de la humedad, se utilizó caja Petri, una balanza de precisión Adam Equipment PGW 4502i, con una capacidad de 4500 g y una estufa universal MEMMERT UN55 con un rango de temperaturas ajustable de 20 °C hasta 300 °C.

Método de la determinación de la humedad de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*.

El proceso comienza con el pesado de cáscara fresca de la fruta de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, se precalienta la estufa a una temperatura de 100 °C, luego se colocó la muestra ya pesada en una caja Petri y se procedió con el secado de la muestra durante 8 h. Terminado el tiempo de secado, se pesó la muestra.

Preparación tradicional del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*.

Se pesó 100 g de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, recién lavada y se secó a 130 °C durante 1 hora en un horno doméstico, las cáscaras secas se molieron hasta formar un polvo y luego se realizó el tamizado para poder separar el polvo de las partículas pequeñas de las de mayor tamaño. Se pesó el polvo obtenido y por último se conservó en un frasco hermético con sílica gel.

Proceso de deshidratación osmótica

Preparación de la fruta

Se lavó con solución al 0,1% de ClO₂, 24 unidades del fruto de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, se separó la cáscara de la pulpa, de la cual, las cáscaras se pesaron y se obtuvo un peso total de 2000 g, posteriormente, se separó en muestras de 250 g cada una.

Trozado de la cáscara

Luego de la preparación de la fruta, para una mejor inmersión de las cáscaras de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, en la solución osmótica, se cortó en cuadrados de 2 cm de lado aproximadamente, se colocó cada porción en redes plásticas.

Preparación de la solución osmótica

En un recipiente se preparó 7 litros de solución al 30 % de cloruro de sodio p.a.

Inmersión en la solución osmótica

Se introdujo en un recipiente capaz de contener las muestras y la solución de NaCl, se calentó a 40 °C en baño María por 4 horas, agitando de forma manual esporádicamente posterior a esa acción se dejó enfriar por una hora.

Extracción y enjuague

Se recuperó las muestras, se enjuagaron con agua y se dejaron secar por 24 horas, se pesaron las muestras y se determinó la eficiencia de la deshidratación osmótica.

Las cáscaras de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, osmodeshidratadas, previamente pesadas, con un molino de aspas, licuadora, se trituró lo más fino posible, para luego las muestras someterlas a los métodos de secados complementarios y que resulte más fácil su secado. Se pesó las cantidades de producto triturado.

Métodos de deshidratación complementaria para la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*.

Una vez realizada la deshidratación osmótica fue necesario algún método de secado complementario para poder eliminar la humedad restante de la cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*. Se realizaron diferentes pruebas con el método de secado por radiación electromagnética en la zona de microondas y por el método de convección forzada.

Las muestras de las cáscaras de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, trituradas se colocaron en cajas de Petri, los productos osmodeshidratados se secaron por radiación por medio de microondas, en un horno de microondas doméstico, de marca LG, modelo MH-6386BLC, cuyas dimensiones interiores son: alto 283 mm; ancho 507 mm y profundidad 435 mm. Para la construcción de las curvas se establecieron intervalos de tiempo de 5 a 45 minutos a diferentes potencias del horno, 10, 30 y 50 %. Cada 5 minutos se estableció la pérdida de peso utilizando una balanza digital.

Para el secado por convección forzada las muestras de cáscaras de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, osmodeshidratadas y trituradas se colocaron en cajas de Petri, se determinó el peso de los productos osmodeshidratados con una balanza de precisión de 0,001 g, posteriormente se secaron en el secador de aire por convección forzada a tres temperaturas diferentes, 40, 50 y 60 °C con una velocidad del aire constante de 2 m/s por el espacio de dos horas. Para la construcción de las curvas se determinó el peso de las muestras cada 15 minutos.

Para la obtención del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, las muestras previamente deshidratadas por el método de convección forzada y por radiación por medio de microondas fueron trituradas nuevamente con un molino de aspas (licuadora), cada muestra por separado, hasta obtener un polvo fino.

En el proceso de tamizado, las muestras ya trituradas fueron pasadas por un tamiz, obteniendo partículas de mayor tamaño en la parte superior, el cual nuevamente se le realizó el proceso de molienda para así poder volver a tamizarlo y obtener el polvo fino de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*.

Comprobación de las propiedades hipoglicemiantes del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*.

Pruebas en vivo con ratones inducidos a diabéticos

Se pesó en una balanza digital 3 muestras de polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, cada una de 50 g, las cuales fueron realizadas por un método de secado diferente. Cada muestra se separó en diferentes recipientes plásticos, seguidamente se le añadió 150 ml de agua desionizada, luego se envolvió con papel aluminio y guardó dentro de una bolsa plásticas oscura para su maceración por un tiempo de 7 días.

Se utilizaron ratones albinos (*Mus musculus*), maduros, de doce semanas de edad, los ratones eran alimentados con balanceado y se les proporcionó agua *ad libitum*. Se conformaron cuatro grupos de cuatro ratones cada uno para la prueba. Cada grupo se separó en diferentes compartimientos de la jaula y se identificó cada ratón con un color diferente de marcador. Se pesó los ratones de los diferentes grupos en una balanza de tres dígitos.

Se determinó la glucemia basal para así determinar el estado normo glucémico de los ratones antes de la realización de cada prueba y poder contar con un parámetro de comparación, para su medición se cortó la parte final de la cola del ratón para obtenerla muestra de sangre y con una tira reactiva de glucosa se recibió la muestra para su medición con un glucómetro digital. Preparación y administración de la solución a base de chocolate para elevar los niveles de glucemia en los ratones.

Se utilizaron dosis referentes al consumo de chocolate diario permitido para el humano, es decir, 30 g, convertido a dosis equivalentes en ratones mg/kg de peso respectivamente. De igual forma el pesaje se lo utilizó para la administración de la dosis a los ratones del extracto del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, previamente macerado, se calculó realizando una relación proporcional entre el peso de los ratones y el peso promedio de una persona, 75 kg.

Para la preparación de la solución se pesó en una balanza analítica 10 g de chocolate previamente molido, con un embudo se agregó el polvo en un vaso de precipitado de 10 ml y se disolvió con agua destilada por goteo, se agitó de forma manual hasta diluirse por completo, finalmente se pesó 2 g de estevia, *Stevia rebaudiana* y se agregó al vaso de precipitado el cual contenía el chocolate diluido previamente pesado, para su posterior administración a los ratones.

Posterior a la preparación, se procedió a proporcionar la solución de chocolate a cada ratón vía intragástrica por medio de una cánula. La administración de la sustancia se la realizó luego de la toma de glucemia basal de acuerdo con el peso corporal de cada ratón. Luego de 2 horas se determinó la glucemia con tiras reactivas a partir de muestras de sangre extraídas de la cola de cada ratón del primer, segundo y tercer grupo de ensayo, utilizando un glucómetro digital, El tiempo de espera es de acuerdo con que tarda la sustancia en metabolizarse en el organismo del ratón, para que se encuentre en el torrente sanguíneo,

Las 3 muestras ya maceradas se las procesó utilizando gasa para poder separar el líquido de las partículas de mayor tamaño para así poder obtener el extracto de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, que resulte más fácil la administración a los ratones, Cada extracto fue pesado, luego al primer grupo de ratones se le introdujo al bebedero, como única alimentación, el extracto de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, que fue realizado por el método tradicional, al segundo grupo se le proporcionó el extracto realizado por el método de convección forzada y al tercer grupo el extracto obtenido por el método de radiación por microondas.

Pasada las 48 horas del consumo del extracto de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, mediante bebederos, se le midió nuevamente la glucemia con un glucómetro digital a cada ratón del grupo 1, 2 y 3, para esta medición se utilizó tubos capilares para una mayor facilidad en la toma de la sangre a partir de la cola del ratón.

El pH la cáscara de maracuyá fue de 5 a 6 mediante la tira medidora de pH y 5,25 por el método potenciométrico.

El porcentaje de humedad se partió de 17,70 g de muestra húmeda, M y se obtuvo 3,17 g de muestra seca, m, después de las 8 horas de secado a 105 °C.

Para el porcentaje de humedad de la cáscara de maracuyá *Passiflora Edulis Sims*, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{M - m}{M} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{17,70 - 3,17}{17,70} \times 100 = 82,09 \%$$

Tabla 1. Composición fisicoquímica de la cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*

Parámetros	En 100 g de cáscara	Método
Humedad	86,70	Secado en estufa
Ceniza	0,98	Incineración a 550 °C
Proteína total	1,08	Micro Kjeldahl
Fibra cruda	4,66	Digestión acida-alcalina
Grasa	0,03	Soxleth
Carbohidratos	11,20	Por diferencia

Tabla 2: Masa en gramos de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, resultante de deshidratación osmótica de 250 g de muestra.

Muestra	masa
1	136,5
2	133,9
3	138,7
4	135,7
5	134,4
6	136,7
7	136,6
8	136,8
Promedio	136,2

Para la deshidratación osmótica se partió de 250,0 g de muestra fresca y luego del procesó de ósmosis la masa de la cáscara seca fue de 136,2 g.

Pérdida de peso durante la deshidratación osmótica

$$\% WR_{DO} = \frac{m_0 - m_s}{m_0} \times 100$$

Donde m_0 es masa de la muestra fresca y m_s es la masa de la muestra ya osmodehidratada ambas expresadas en gramos. Reemplazando en la ecuación:

RESULTADOS

$$\% WR_{Do} = \frac{250 - 136,2}{250} \times 100 = 45,6 \%$$

La cantidad de sólidos totales se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% TS_{Do} = \frac{m_s}{m_o} \times 100$$

Donde m_o es el peso de la muestra húmeda fresca y m_s es el peso de la muestra seca ambas expresadas en gramos. Reemplazando en la ecuación:

$$\% TS_{Do} = \frac{136,2}{250} \times 100 = 54,5 \%$$

Pérdida de agua durante la deshidratación osmótica.

$$\% WL_{Do} = \left(1 - \frac{TS_{Do}}{100}\right) - \left[\left(1 - \frac{TS_{Do}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{WR_{Do}}{100}\right)\right]$$

Reemplazando en la ecuación:

$$\% WL_{Do} = \left(1 - \frac{54,5}{100}\right) - \left[\left(1 - \frac{54,5}{100}\right) \times \left(1 - \frac{45,6}{100}\right)\right]$$

$$\% WL_{Do} = 20,75\%$$

Humedad en base húmeda

$$H_{bh} = \frac{m_o - m_s}{m_o} \times 100$$

Donde m_o es el peso de la muestra húmeda fresca y m_s es el peso de la muestra seca.

Reemplazando en la ecuación

$$H_{bh} = \frac{250 - 136,2}{250} \times 100 = 0,455$$

Humedad en base seca

$$H_{bs} = \frac{m_o - m_s}{m_s} \times 100$$

Reemplazando en la ecuación:

$$H_{bs} = \frac{250 - 136,2}{136,2} \times 100 = 0,836$$

Tabla 3: Pesos en gramos de las muestras osmódeshidratadas antes y después de la molienda

Muestra	Antes	Después
1	136,5	134,5
2	133,9	131,6
3	138,7	136,5
4	135,7	133,7
5	134,4	132,1

6 136,7 134,4

Tabla 4: Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 170 W de potencia

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	134,2
2	5	116,4
3	10	83,7
4	15	72,0
5	20	65,2
6	25	58,6
7	30	48,5
8	35	41,9
9	40	34,9
10	45	34,8
11	50	34,5
12	55	34,4
13	60	34,1

Curva de secado

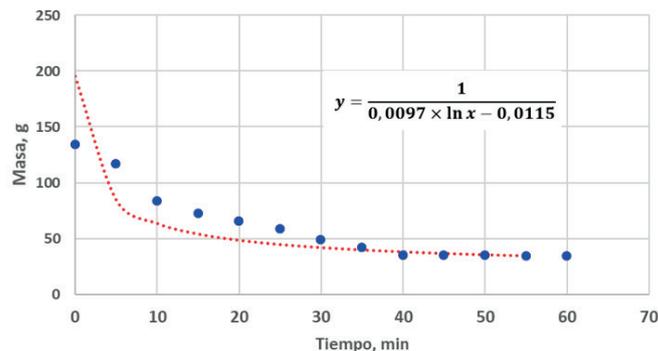


Figura.2. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 170 W de potencia.

Tabla 5: Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 340W de potencia

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	131,6
2	5	110,5
3	10	82,3
4	15	61,7
5	20	50,9
6	25	42,2
7	30	36,9
8	35	33,9
9	40	33,7
10	45	33,5
11	50	33,5
12	55	33,5
13	60	33,5

método radiación por medio de microondas a 510 W de potencia.

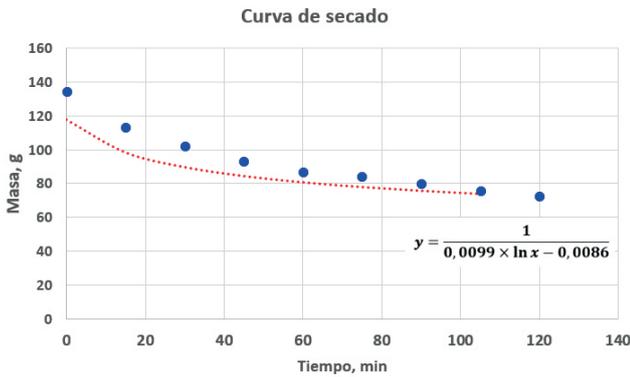


Figura 3. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 340 W de potencia.

Tabla 7: Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método convección forzada a 40 °C.

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	133,7
2	15	118,7
3	30	109,2
4	45	102,4
5	60	97,3
6	75	93,1
7	90	90,2
8	105	87,9
9	120	85,0

Tabla 6. Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 510 W de potencia.

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	136,5
2	5	112,1
3	10	84,5
4	15	67,7
5	20	56,5
6	25	45,8
7	30	35,9
8	35	35,7
9	40	35,6
10	45	35,5
11	50	35,3
12	55	35,3
13	60	35,3

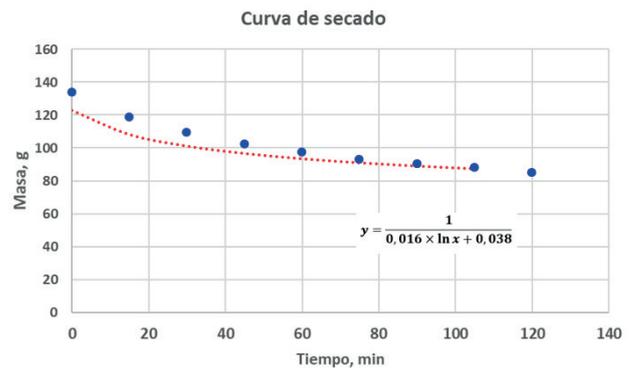


Figura 5. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método de convección forzada a 40 °C.

Tabla 9: Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método convección forzada a 50 °C.

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	132,1
2	15	115,4
3	30	106,6
4	45	101,6
5	60	96,6
6	75	93,3
7	90	90,8
8	105	86,0
9	120	83,6

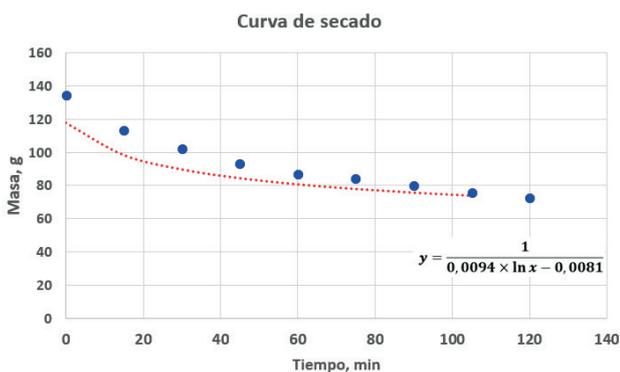


Figura 4. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método radiación por medio de microondas a 510 W de potencia.

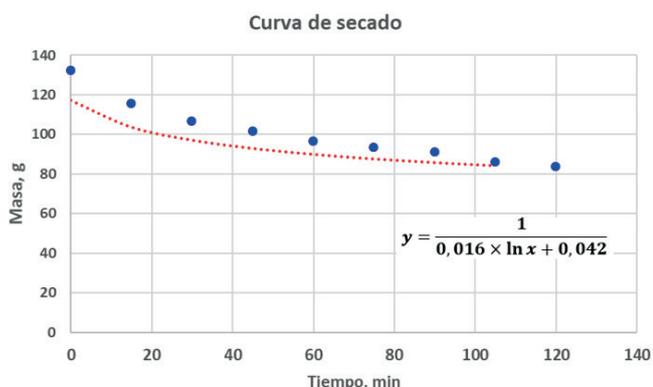


Figura 6. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método de convección forzada a 50 °C

Tabla 10: Secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método convección forzada a 60 °C.

Muestra	Tiempo, min	Peso, g
1	0	134,4
2	15	113,2
3	30	102,3
4	45	93,1
5	60	87,1
6	75	84,4
7	90	79,9
8	105	75,6
9	120	72,6

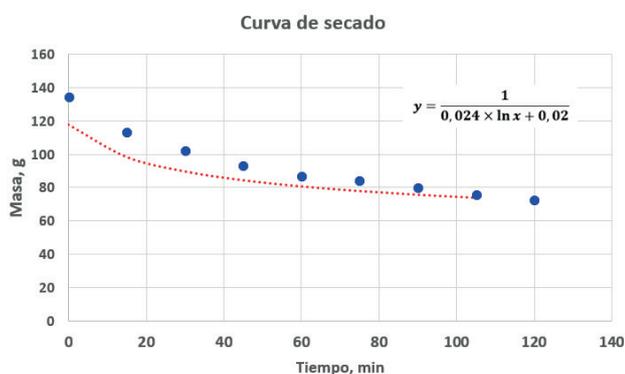


Figura7. Curva de secado de la cáscara de maracuyá triturada por el método de convección forzada a 60 °C.

Tabla 11: Peso de las muestras polvo de cáscara de maracuyá previamente deshidratadas por ósmosis y secadas por el método de convección forzada y por radiación por medio de microondas.

Muestra	Método de secado	Masa, g
1		22,06
2	Convección forzada	21,70
3		22,32
4	Radiación por medio de microondas	22,68
5		21,07
6		21,98

Tabla 12: Peso en gramos de los ratones albinos, *Mus musculus*.

# de ratón	Grupo control	Grupo #1	Grupo #2	Grupo #3
1	32,805	30,930	32,160	40,590
2	30,455	33,230	35,810	32,835
3	30,705	25,855	35,890	36,805
4	31,010	29,010	33,615	36,500

Tabla 13: Glucemia basal en mg/dl de los ratones albinos, *Mus musculus*.

Grupo ratones	# de ratón	Glucemia basal
	1	87
GRUPO CONTROL	2	84
	3	80
	4	95
	1	93
GRUPO #1	2	89
	3	95
	4	92
	1	85
GRUPO #2	2	80
	3	94
	4	86
	1	93
GRUPO #3	2	90
	3	84
	4	96

Tabla 14: Glucemia en mg/dl de los ratones albinos, *Mus musculus*, inducidos a hipoglucemia

Grupo ratones	# de ratón	glucemia
	1	-
GRUPO CONTROL	2	-
	3	-
	4	-
	1	110
GRUPO #1	2	117
	3	129
	4	MUERTE
	1	105
GRUPO #2	2	99
	3	117
	4	120
	1	98
GRUPO #3	2	121
	3	115
	4	100

Tabla 15: Glucemia, en mg/dl, a las 48 horas del consumo del extracto de cáscara de maracuyá, *Passiflora Edulis Sims*, por de los ratones albinos, *Mus musculus*, inducidos a hiperglicemia.

Grupo ratones	# de ratón	glucemia
	1	-
GRUPO CONTROL	2	-
	3	-
	4	-
	1	85
GRUPO #1 Método tradicional	2	94
	3	99
	4	MUERTE
	1	74
GRUPO #2 método convección forzada	2	86
	3	MUERTE
	4	86
	1	69
GRUPO #3 método radiación por medio de microondas	2	62
	3	76
	4	82

El proceso propuesto para la elaboración del producto en base al polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*.

Consiste en:

Selección de la materia prima

La selección de la fruta la cual se utilizará para la producción del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*. La fruta se debe encontrar madura y se debe inspeccionar el estado de las cáscaras de la fruta que no contengan ningún golpe y que no se encuentren en estado de descomposición.

Primer lavado

Las frutas ya seleccionadas son lavadas con abundante agua a temperatura ambiente para poder eliminar cualquier resto de residuos no deseados como tierra, hojas, ramas, etc. Esta etapa es muy importante ya que deben ingresar a la siguiente etapa lo más limpias posibles, sin ninguna impureza.

Despulpado

En la etapa del despulpado se debe cortar por la mitad la fruta del maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, y separar la cáscara de la pulpa, luego se debe pesar cada parte por separado. La cáscara es la que se utilizará para obtener el polvo y la pulpa puede ser utilizada para jugos, mermeladas o postres.

Segundo lavado

La cáscara que fue separada de la pulpa se debe lavar con solución al 0,1% de dióxido de cloro, ClO_2 , se debe enjuagar con un flujo de agua abundante para que el lavado de las cáscaras sea óptimo y puedan eliminarse los residuos de pulpa de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*,

Trozado de la cáscara

Para el trozado de la cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, se debe cortar en cuadrados de aproximadamente 2 centímetro por lado para poder facilitar la inmersión en la solución de cloruro de sodio y se pueda realizar con eficiencia la siguiente etapa que es la deshidratación osmótica.

Preparación de la solución salina

Para proceder a realizar la deshidratación osmótica en un recipiente se preparó la solución al 30 % de NaCl para la inmersión de las cáscaras trozadas de maracuyá.

Deshidratación osmótica

Una vez preparada la solución osmótica, se introducen las cáscaras de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, y se debe calentar a 40 °C y se debe revolver de forma esporádica aproximadamente por 4 horas. Por último, se debe dejar enfriar por 1 hora.

Primera trituration

Se debe realizar el triturado de la cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, deshidratada osmóticamente con un molino de aspas para poder facilitar la operación de secado y que se pueda realizar de forma homogénea y no queden trozos de cáscaras sin secar.

Secado complementario

Las cáscaras trituradas se las debe colocar en un horno microondas para comenzar con la operación del secado. Se debe realizar durante 45 minutos con una potencia de 170 W para poder obtener excelentes resultados con el secado.

Segunda trituración

Una vez realizado el respectivo secado de las cáscaras osmodeshidratadas se debe triturar nuevamente para poder obtener el polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*.

Tamizado

La siguiente operación es el tamizado, el cual se realizó para poder separar las partículas grandes de las pequeñas, las partículas de mayor tamaño son enviadas nuevamente a la anterior operación la cual es la segunda trituración y se repite el tamizado hasta poder obtener el polvo fino.

Empaquetado

Para el producto final a base del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims* se conservó en envases de 50 g y cápsulas de 500 mg.

DISCUSIÓN

La deshidratación osmótica de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, con solución de salmuera durante 4 horas ocasionó una pérdida de peso de 45,6 % este valor de la deshidratación osmótica varía entre el 40 y 60 % dependiendo del sólido y de la sustancia de la cual está preparada la solución osmótica como indica Ríos, Márquez y Velázquez en deshidratación osmótica de la papaya hawaiana. (RÍOS PÉREZ, MÁRQUEZ CARDOZO, VELÁSQUEZ, H., 2005).

En las figuras 2, 3 y 4 se observa que durante los primeros minutos de secado por radiación electromagnética en la zona de microondas existe una acelerada disminución del peso, luego

en los siguientes minutos hay una variación muy leve, y en los últimos minutos no hay variación del peso, es decir, el peso permanece constante.

Al igual que en el secado por radiación electromagnética en la zona de microondas el secado por convección de calor las figuras 5, 6 y 7. muestran una tendencia exponencial inversa.

A partir de las pruebas de los diferentes métodos de secados se llegó a determinar que el método combinado de la deshidratación osmótica y el método de secado por radiación por medio de microondas son los más eficiente en tiempo para deshidratar la cáscara de maracuyá teniendo un tiempo total de 45 min a un nivel de potencia del 10%, 170 W.

La propiedad hipoglucemiante del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, conocida por el uso ancestral del mismo fue comprobada mediante la utilización de ratones albinos, *Mus Musculus*, inducidos a diabéticos por estrés y alto régimen calórico, y administrando la solución de polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*, con los mejores procesos de deshidratación osmótica, radiación por medio de microonda y convección forzada, mostraron actividad hipoglucemiante restableciendo el nivel de glucosa. Tablas 12, 13, 14 y 15.

El proceso para la obtención del polvo de cáscara de maracuyá, *Passiflora edulis Sims* es: selección de la materia prima, primer lavado, despulpado, segundo lavado, trozado, preparación de la solución, deshidratación osmótica, primera trituración, secado complementario, segunda trituración, tamizado y empaquetado.

AGRADECIMIENTO

Al MSc. Andrés Chávez por su valiosa colaboración con los ensayos en vivo.

REFERENCIAS

- CONTINENTAL. (2012). INGENIERÍA DE MÉTODOS. Huancayo. (2002). CULTIVO DE Maracuyá AMARILLO. El Salvador.
- JARAMILLO, C. M. (s.f.). Estudio del proceso de deshidratación de alimentos frutihortícolas: empleo de microondas y energía solar
- MURILLO, C. E. (2015). El Cultivo de Maracuyá (*Passiflora edulis*) en el apoyo al Cambio de la Matriz. Guayaquil.
- RÍOS PÉREZ, M, MÁRQUEZ CARDOZO, C Y CIRO VELÁSQUEZ, H. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (carica papaya L.) en cuatro agentes edulcorantes. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. SCHALLER, M. (2016). FUNDAMENTOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR. Alemania.
- TREYBAL, R. E. (s.f.). OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA. Mc Graw Hill.
- ZARAGOSA. (s.f.). Determinación de humedad en alimentos.

CITA

