

Use of Yellow Passion Fruit Peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) as a Source of Brute Fiber

Utilización de la cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) como fuente de fibra bruta

Soraly Arrieta Hernández¹; Alberto Paz Gómez^{2,3*}

ABSTRACT

The yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) is a tropical fruit, easily recognizable for its voluminous peel. Lacking a main purpose for the traditional industry, large quantities of yellow passion fruit peel are often discarded, creating harmful effects on the environment. The production of passion fruit peel flour was studied using variables such as the pretreatment of blanching and drying temperatures of 70 and 90 °C. The drying time was significantly reduced in the samples dried at 90°C in comparison to the ones dried at 70 °C. Proximate analyses reported a high content of brute fiber (18.02 - 22.98%). Results also revealed that the drying temperature and blanching pretreatment have an important effect on its pH level, fat content, and moisture content. In addition, the elaboration of four formulations of fried arepas using partial substitution of passion fruit flour (F1: 0%, F2: 5%, F3: 10%, and, F4: 15%) was explored. The sensory analysis revealed low levels of acceptance.

Keywords: Food, Drying, Flour, Waste, Reutilization.

RESUMEN

El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) es una fruta tropical reconocible por su voluminosa cáscara, que, al no poseer una función principal en la industria tradicional, grandes cantidades de la misma son desechadas creando efectos nocivos para el medio ambiente. Se estudió la producción de harina de cáscara de maracuyá, usando como variables el pretratamiento de escaldado y temperaturas de secado de 70 y 90 °C. Se observó una reducción significativa en el tiempo de secado de las muestras secadas a 90 °C en comparación con las muestras secadas a 70 °C. El análisis proximal reportó un alto contenido de fibras brutas (entre 18,02 y 22,98%). Los resultados también revelaron que la temperatura de secado y el pretratamiento de escaldado tienen una incidencia importante sobre su nivel de pH, contenido de grasas y contenido de humedad. Se exploró su uso en la elaboración de cuatro formulaciones de arepas fritas con harina de cáscara de maracuyá (F1: 0%, F2: 5%, F3: 10% y F4: 15%), los resultados del análisis sensorial revelaron bajos niveles de aceptabilidad.

Palabras clave: Alimentos, Secado, Harina, Desechos, Reutilización.

Recibido 27 de abril de 2023

Aceptado 13 de junio de 2023

¹Universidad Metropolitana, Escuela de Ing. Química, Caracas, Venezuela, soraly.arrieta@correo.unimet.edu.ve;

²Universidad Metropolitana, Dpto. de Química, Caracas, Venezuela, aepaz@unimet.edu.ve;

³Universidad Simón Bolívar, Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Caracas, Venezuela.

*Autor para correspondencia: +58 4120206444; email: aepaz@usb.ve

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que la producción de materia orgánica derivadas de procesos fotosintéticos en la tierra oscila alrededor de 155 billones de toneladas por año, sin embargo, solo una mínima fracción puede ser consumida de manera directa por el hombre y/o animales, en su mayoría esta materia orgánica se transforma en residuos no comestibles que constituyen una fuente de contaminación ambiental (Cury et al., 2017). Por ello, el auge de transformación y utilización de desechos es de gran relevancia para un desarrollo industrial sostenible.

Tradicionalmente, la pulpa de la *Passiflora edulis f. flavicarpa*, o maracuyá amarillo, conforma la principal fuente de aprovechamiento de la fruta, sin embargo, la cáscara representa aproximadamente el 52% de su masa total, la cual generalmente es descartada (Angulo et al., 2018), a pesar de contener un valor de fibra dietaría total del 66.9% (Vargas et al., 2018).

Adicionalmente, la cáscara de maracuyá amarillo ha probado ser rica en antioxidantes, vitamina B3, hierro, calcio y fósforo (Zeraik et al., 2010). En su estudio, Ramos et al., (2007) demostró que el consumo continuo de la harina de cáscara de maracuyá amarillo reduce la concentración de colesterol y lipoproteínas de baja densidad en la sangre; de Queiroz et al., (2012) realizó un estudio similar donde se declaró efectiva en tratamientos para la diabetes tipo 2. Más recientemente, en un estudio de cuatro variantes de especies de *Passiflora* por Domínguez-Rodríguez et al., (2019), las cáscaras fueron una interesante fuente de antioxidantes fenólicos. Por otra parte, Ramli et al., (2020) usó dicho contenido antioxidante como agente antibacterial en la preservación de productos cárnicos.

Otro factor importante es la alta concentración de pectina presente en este producto, similares a las de muchos aditivos alimenticios, responsables por la emulsificación de mezclas (Monteiro et al., 2017). En esta investigación se estudió el efecto de la temperatura de secado y el pretratamiento de escaldado sobre la caracterización proximal de la harina de cáscara de maracuyá amarillo, al igual que su potencial uso como aditivo alimenticio en la formulación de arepas fritas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

Se utilizaron cáscaras (epicarpio y mesocarpio) de maracuyá amarillo. Este residuo fue suministrado por Excelsior Gama Supermercados, C.A. Caracas, Venezuela.

2.2 Obtención de la harina de cáscara de maracuyá amarillo

2.2.1 Acondicionamiento de la materia prima

El proceso de acondicionamiento se inició con la selección de la materia prima, donde se eliminaron aquellas cáscaras dañadas por golpes, insectos o con materias extrañas, seguidamente se lavaron las cáscaras con abundante agua filtrada para una eliminación del arilo carnoso, sólidos ubicados en la corteza y otras impurezas. Cuando estas tenían una apariencia lisa y limpia se procedió a sumergir las cáscaras en una solución al 0,05% (v/v) de hipoclorito de sodio durante cinco minutos. Se separaron y desecharon los tallos y ápices. Las cáscaras se cortaron en forma de bastones con unas dimensiones promedio de 7×1×1 centímetros para facilitar el proceso de secado. Posteriormente, las cáscaras cortadas se distribuyeron equitativamente en bandejas de secado. Se utilizaron bandejas perforadas de acero inoxidable con un área de superficie de 46,5×26,5 centímetros. Al encontrarse con la decisión de escaldar las cáscaras como primera variable de procesamiento, éstas se sumergían en agua en ebullición durante 4 minutos, inmediatamente después se introducían en un abatidor durante 15 minutos, disminuyendo su temperatura a 10 °C y deteniendo el proceso de cocción para evitar la pérdida excesiva de nutrientes. Finalmente, se prosiguió a envolver las bandejas en papel film para almacenarlas a una temperatura de 5 °C hasta que sea el momento de iniciar el proceso de secado.

En la Figura N°1 se puede observar el diagrama de flujo correspondiente al proceso de acondicionamiento de las cáscaras de maracuyá amarillo.

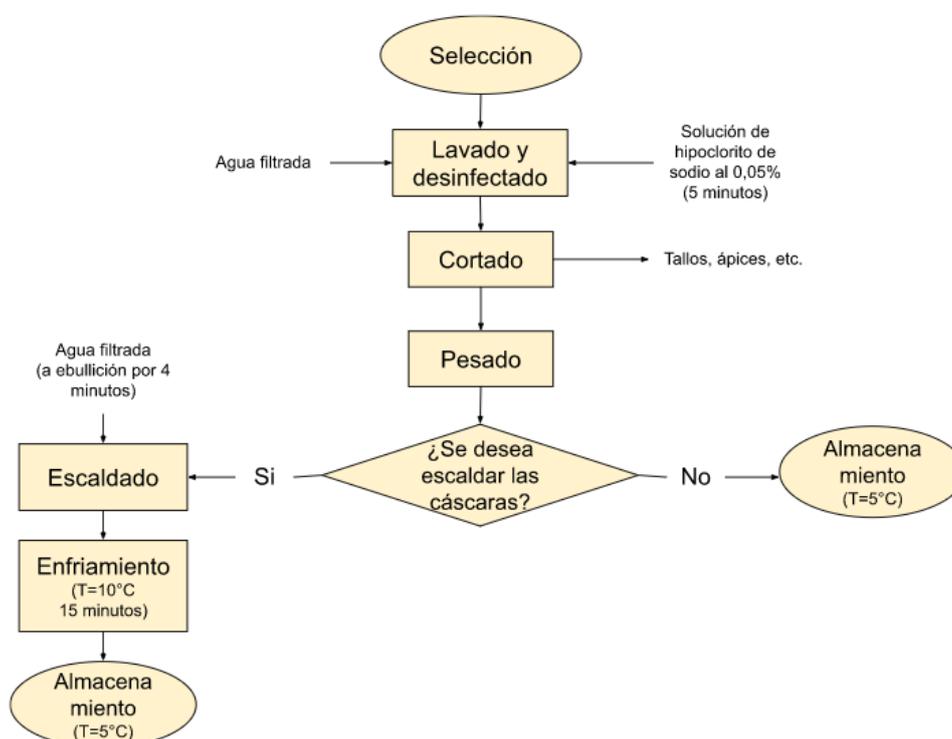


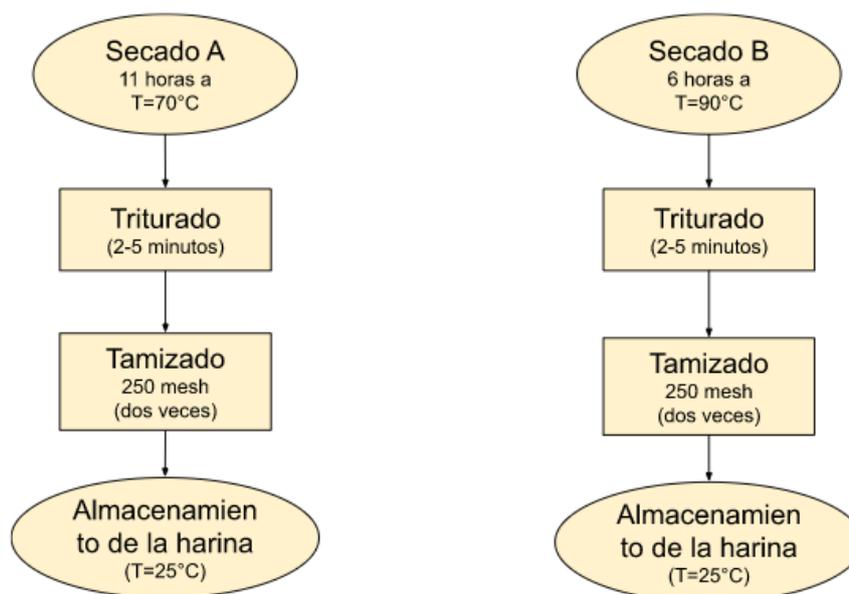
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de las cáscaras de maracuyá amarillo.

2.2.2 Proceso de producción de harina de cáscara de maracuyá amarillo

Una vez debidamente acondicionada la materia prima, se inició el proceso de secado introduciendo las bandejas al horno de convección de aire seco, con máximo nivel de velocidad de aire (nivel 5, velocidad turbo) y la temperatura de secado deseada. Se trabajaron dos temperaturas de secado: 70 y 90 °C, siendo esta la segunda variable de procesamiento. Se determinó un tiempo de 11 y 6 horas de secado respectivamente para cada temperatura.

Independientemente de la temperatura utilizada y una vez transcurrido el tiempo de secado, las cáscaras se trituraron en una licuadora industrial de 2 a 5 minutos, dependiendo de la cantidad del lote a triturar. Posteriormente se tamizó la harina a través de una malla de 250 mesh en lotes pequeños. Este paso se realizó dos veces para asegurarse de obtener una textura fina y uniforme. El producto final se almacenó en bolsas con cierre hermético o en contenedores de plástico con tapa, depositados en un lugar seco a temperatura ambiente.

En la Figura N°2 se puede observar el diagrama de flujo correspondiente al proceso de producción de harina de cáscara de maracuyá amarillo para ambas temperaturas de secado.

**Figura 2.** Diagrama de flujo de ambos procesos de producción de harina de cáscara de maracuyá amarillo.

En la Tabla N°1, plasmada a continuación, se puede observar la respectiva codificación de las cuatro muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo obtenidas y en la Figura N°3 se puede apreciar cada una de ellas.

Tabla 1. Codificación de las muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo.

Condiciones de procesamiento	Código de muestra
Secado a 70°C No Escaldadas	SANE
Secado a 70°C Escaldadas	SAE
Secado a 90°C No Escaldadas	SBNE
Secado a 90°C Escaldadas	SBE

**Figura 3.** Muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo, según el tratamiento aplicado.

2.3 Métodos de análisis fisicoquímico

Una vez obtenidas las muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo, se evaluaron los diferentes parámetros para la caracterización proximal utilizando los métodos mencionados en la Tabla N°2. Cada análisis se realizó por triplicado.

Tabla 2. Métodos utilizados en el análisis proximal.

Parámetro	Método	Descripción
pH	COVENIN 1315-79	Introducción de una celda electrolítica (pHmetro) en una solución acuosa de la muestra.
Humedad	COVENIN 1553-80	Secado de la muestra en estufa a 130°C por intervalos de 30 minutos hasta obtener peso constante.
Cenizas	COVENIN 1783-81	Carbonización e ignición de la muestra en mufla a 550°C durante 16 horas hasta obtener cenizas gris claro.

Fibras brutas	AOAC 978.10	Método Weende. Consiste en una hidrólisis ácida seguida de una hidrólisis alcalina y finalmente se hace un lavado con acetona. Se seca y carboniza el remanente para ser cuantificado.
Grasas	AOAC 948.22	Método Soxhlet. Extracción semicontinua con solvente.
Proteínas	AOAC 920.123	Método Micro Kjeldahl. Consta de la degradación de la materia orgánica, liberación del amoníaco mediante el uso de una base fuerte, destilación para ser recuperado y por último cuantificado mediante una titulación ácido-base.
Carbohidratos	Por diferencia	-

2.4 Preparación de arepas fritas con harina de cáscara de maracuyá amarillo

Las arepas fritas fueron elaboradas a base de una mezcla comercial de harina de maíz y arroz, adquirida en el mercado local, con diferentes concentraciones de harina de cáscara de maracuyá amarillo (muestra SBE). Se utilizó esta muestra de cáscara de maracuyá amarillo, debido a que la relación tiempo-temperatura de secado es favorable para su producción en cantidades más grandes, adicionalmente, el escaldado cumple la función de inactivar enzimas pécticas y así controlar la proliferación de microorganismos que puedan degradar la materia prima (Escobedo, 2013), aportándole estabilidad al producto final.

Se incluyó una formulación estándar solo con harina de maíz y arroz (F1: 0%), la cual sirvió para determinar el tiempo y temperatura de freído para las formulaciones con harina de cáscara de maracuyá amarillo (F2: 5%, F3: 10% y F4: 15%) (ver Tabla N°3).

Tabla 3. Formulaciones utilizadas en la elaboración de arepas fritas con harina de cáscara de maracuyá amarillo.

Ingredientes	F1: 0%	F2: 5%	F3: 10%	F4: 15%
Harina de maíz y arroz (g)	1000	1000	1000	1000
Harina de cáscara de maracuyá amarillo (g)	0	50	100	150
Agua (g)	1700	1700	1700	1700

Para la preparación de la masa de las arepas, se siguió las instrucciones especificadas por el fabricante, indicadas en el empaque. Los ingredientes sólidos/secos, fueron pesados, agregando la cantidad respectiva de harina de maracuyá amarillo, según la cantidad de harina para arepas, como se muestra en la tabla 3. Los ingredientes sólidos se mezclaron con agua, hasta obtener una masa de apariencia homogénea, para posteriormente dejarla en reposo por 5 minutos a 21°C. Transcurrido este tiempo, se elaboraron manualmente arepas de 40 gramos, las cuales se introdujeron en una freidora de acero inoxidable con suficiente aceite comercial de maíz a una temperatura constante de $180 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 8 minutos. Las arepas fritas se dejaron enfriar a temperatura de 21°C, y se almacenaron en contenedores plásticos herméticos cerrados durante 24 horas, hasta su evaluación sensorial.

2.5 Análisis sensorial

En la cuantificación del nivel de agrado o desagrado de los atributos de: color, olor, sabor y textura. Se utilizó una escala hedónica estructurada de nueve puntos, las categorías fueron desde "me gusta mucho" (calificación 9) hasta "me disgusta mucho" (calificación 1). Las muestras se presentaron codificadas en orden aleatorio, y fueron evaluadas por un panel de consumidores, previamente seleccionado, de arepas fritas, conformado por una totalidad de 60 personas, distribuidos en 57% de hombres y 43% de mujeres, con edades comprendidas entre los 23 a 42 años.

2.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico con el software Statgraphics 19®, estudiando la probabilidad normal en límites del 95% de los parámetros fisicoquímicos y proximales determinados para cada una de las muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo, con el fin de evaluar si estos resultados provienen de una distribución normal.

Una vez comprobado que los resultados provienen de una distribución normal, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial y pruebas de múltiples rangos utilizando el modelo Duncan en el mismo software estadístico, de esta manera se determinó si los factores de procesamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre cada uno de los parámetros fisicoquímicos. Para el análisis sensorial se realizó un estudio ANOVA simple y pruebas de múltiples rangos utilizando el modelo Duncan, determinando las diferencias significativas en los atributos sensoriales evaluados para cada una de las formulaciones.

3. RESULTADOS

3.1 Curvas de secado

Se obtuvieron curvas de secado para cada una de las temperaturas estudiadas. En las Figuras N°4 y N°5 se observa la humedad total frente al tiempo de secado para las muestras no escaldadas y las muestras escaldadas.

En el caso del secado a 70°C, en la Figura N°4 se puede observar que ambas curvas inician una caída casi lineal durante las primeras 7 horas, momento donde ocurre la mayor pérdida de humedad, luego de esta etapa la humedad se reduce con menor rapidez. Las curvas demuestran que las cáscaras de maracuyá amarillo no escaldadas llegaron a un peso relativamente constante a las 8 horas de secado, alcanzando una humedad en base seca de 0,065 Kg de agua / Kg de sólido seco, a diferencia de las cáscaras escaldadas donde la curva muestra una pérdida de humedad más lenta llegando a un peso constante a las 9 horas, con humedad en base seca de 0,063 Kg de agua / Kg de sólido seco. Esta diferencia puede deberse a lo reportado por Nieto (2004) en su estudio de secado de manzanas, el cual afirma que los pretratamientos de escaldado modifican significativamente la velocidad de secado en corriente de aire a 60 °C.

Observando las curvas de períodos de secado a 70 °C expresadas en la Figura N°6, se puede detallar aún más este proceso, en el caso de las muestras no escaldadas se aprecia que se tiene un Período de Velocidad de Secado Constante, que de acuerdo con Ocón *et al.* (1970), esta porción también puede definirse como aquella donde la humedad del sólido disminuye linealmente. El Período de Velocidad de Secado Constante ha culminado cuando el sólido alcanza su Humedad crítica, el cual para este caso es aproximadamente 1,50 Kg de agua / Kg de sólido seco, coincidiendo con la marca de 4 horas de secado transcurridas, siendo este el Tiempo crítico de secado. Finalmente, el Período de Velocidad de Secado decreciente se extiende desde la Humedad crítica hasta la Humedad final del sólido, el cual se procuró que en todos los casos tomara un valor aproximado a 0.

En relación a las muestras escaldadas (ver Figura N°6), se puede observar que, en líneas generales, la velocidad de secado disminuyó significativamente, este comportamiento puede atribuirse al exceso de humedad que aporta el escaldado y a modificaciones en la textura de las muestras (Silva *et al.*, 2008), las cuales se vuelven más blandas. El Período de Velocidad de Secado Constante se extiende hasta una humedad crítica de aproximadamente 2,25 Kg de agua / Kg de sólido seco, la cual se acerca a la hora 5 de secado. A partir de este punto empieza el Período de Velocidad de Secado decreciente, extendiéndose hasta la Humedad final.

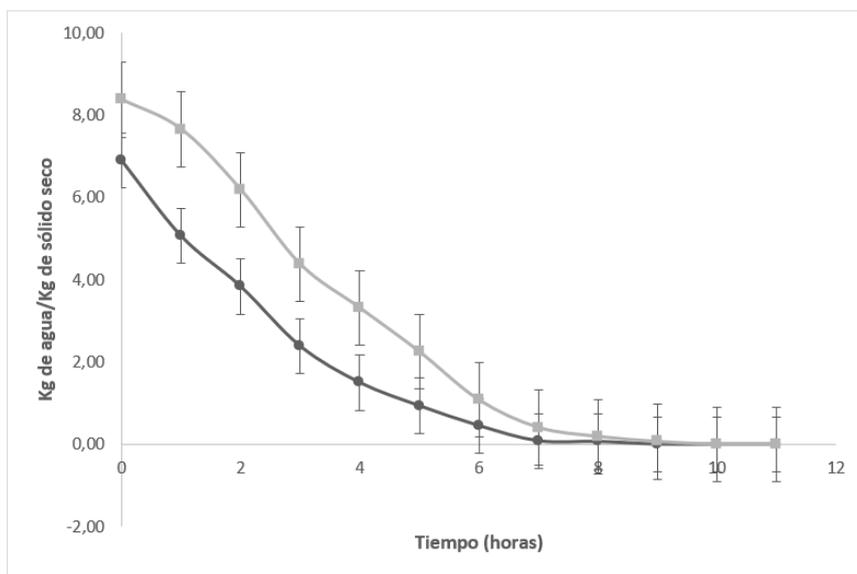


Figura 4. Curvas de secado a 70°C para harina de cáscara de maracuyá amarillo.
Muestras no escaldadas (●), muestras escaldadas (■).

En el caso del secado a 90°C, como indica la Figura N°5, ambas curvas inician una caída casi lineal durante las primeras 3 horas de secado, desarrollándose la mayor pérdida de humedad. Las curvas demuestran que tanto las cáscaras de maracuyá amarillo no escaldadas como escaldadas llegaron a un peso relativamente constante a las 4 horas de secado, alcanzando una humedad en base seca promedio de 0,024 Kg de agua / Kg de sólido seco para las no escaldadas y 0,030 Kg de agua / Kg de sólido seco para las escaldadas. Alzamora (1980), señala que el secado a altas temperaturas puede modificar las características físicas de un vegetal, enmascarando el efecto del escaldado, posiblemente explicando la similitud entre ambos resultados.

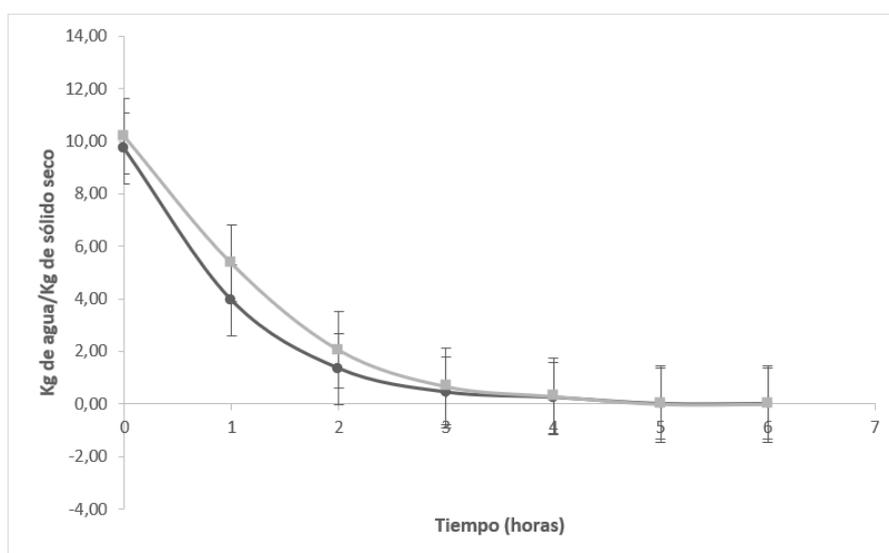


Figura 5. Curvas de secado a 90°C para harina de cáscara de maracuyá amarillo.
Muestras no escaldadas (●), muestras escaldadas (■).

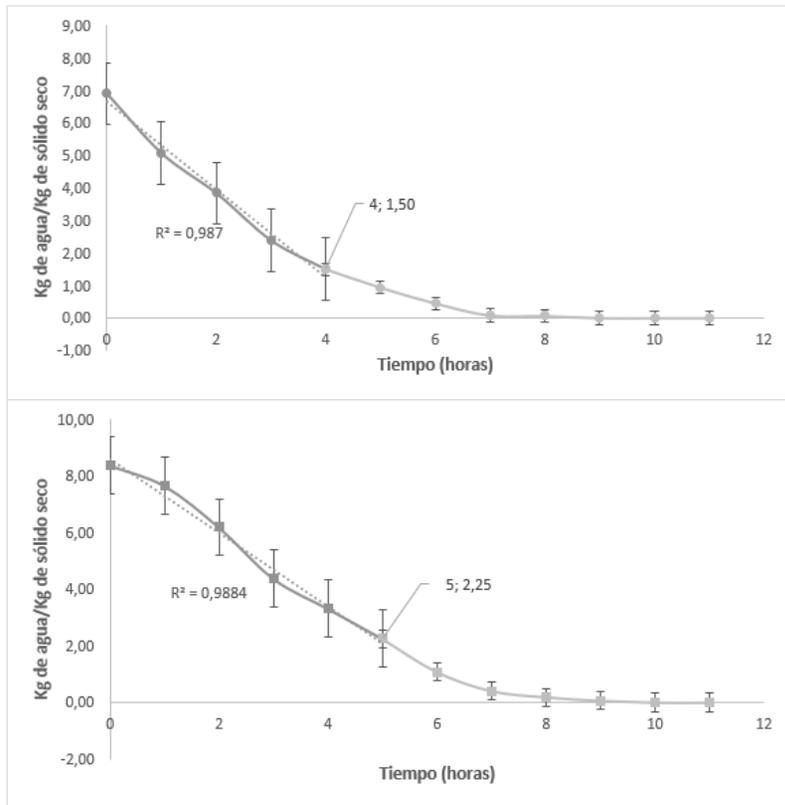


Figura 6. Períodos de secado a 70°C para harina de cáscara de maracuyá amarillo, señalando humedad y tiempo crítico.
Muestras no escaldadas (●), muestras escaldadas (■).

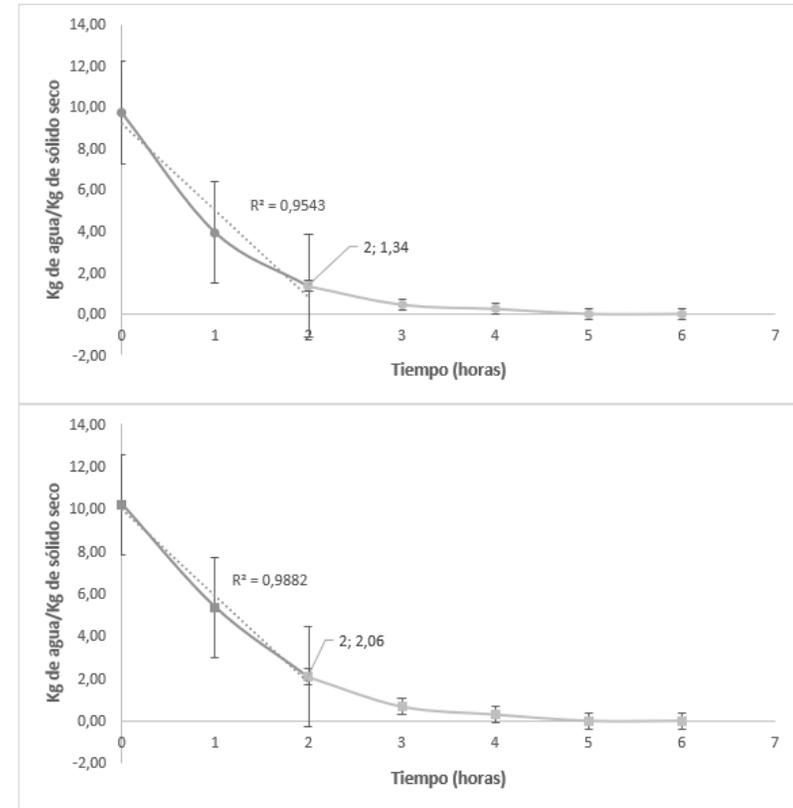


Figura 7. Períodos de secado a 90°C para harina de cáscara de maracuyá amarillo, señalando humedad y tiempo crítico.
Muestras no escaldadas (●), muestras escaldadas (■).

Numerosos autores incluyendo a Silva *et al.* (2008), concluyen que el aumento de la temperatura de bulbo seco en el aire de secado favorece la disminución del tiempo y el incremento de la velocidad de el mismo, lo que se puede comprobar ampliamente con los resultados obtenidos para ambas temperaturas estudiadas, siendo el secado a 90 °C el más veloz. En atención a las diferencias entre las muestras escaldadas y no escaldadas, la velocidad de secado no fue tan notable como en el caso del secado a 70°C, obteniéndose períodos muy similares.

El Período de Velocidad de Secado Constante es breve tanto para el caso no escaldado como para el escaldado (ver Figura N°7), extendiéndose hasta alcanzar una humedad crítica aproximada de 1,34 y 2,06 respectivamente y coincidiendo con la marca de 2 horas de secado para ambos casos. Finalmente empieza el Período de Velocidad de Secado decreciente, extendiéndose hasta la Humedad final.

Este comportamiento tan similar puede explicarse a lo anunciado por Vaccarezza *et al.* (1978), en cuanto al escaldado en agua de placas de remolacha azucarera, incrementando la velocidad de secado a 47 °C, pero no la modifica a 60 °C, los autores atribuyen este fenómeno a la destrucción (por acción del calor) de la semipermeabilidad de las membranas celulares. Vale la pena mencionar que además de afectar notablemente la cinética del secado, las altas temperaturas también afectan la calidad del producto deshidratado, las reacciones químicas entre los componentes del alimento que son catalizadas por las condiciones de operación, afectando principalmente el color, sabor, aroma y contenido nutricional. Tales reacciones pueden ser pardeamiento enzimático, oxidación de lípidos, degradación de pigmentos, nutrientes, vitaminas y compuestos bioactivos e inactivación y desnaturalización de enzimas (Ocampo, 2017).

3.2 Caracterización proximal

Los resultados de la caracterización proximal para cada una de las muestras de harina de cáscara de maracuyá amarillo se encuentran plasmadas en la Tabla N°4.

Tabla 4. Composición proximal de harina de cáscara de maracuyá amarillo y su desviación estándar.

Muestra	pH	% Humedad	% Cenizas	% Fibras Brutas	% Grasas	% Proteínas	% Carbohidratos
SANE	4.27 ± 0.01 ^a	2.36 ± 0.11 ^a	4.67 ± 0.01 ^a	18.02 ± 0.87 ^a	1.47 ± 0.15 ^a	3.81 ± 0.00 ^a	69.67
SAE	4.38 ± 0.01 ^b	2.28 ± 0.14 ^a	4.21 ± 0.03 ^a	16.79 ± 3.12 ^a	0.86 ± 0.35 ^b	3.73 ± 0.15 ^a	72.13
SBNE	4.21 ± 0.01 ^c	2.04 ± 0.10 ^b	4.62 ± 0.20 ^a	18.81 ± 0.23 ^a	0.48 ± 0.02 ^c	3.73 ± 0.14 ^a	70.32
SBE	4.36 ± 0.01 ^d	2.18 ± 0.12 ^b	4.64 ± 0.13 ^a	22.98 ± 1.44 ^a	0.39 ± 0.06 ^d	3.41 ± 0.06 ^a	66.40

^a, ^b, ^c, ^d: Para un mismo factor (columna), letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Para el procesamiento de este mismo producto, Angulo *et al.*, (2018) secó las cáscaras de maracuyá amarillo en estufa con circulación de aire forzada a 65 °C durante 72 horas, molió y tamizó a 60 mesh, omitiendo la práctica del escaldado; en su estudio, declaró un valor de pH ligeramente menor ($4,18 \pm 0,01$) que el promedio de los resultados obtenidos, para el resto de los parámetros, sus resultados fueron más elevados: contenido de humedad ($9,34 \pm 0,06$), cenizas ($6,99 \pm 0,16$), fibras brutas ($26,61 \pm 0,93$), grasas ($1,00 \pm 0,10$), proteínas ($5,95 \pm 0,31$).

Estableciendo comparaciones con Chuqui-Diestra *et al.*, (2021), quien en su producción de harina de cáscara de maracuyá amarillo escaldó a ebullición por 4 minutos, secó en deshidratador a 70°C, con flujo de aire caliente por 8 horas, trituroó y tamizó a 250 mesh; obtuvo un contenido de humedad mucho mayor ($11,25 \pm 0,04$), contenido de cenizas similar ($5,14 \pm 0,01$), mayor porcentaje de fibras brutas ($28,33 \pm 0,29$), similar contenido de grasas ($0,60 \pm 0,02$) y mayor contenido proteico ($5,14 \pm 0,01$).

3.2.1 pH

Los resultados de pH obtenidos para todas las muestras se encuentran en el lado ácido de la escala, aproximándose a un valor de 4 (ver Tabla N°4). Según el ANOVA, las muestras escaldadas resultaron tener un pH más alto que las muestras no escaldadas, a su vez, las muestras secadas a 70 °C obtuvieron un pH mayor que las secadas a 90 °C, de acuerdo con Galoburda *et al.*, (2015), esto puede deberse a la transferencia de ácidos solubles de las cáscaras al agua de escaldado. Por otro lado, altas temperaturas pueden cambiar la permeabilidad de las células vegetales, lo que podría aumentar la fuga de solutos como protones o formas protonadas de ácidos orgánicos (Etienne *et al.*, 2013).

3.2.2 Humedad

El contenido de humedad obtenido es más similar al de un cereal (entre 1,7% y 3,5%) que al de una harina (aproximadamente 10,3%), de acuerdo con Nielsen, (2003). El análisis de varianza detectó que la temperatura de secado aportó diferencias significativas en los resultados (ver Tabla N°4), esto puede deberse al efecto de las altas temperaturas sobre las paredes celulares e intracelulares del tejido procesado, facilitando así la pérdida de agua, a diferencia del tejido tratado a temperaturas más bajas (Levi *et al.*, 1988).

3.2.3 Cenizas

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los resultados de cenizas por efecto de las variables de procesamiento estudiadas (ver Tabla N°4), por lo que es posible deducir que los tratamientos térmicos utilizados no tienen correlación con el contenido de residuo inorgánico presente en las cáscaras de maracuyá amarillo, ya que los minerales son compuestos que no se desestabilizan con el calor Reis *et al.*, (2018).

3.2.4 Fibra bruta

La fibra total en los alimentos fue medida como fibra bruta hasta 1970 y consiste en cantidades variables de celulosa y lignina, sin embargo no incluye hemicelulosas, pectinas y gomas o hidrocoloides, esto se debe a que el método utilizado para la determinación de fibra bruta solubiliza y elimina estos componentes de la muestra final, a diferencia de los métodos

utilizados para la determinación de fibra dietética, la cual incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas (Nielsen, 2003).

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre los resultados de contenido de fibra bruta para las muestras estudiadas (ver Tabla N°4), esto puede deberse a que las altas temperaturas y lavados como el escaldado, no remueven ni degradan la fibra insoluble, sin embargo, hay estudios que demuestran que la pectina y otras fibras como la hemicelulosa fueron degradadas por estos factores (Rosidi, 2021).

3.2.5 Grasas

Se detectaron diferencias significativas en los valores reportados para las grasas de cada una de las muestras de acuerdo con las variables de procesamiento: escaldado y temperatura de secado (ver Tabla N°4). De acuerdo con Reis *et al.*, (2018), los lípidos tienden a oxidarse cuando son sometidos a altas temperaturas y el escaldado y otros tratamientos térmicos enfatizan este efecto. Según Martínez (1996), los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, esta puede ser otra razón causante de la disminución de grasas por efecto del escaldado y secado. Finalmente, la lixiviación durante el proceso de escaldado también puede resultar en la pérdida de diversos sólidos solubles en agua, incluyendo algunos lípidos, de acuerdo con lo mencionado por Baloch *et al.*, (1977) y Fratianni *et al.*, (2021).

Al observar los valores de contenido de grasas obtenidos, se puede resaltar que la harina de maracuyá amarillo no es una fuente de lípidos, sin embargo, la rápida oxidación de las grasas puede causar reacciones químicas causantes de diversas características sensoriales adversas de acuerdo con St. Angelo *et al.*, (1996).

3.2.6 Proteínas

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas en el contenido de proteínas en las muestras estudiadas (ver Tabla N°4), evidenciando que las variables empleadas no tuvieron efecto en la degradación de nitrógeno en las muestras.

3.2.7 Carbohidratos

El contenido de carbohidratos sin fibras insolubles fue calculado por diferenciación, es decir el contenido de carbohidratos reportado corresponde al porcentaje resultante de la diferencia de la sumatoria del contenido de humedad, cenizas, fibras brutas, grasas y proteínas, a la totalidad en base al 100% (ver Tabla N°4). Al incluir las fibras brutas en el cálculo, los carbohidratos restantes corresponden a los carbohidratos solubles totales.

3.3 Caracterización sensorial

La aceptabilidad general del producto fue disminuyendo a medida que la concentración de harina de cáscara de maracuyá amarillo en la fórmula aumentaba (ver Tabla N°5), comportamientos similares se presentaron en formulaciones que incluían diferentes concentraciones de este ingrediente, en el caso de pan de miel para Conti-Silva *et al.*, (2015) y galletas para Garcia *et al.*, (2020). Con base en los resultados del estudio ANOVA, el color y textura de las arepas fritas de formulación F1 y F2 no tuvieron diferencias significativas, lo mismo ocurrió para el olor de las formulaciones F2 y F3. El sabor, por el otro lado, marcó diferencias estadísticamente importantes para cada una de las formulaciones, también resultó ser el atributo con menor aceptabilidad para los consumidores. Los panelistas reportaron una sensación grasosa general y un sabor residual amargo en las formulaciones F3 y F4.

La fórmula sin sustitución de harina de cáscara de maracuyá amarillo (F1) obtuvo una aceptabilidad general medianamente baja para un producto considerado cotidiano por el público consumidor, esto se debe a la exclusión de sal en su formulación y de rellenos o salsas a la hora de aplicar la prueba de degustación, con la finalidad de tener un producto base lo más neutro posible.

Tabla 5. Media de la evaluación sensorial de arepas fritas con harina de cáscara de maracuyá amarillo.

Atributos	F1: 0%	F2: 5%	F3: 10%	F4: 15%
Color	7.43 ± 0.97 ^a	7.33 ± 1.06 ^a	5.53 ± 1.25 ^b	4.40 ± 1.55 ^c
Olor	6.60 ± 1.07 ^a	5.60 ± 1.94 ^b	4.70 ± 2.15 ^b	3.73 ± 2.00 ^c
Sabor	6.50 ± 0.94 ^a	5.50 ± 1.41 ^b	4.37 ± 1.30 ^c	3.20 ± 1.16 ^d
Textura	7.03 ± 1.10 ^a	6.70 ± 1.53 ^a	5.57 ± 1.55 ^b	4.47 ± 1.55 ^c

^{a, b, c, d}: Para un mismo atributo (fila), letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Uno de los parámetros tecnológicos más importantes al momento de desarrollar productos fritos con ingredientes fibrosos es la capacidad de retención de aceite, u OHC por sus siglas en inglés. Crizel *et al.*, (2013) reportó un OHC de 3.63 ± 0.29 g de aceite/g de muestra de fibra de cáscara de naranja, Duarte *et al.*, (2016) obtuvo resultados similares al estudiar cáscara de maracuyá amarillo secada a temperaturas de entre 50 y 60°C con y sin pretratamientos de escaldado, los valores oscilaron de 2.98 ± 0.09 g de aceite/g de muestra a 5.15 ± 0.54 g de aceite/ g de muestra. Se presume que una elevada OHC pudo ser la razón de una experiencia sensorial no tan favorable para productos fritos, en este caso, arepas. Sin embargo, la harina de cáscara de maracuyá amarillo puede ser beneficiosa en productos cuya formulación busque evitar pérdida de grasas y sabores durante la cocción, algunos ejemplos son la formulación de productos de panadería con altos porcentajes de aceptabilidad reportados por Reis *et al.*, (2018) e Ishimoto *et al.*, (2007), al igual que la producción de pasta como una opción libre de gluten, reportada por Ribeiro *et al.*, (2018).

4. CONCLUSIONES

El estudio de subproductos innovadores, comercializables y con alta calidad nutricional representa una solución viable para el desarrollo sustentable de la agroindustria, ya que no solo se busca promover la industrialización sostenible y el uso eficiente de recursos naturales,

sino reducir la cantidad per cápita de materia orgánica desechada, beneficiando directamente al planeta, el cual se encuentra cada vez más vulnerable ante el cambio climático. Al explorar diferentes temperaturas de secado para el procesamiento de harina de cáscara de maracuyá amarillo, se determinaron diferencias en el tiempo y velocidad del mismo, obteniéndose un tiempo de secado de 11 horas para las muestras secadas a 70 °C y un tiempo de secado de 6 horas para las muestras secadas a 90 °C. Analizando a nivel proximal cada una de las muestras, se observó que el pH y contenido de grasas de las cuatro muestras se vieron afectados significativamente ($p < 0,05$) por la temperatura de secado y el proceso de escaldado, también se determinó que el efecto del escaldado no genera diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad, mientras que la temperatura de secado sí causa efecto sobre este parámetro. A su vez, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros de contenido de cenizas, fibras brutas y proteínas. El análisis sensorial demostró una aceptabilidad general medianamente baja para arepas fritas con harina de cáscara de maracuyá amarillo, con diferencias significativas en el sabor de cada una de las formulaciones.

Agradecimientos

A Excelsior Gama Supermercados C.A. por su disposición en materia prima, equipos y espacios. A la Universidad Metropolitana de Caracas y la Universidad Central de Venezuela por apoyar esta investigación.

Contribución de los autores

Conceptualización, APG - SAH; metodología, APG - SAH; validación, APG - SAH; análisis formal, SAH; investigación, SAH; recursos, SAH; curación de datos, SAH; escritura—preparación del borrador original, SAH; redacción—revisión y edición, APG; visualización, SAH; supervisión, APG; administración de proyectos, SAH; adquisición de fondos, SAH. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS

- Alzamora, S. (1980). Transferencia de masa y calor durante la deshidratación de palta en corriente de aire. (Tesis Doctoral). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n1620_Alzamora.pdf
- Angulo, L., De Souza, V., De Oliveira & R., Matta, F. (2018). Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá. *Revista Ingeniería y Región*, Volumen 20.
<https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/1916/3273>
- AOAC International. 2000. *Official Methods of Analysis*, 17° Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Baloch, A. K., Buckle, K. A., & Edwards, R. A. (1977). Effect of processing variables on the quality of dehydrated carrot: II. Leaching losses and stability of carrot during dehydration and storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 12(3), 295-307.
- Chuqui-Diestra, S., & Paucar-Menacho, L. (2021). Caracterización fisicoquímica, funcional y reológica de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* SIMS).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1979). Determinación del pH (Acidez Iónica) (COVENIN 1315:1979). <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1980). Productos de cereales y leguminosas. Determinación del Humedad (COVENIN 1553-80).
<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1553-80.pdf>

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1981). Producción de cereales y leguminosas. Determinación de Acidez (COVENIN 1315:1979). <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normasfind>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1981). Producción de cereales y leguminosas. Determinación de Cenizas (COVENIN 1783:1981). <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normasfind>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1995). Jugos y néctares. Características Generales. (COVENIN 1030:1995). <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1030-95.pdf>
- Conti-Silva, A. C., & Roncari, R. F. (2015). Sensory features and physical-chemical characterization of Brazilian honey bread with passion fruit peel flour. *Nutrition & Food Science*.
- Crizel, T., Jablonski, A., de Oliveira Rios, A., Rech, R., & Flôres, S. H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 9–14. doi:10.1016/j.lwt.2013.02.002
- Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R. & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista colombiana de ciencia animal* 9, 122-132.
- Domínguez-Rodríguez, G., García, M. C., Plaza, M., & Marina, M. L. (2019). Revalorization of Passiflora species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds. *Science of The Total Environment*, 134030. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134030
- Duarte, Y., Chaux, A., Lopez, N., Largo, E., Ramírez, C., Nuñez, H., Vega, O. (2016). Effects of Blanching and Hot Air Drying Conditions on the Physicochemical and Technological Properties of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* Var. *Flavicarpa*) by-Products. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12425. doi:10.1111/jfpe.12425

- Escobedo, G. (2013). Valorización de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* Deg.) como sub producto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Perú. 91 https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/491/1/TL_Escobedo_Soberon_GilbertoMartin.pdf
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbeguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of experimental botany*, 64(6), 1451-1469.
- Fратиани, A., D'Agostino, A., Niro, S., Bufano, A., Paura, B., & Panfili, G. (2021). Loss or gain of lipophilic bioactive compounds in vegetables after domestic cooking? Effect of steaming and boiling. *Foods*, 10(5), 960.
- Galoburda, R., Kuka, M., Cakste, I., Klava, D. (2015). The effect of blanching temperature on the quality of microwave-vacuum dried mushroom *Cantharellus cibarius*. *Agronomy Research*, 13(4), 929-938.
- Garcia, M. V., Milani, M. S., & Ries, E. F. (2020). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Science and Technology International*, 26(2), 132-139.
- González, P., Gómez, M., & Abad, G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *RIAA*, 8(2), 141-150.
- Ishimoto, F., Harada, A., Branco, I., dos Santos, W., & Coutinho, M. (2007). Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. var. *flavicarpa* Deg.) para produção de biscoitos. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, 9(2)
- Levi, A., Ben-Shalom, N., Plat, D., & Reid, S. (1988). Effect of Blanching and Drying on Pectin Constituents and Related Characteristics of Dehydrated Peaches. *Journal of Food Science*, 53(4), 1187–1190. doi:10.1111/j.1365-2621.1988.tb13558.x
- Martinez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79.

- Monteiro, E., Guttierrez, R., Souza, B., Santos, R., dos Santos, M., Cavalcanti, L. & Umsza, M. (2017). Passion fruit peel flour – Technological properties and application in food products. *Food Hydrocolloids*. Volumen 62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16303150>
- Nielsen, S. (2003). *Análisis de los alimentos*. West Lafayette, Indiana. Editorial Acribia, S.A.
- Nieto, A. (2004). Efectos estructurales en el transporte de materia durante el secado de frutas (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3758_Nieto.pdf
- Ocampo, J. (2017). Influencia de las condiciones de operación en el aroma de tomate de árbol deshidratado por secado convectivo. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Ocón, J. & Tojo, G. (1975). *Problemas de Ingeniería Química. Operaciones Básicas. Tomo II*. Aguilar. Madrid, España.
- de Queiroz, M. D. S. R., Janebro, D. I., da Cunha, M. A. L., Medeiros, J. D. S., Sabaa-Srur, A. U., Diniz, M. D. F. F., & Dos Santos, S. C. (2012). Effect of the yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis f. flavicarpa deg.*) in insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutrition Journal*, 11, 1-7.
- Ramli, A. N. M., Manap, N. W. A., Bhuyar, P., & Azelee, N. I. W. (2020). Passion fruit (*Passiflora edulis*) peel powder extract and its application towards antibacterial and antioxidant activity on the preserved meat products. *SN Applied Sciences*, 2(10). doi:10.1007/s42452-020-03550-z
- Ramos, A.T; Cunha, M.A.L.; Sabaa-Srur A.U.O.; Pires V.C.F.; Cardoso, A.A.; Diniz, M.F.; Use of *Passiflora edulis f. flavicarpa* on cholesterol reduction. *Braz. J. Pharmacog.*, 2007, 17, 592-597.
- Reis, L. C. R. dos, Facco, E. M. P., Salvador, M., Flôres, S. H., & Rios, A. de O. (2018). Characterization of Orange Passion Fruit Peel Flour and Its Use as an Ingredient in

- Bakery Products. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1–17. doi:10.1080/15428052.2018.1564103
- Ribeiro, T. H. S., Bolanho, B. C., Montanuci, F. D., & Ruiz, S. P. (2018). Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour. *Ciência Rural*, 48.
- Rosidi, N., Ghani, A., Yusof, N., & Yusof, N. (2021). Effect of Blanching and Drying Temperatures on Physicochemical Properties of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel Powder. *Journal Of Agrobiotechnology*, 12(1S), 62-73. <https://journal.unisza.edu.my/agrobiotechnology/index.php/agrobiotechnology/article/view/271>
- Silva, S., Almeida, F., Lima, E., Silva, H., & Gomes, P. (2008). Cinéticas de secado de hoja y tallo de cilantro (*Coriandrum sativum*). *Ciencia y tecnología alimentaria: Revista de la Asociación de Licenciados en 96 Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Galicia*, 6(1), 13-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72460102>
- Smith, E., da Silva, M., Sabaa-Srur, U. & Wycoff, W. (2012). Potential Health Benefits of Passion Fruit Peel Flour. *The Natural Products Journal*. <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/npj/2012/00000002/0000002/art00006>
- St. Angelo, A. J., Vercellotti, J., Jacks, T., & Legendre, M. (1996). Lipid oxidation in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(3), 175–224. doi:10.1080/10408399609527723
- Vaccarezza, M., & Chirife, J. (1978). On the application of Fick's law for the kinetic analysis of air drying of foods. *Journal of Food Science*, 43(1), 236–238. doi:10.1111/j.1365-2621.1978.tb09780.x
- Vargas, Y. & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*.

Volumen 14 (1), 59-72.
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>

Zeraik, M., Pereira, C., Zuin, V. & Yariwake, J. (2010). Maracujá: um alimento funcional? Revista Brasileira de Farmacognosia. 20(3): 459-471.
<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/yRZvjcVJPFvVwV8GnbjrWss/?format=pdf&lang=pt>