

## Estudio del efecto de diferentes métodos de deshidratación en la obtención de un polvo rico en fibra a partir de un residuo del fruto butia yatay

Roy Rivero<sup>1,2,3</sup>, Marcos González<sup>1</sup>, María Florencia Díaz<sup>1,2,3</sup>, Renzo Sánchez<sup>1</sup>, Natalia Sosa<sup>1,2,3</sup>, Diego Archaina<sup>1,2,3</sup>

**Autoras/es:** <sup>1</sup>Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Bromatología. Entre Ríos, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Entre Ríos - ICTAER (CONICET-UNER), Entre Ríos, Argentina.

<sup>3</sup>CONICET. Buenos Aires, Argentina.

**Contacto:** [diego.archaina@uner.edu.ar](mailto:diego.archaina@uner.edu.ar)

**ARK:** <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/sw42d4rku>

### Resumen

Los polvos de yatay (PY) resultantes presentaron propiedades fisicoquímicas similares a las de este tipo de productos. El color del polvo de yatay producido por liofilización (PYL) presentó una tonalidad amarilla anaranjada mientras que en los otros dos fue amarilla amarronada probablemente debido a posibles reacciones de pardeamiento durante el proceso de deshidratación. Los PY presentaron un interesante contenido de compuestos polifenólicos totales, capacidad antioxidante y fibra dietaria. Esto indicaría que este producto podría presentar propiedades funcionales mejoradas. A los efectos de estudiar la estabilidad los PY se realizó un estudio de almacenamiento durante 6 meses a 25°C. En el caso del contenido de agua y la actividad de agua sus valores se incrementaron a lo largo del almacenamiento. Esto limitaría la estabilidad de los PY debido a que un aumento abrupto de estos parámetros podría modificar las características físicas del producto. El color se modificó durante el almacenamiento mostrando un cambio de  $\Delta E$  considerable. Esto indicaría que el cambio de color producido podría ser percibido sensorialmente por el ojo humano, lo cual podría limitar la vida útil de los PY, sin embargo, dependerá de cómo dicho cambio impacta en los consumidores. Finalmente, los valores de compuestos polifenólicos totales y de capacidad antioxidante se mantuvieron relativamente constantes.

**Palabras clave:** residuo de yatay, deshidratación, fibra, estabilidad

## Objetivos propuestos y cumplidos

En la **Tabla 1** se muestran los objetivos planteados para el cumplimiento de las actividades establecidas en el proyecto de investigación.

**Tabla 1:** Objetivos propuestos en el proyecto de investigación

Objetivo general	Cumplidos	No cumplidos
Evaluar el efecto de diferentes procesos de deshidratación y su influencia sobre las características fisicoquímicas y funcionales de polvos de yatay (PY), con alto contenido en fibras, obtenidos a partir de residuos del fruto yatay (RY).	x	
<b>Objetivos Específicos</b>		
1. Realizar una caracterización de la composición fisicoquímica y funcional del RY.	x	
2. Establecer las condiciones óptimas de obtención de los PY para los diferentes procesos de deshidratación.	x	
3. Evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los PY y realizar un estudio de almacenamiento de los PY.	x	
4. Determinar el proceso de deshidratación que permita obtener un PY con las características óptimas para este tipo de productos.	x	

## Marco teórico

En los últimos años, en la provincia de Entre Ríos, ha aumentado el interés de trabajar en la recuperación de frutos nativos y/o silvestres no tradicionales y evaluar su potencial para la utilización en la industria alimentaria. El fruto comúnmente conocido como yatay es producido por la especie *Butia yatay* perteneciente a la familia de las palmeras *Arecaceae* y crece en forma de racimos denominados “cachos de butiá” (Zanuttini y col., 2014). Estos frutos presentan altos niveles de azúcares, proteínas, vitaminas y minerales, con sabores característicos denominados *sui generis* (Rosa y col., 1998; Simarelli, 2007; Pereira-Faira y col., 2008). El Parque Nacional “El Palmar” (y sus alrededores) ubicado en Colón, provincia Entre Ríos, alberga y protege las últimas palmeras de *Butia yatay* existentes en Argentina (Accattoli y col., 2015). Si bien, la utilización de las palmas de *Butia yatay* se registra desde tiempos prehistóricos en jardinería y artesanías (Hoffmann y col., 2017), su implementación como parte de la alimentación surgió un tiempo después en la preparación de jugos, jaleas, dulces, licores y helados (Sganzerla, 2010). Sin embargo, estos tipos de productos se realizan a través del conocimiento de los saberes locales, donde los microemprendedores de las regiones de producción de este fruto emplean cocciones prolongadas y el agregado de un elevado contenido de azúcar, resultando alimentos de baja calidad nutricional (Sosa y col., 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) ha presentado una serie de recomendaciones que debería seguir una persona para llevar una dieta saludable, que ayude a reducir la malnutrición, las enfermedades no transmisibles y diversos trastornos. Entre las recomendaciones de la OMS se incluye limitar el consumo de azúcar libre a menos del 10% de la ingesta calórica total, y a menos del 5% para obtener

mayores beneficios. También se sugiere consumir al menos 400 g de frutas y hortalizas (no feculentas) al día; ingerir como máximo 5 g de sal/sodio al día; y que menos del 30% de la ingesta calórica diaria provenga de las grasas. Adicionalmente, ha crecido el interés por parte de los consumidores por aquellos alimentos que además de brindar un aporte nutricional desempeñan una función beneficiosa sobre algún proceso para el organismo, dando como resultado la aparición de una nueva variedad de alimentos reconocidos como “alimentos funcionales”. Estos alimentos unen la demanda social del consumidor, los resultados científicos sobre sus componentes y el nuevo eje de desarrollo de las cadenas alimentarias centrado en el consumidor y que toma en consideración las transformaciones y los efectos que tienen los alimentos, nutrientes y sustancias bioactivas en el cuerpo humano y su efecto en la salud y bienestar (Busso-Casati). Por otra parte, es conocido que las industrias de jugos de frutas generan significantes cantidades de subproductos que generalmente son residuos que causan problemas durante su disposición (Figuerola y col., 2005). Cabe destacar que los residuos de frutas son económicos, fácilmente disponibles y una interesante fuente de fibra dietaria que permitiría su uso en el desarrollo de nuevos ingredientes naturales para la industria alimentaria (Figuerola y col., 2005; Babbar y col., 2011). En este sentido, resulta interesante considerar el uso de residuos de frutas como potenciales ingredientes para la obtención de productos de alto valor nutricional.

## Marco metodológico

A continuación, se describe de manera sintetizada la metodología de trabajo llevada a cabo para el cumplimiento del presente proyecto de investigación.

Para cumplir con el **objetivo general** el residuo del fruto yatay (RY) proporcionado por el grupo elaborador de jugo “Guardianes de Yatay” de la localidad de Ubajay fue trasladado hasta la Facultad de Bromatología de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FB - UNER) asegurando las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas y una vez en el lugar de trabajo, fue acondicionado (separación de semillas, fraccionamiento y almacenado a -20°C) para su posterior utilización.

Para cumplir con el **objetivo específico 1**, “Realizar una caracterización de la composición fisicoquímica y funcional del RY”. Se realizó la determinación de las propiedades fisicoquímicas (contenido de agua, actividad de agua, acidez, pH y color superficial); el contenido de macro y micronutrientes (proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y minerales), y las propiedades funcionales (compuestos polifenólicos totales y capacidad antioxidante).

Para cumplir con el **objetivo específico 2**, “Establecer las condiciones óptimas de obtención de los PY para los diferentes procesos de deshidratación”: Se realizaron las pruebas pertinentes que permitan conseguir un secado uniforme y obtener productos de calidad, minimizando el deterioro de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. Se utilizaron tres métodos de deshidratación diferentes para obtener los PY. Se emplearon las condiciones operacionales que se detallan a continuación para cada caso. 1) Secado convectivo: se utilizó un deshidratador de laboratorio Cobo (65°C - 6 h), 2) Secado no convectivo: se utilizó un horno eléctrico Marshall (65°C - 12 h), 3) Liofilización: se utilizó un liofilizador de laboratorio Labconco (-50°C - 24 h - 0,040 mbar). Los PY obtenidos se denominaron: polvo de yatay por secado convectivo (PYSC), polvo de

yatay por secado no convectivo (PYSNC), y polvo de yatay por liofilización (PYL).

Para cumplir con el **objetivo específico 3**, “Evaluar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los PY recién obtenidos y durante el almacenamiento”: Una vez obtenidos los PY, se realizaron las pruebas pertinentes para caracterizar el producto, desde el punto de vista de sus propiedades fisicoquímicas (contenido de agua, actividad de agua, cohesividad, fluidez, color superficial, isothermas de sorción de agua), el contenido de macro y micronutrientes (proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y minerales) y sus propiedades funcionales (compuestos polifenólicos totales, y capacidad antioxidante).

Por otra parte, para analizar la estabilidad de los PY, se realizó un estudio de almacenamiento a 25°C durante seis meses. Cada mes se tomarán muestras y se analizaron las propiedades fisicoquímicas (contenido de agua, actividad de agua, color superficial) y las propiedades funcionales (compuestos polifenólicos totales, y capacidad antioxidante).

Para cumplir con el **objetivo específico 4** “Determinar el proceso de deshidratación que permita obtener un PY con las características óptimas para este tipo de productos”: Se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la presente investigación.

## Resultados

### Caracterización del RY

Con el fin de conocer las características del RY fresco que se utilizaría para la obtención de los polvos de yatay mediante los diferentes métodos de deshidratación, al mismo se le realizó un estudio de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (**Tabla 2**), como así también se determinó el contenido de sus macronutrientes (**Tabla 3**).

**Tabla 2:** Propiedades fisicoquímicas y funcionales del residuo de yatay fresco

Propiedades fisicoquímicas y funcionales del RY	Contenido
Contenido de agua (g H <sub>2</sub> O/100 g RY)	70,9 ± 0,06
Actividad de agua (a <sub>w</sub> a 25°C)	0,97 ± 0,01
Acidez total (mg ácido cítrico/100 g RY)	1,0 ± 0,01
pH	4,83 ± 0,05
CPT (mg EAG/100 g RY)	979 ± 95,3
CA (mmol trolox/g RY)	27,9 ± 0,19

**Tabla 3:** Contenido de macronutrientes del residuo de yatay fresco

Macronutrientes	Contenido
Proteínas (g/100 g RY b.h.)	3,47 ± 0,70
Grasas (g/100 g RY b.h.)	3,96 ± 0,13
Carbohidratos (g/100 g RY b.h.)	21,7 ± 0,40
Fibra (g/100 g RY b.h.)	9,15 ± 0,31

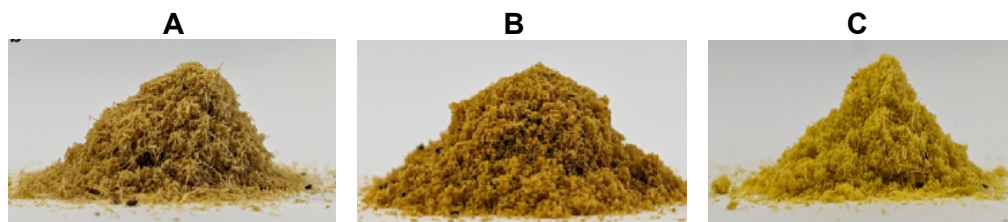
Respecto al contenido de agua, la actividad de agua y el pH del RY, los valores de estos parámetros se encuentran dentro del rango informado por Sette y col. (2020), quienes realizaron una caracterización de un residuo de uva (RU) y un residuo de manzana (RM) reportando los siguientes valores de actividad de agua, contenido de agua y pH respectivamente: RU -  $61,6 \pm 1,2$ ,  $0,957 \pm 0,007$  y  $4,62 \pm 0,12$ ; RM -  $85,2 \pm 0,6$  y  $0,957 \pm 0,004$  y  $4,30 \pm 0,70$ . Por otra parte, Rockett y col. (2020) reportaron valores de pH entre 2,75 - 3,46 y de acidez total entre 1,10 - 2,11% para diferentes variedades butia catarinensis y eriospatha. Debido a su alta humedad y  $a_w$ , el RY en estado natural presenta una baja estabilidad, lo cual limita su vida útil. En este sentido, resulta interesante considerar el uso del RY como potencial ingrediente para la obtención de un polvo deshidratado.

En cuanto a los CPT el valor obtenido en el RY se encuentra dentro del rango reportado por otros autores para frutos de butia. Hoffmann y col. (2017) estudiaron la pulpa de butia odorata y reportaron un contenido de CPT de  $1250 \pm 25,1$  mg EAG/100 g pulpa. Por otra parte, Boeing y col. (2020) realizaron un estudio del contenido de compuestos polifenólicos totales en frutos liofilizados de butia odorata utilizando diferentes solventes como medio de extracción y reportaron valores de CPT entre 38,0 - 1930 mg EAG/100 g. Por otra parte, en el ámbito académico son escasas a nulas las referencias acerca de la CA mediante el método TEAC - ABTS para frutos de butia. El RY presentó una CA de  $21,7 \pm 0,40$  mmol Trolox/100 g RY.

Hoffmann y col. (2014) han estudiado la composición de macronutrientes de diferentes variedades de frutos del género butia reportando los siguientes valores: proteínas entre 0,30 - 5,79%, grasas entre 0,11- 2,60%, carbohidratos entre 6,58 - 14,15%, fibra entre 0,88 - 4,89. Rockett y col. (2020) reportaron los siguientes valores: proteínas entre 4,75 - 6,12%, grasas entre 1,53 - 11,52%. Si bien los datos mencionados anteriormente fueron reportados para la pulpa de frutos, los mismos se encuentran dentro del rango encontrado para el residuo estudiado en el presente trabajo de investigación. Cabe destacar que el residuo de butia yatay presenta un elevado contenido de fibra respecto a las variedades odorata, capitata y eriospatha estudiadas por Hoffmann y col (2014).

### Obtención de los PY

El RY fue deshidratado y posteriormente el material obtenido fue molido hasta obtener los diferentes PY. La **Figura 1** muestra los polvos obtenidos mediante los tres métodos de deshidratación. Los polvos obtenidos se denominaron: polvo de yatay por secado convectivo - PYSC (**Figura 1A**), polvo de yatay por liofilización - PYL (**Figura 1B**) y polvo de yatay por secado no convectivo - PYSNC (**Figura 1C**).



**Figura 1:** PY obtenidos por los diferentes métodos de deshidratación: PYSC (A), PYSNC (B) y PYL (C)

### Caracterización de los PY

Para la caracterización de los PY se considerarán algunas de las determinaciones establecidas para este tipo de producto, y además se realizarán determinaciones vinculadas a las propiedades funcionales de la fruta utilizada como materia prima. La **Tabla 4** muestra algunos de los resultados obtenidos para los PY obtenidos por los tres métodos de deshidratación.

**Tabla 4:** Propiedades fisicoquímicas de los PY obtenidos por los diferentes métodos de deshidratación

Determinaciones	PYSC	PYSNC	PYL
Contenido de agua (g H <sub>2</sub> O/100 g PY)	2,20 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,90 ± 0,30 <sup>a</sup>	2,00 ± 0,70 <sup>a</sup>
Actividad de agua (a <sub>w</sub> a 25°C)	0,164 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,161 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,156 ± 0,004 <sup>a</sup>
Cohesividad (H)	1,55 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,57 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,24 ± 0,01 <sup>b</sup>
Fluidez (IC)	32,9 ± 5,7 <sup>a</sup>	32,1 ± 6,3 <sup>a</sup>	33,4 ± 6,1 <sup>a</sup>
Proteínas (g/100 g PY b.s.)	16,6 ± 0,2 <sup>a</sup>	16,1 ± 0,3 <sup>a</sup>	16,1 ± 0,2 <sup>a</sup>
Grasas (g/100 g PY b.s.)	18,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	18,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	18,8 ± 0,2 <sup>a</sup>
Carbohidratos (g/100 g PY b.s.)	61,5 ± 0,02 <sup>a</sup>	58,1 ± 0,43 <sup>a</sup>	62,4 ± 6,1 <sup>a</sup>
Fibra (g/100 g PY b.s.)	31,8 ± 2,2 <sup>a</sup>	31,4 ± 1,9 <sup>a</sup>	29,7 ± 3,5 <sup>a</sup>
Calcio (mg/100 g PY b.s.)	318 ± 19 <sup>a</sup>	315 ± 20 <sup>a</sup>	338 ± 52 <sup>a</sup>
Potasio (mg/100 g PY b.s.)	1288 ± 140 <sup>a</sup>	1336 ± 215 <sup>a</sup>	1300 ± 272 <sup>a</sup>

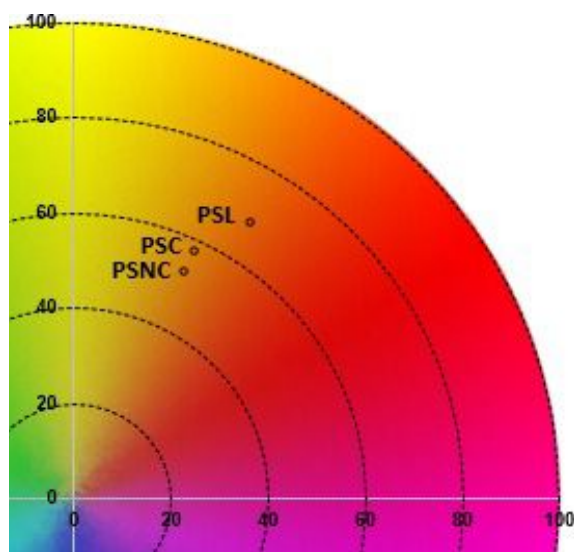
Los valores con la misma letra no presentan diferencia significativa (p<0,05)

En cuanto al contenido de agua y la a<sub>w</sub>, los valores de estos parámetros no presentaron diferencias significativas entre los diferentes PY. Los resultados obtenidos estuvieron dentro de los rangos reportados por otros autores. Sadowska y col. (2019) reportaron valores similares para polvos de aronia negra obtenidos por secado convectivo y liofilización. En cuanto a la cohesividad, es un parámetro que indica la tendencia que posee el producto a aglomerarse. De acuerdo a la escala establecida por Jinapong y col. (2008), los PY obtenidos por secado convectivo y liofilización presentaron una co-

hesividad alta ( $H > 1,5$ ), mientras que en el PYSNC fue intermedia ( $H$  entre 1,2-1,4). En el caso de la fluidez, este parámetro es indicativo de la tendencia que tendrá un polvo comportarse en procesos como el mezclado y la solubilización. De acuerdo a la escala establecida por Swaminathan y col. (2015), todos los polvos presentaron un grado de fluidez justo (IC entre 20-35).

Respecto al contenido de macro y micronutrientes de los diferentes PY, los reportes científicos en este tipo de material son prácticamente nulos. Sin embargo, es interesante destacar su aporte de proteínas, fibra, potasio y calcio. De acuerdo a las disposiciones establecidas por el Código Alimentario Argentino (CAA), se podría establecer que el PY es un material de alto contenido proteínas ( $> 12$  g/100 g) y de alto contenido de fibra (menos 6,00 % de fibra). Esto resulta muy interesante debido a que estos polvos podrían ser utilizados como ingrediente en la preparación de alimentos con la denominación de "alto contenido" en estos macronutrientes. El aporte de potasio es aproximadamente 3 veces mayor al de la banana ( $\approx 358$  mg/100 g), fruta que es considerada una de las mejores fuentes de potasio (Ranjha y col. 2020). Por otro lado, el aporte de calcio es aproximadamente 3 veces mayor al de la leche ( $\approx 124$  mg/100 g), alimento comúnmente considerado como fuente de este mineral. El contenido de fibra de los tres PY fue elevado. Es interesante el alto aporte de Ca y fibra que presentan los PY, los cuales podrían ser utilizados como ingrediente en diferentes preparaciones para poder "enfrentar" los déficits nutricionales que presentan los argentinos. Según los datos reportados por el Centro de Estudios Sobre Nutrición Infantil (CESNI), las personas entre 13 y 65 años no llegan a cubrir la mitad de las recomendaciones diarias de calcio, mientras que, en cuanto a la fibra, aproximadamente la mitad de la población adulta no cubre las recomendaciones diarias, teniendo en cuenta la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud 2018 (ENNyS).

La **Figura 2** muestra la representación gráfica de los colores obtenidos para los diferentes PY en el diagrama de cromaticidad CIE. Se puede observar que los polvos obtenidos empleando altas temperaturas presentaron una tonalidad similar entre ellos, siendo la misma amarilla amarroada mientras que en el otro fue amarilla anaranjada.

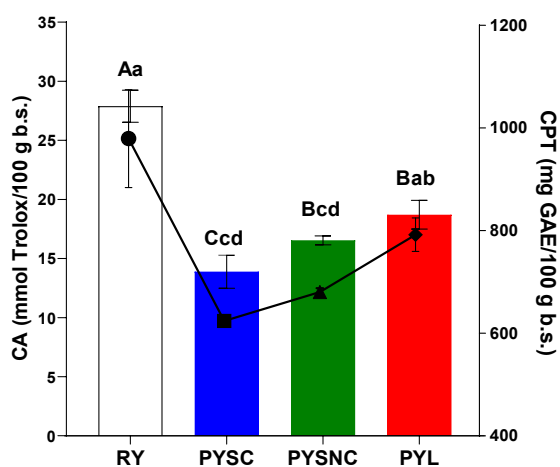


**Figura 2:** Color de PY obtenidos por los diferentes métodos de deshidratación

Este hecho se puede atribuir a la ocurrencia de pardeamiento no enzimático por la reacción de Maillard en los polvos que se obtuvieron empleando altas temperaturas, lo cual provocó un oscurecimiento de los mismos. Esto se evidenció en un menor valor del parámetro  $L^*$  respecto al PYL. Esto se condice con los resultados reportados por Farahmandfar y col. (2019) quienes informaron valores de  $L^*$  más bajos en polvos de naranja amarga deshidratados en horno respecto a aquellos obtenidos por liofilización.

En cuanto a las propiedades funcionales, en una primera instancia se evaluó el porcentaje de retención de los CPT y la CA de los PY respecto al residuo de yatay (RY) luego de aplicar los diferentes procesos de deshidratación (**Figura 3**).

En todos los PY el contenido de CPT y la CA fue significativamente menor respecto al RY, evidenciando que durante los diferentes procesos de deshidratación se produce una pérdida de los compuestos con propiedades funcionales. El PYL presentó un porcentaje de retención significativamente mayor de CPT (81%) respecto al PYSNC (69%) y el PYSC (64%). Esta misma tendencia fue observada para la CA cuyos porcentajes de retención respecto al RY fueron los siguientes: PYL (67%), PYSNC (59%), PYSC (50%). Si se realiza una comparación, se podría decir que la CA presentó un mayor porcentaje de degradación con respecto los CPT, esto probablemente se debió a la degradación de compuestos con capacidad antioxidante de naturaleza no polifenólica durante los procesos de deshidratación como son los carotenoides presentes en el YW. Esto concuerda con lo expuesto por Song y col. (2018), quienes establecen que los carotenoides son susceptibles de degradación en procesos de deshidratación, y esto depende de la temperatura y el tiempo.



**Figura 3:** Porcentaje de retención de los CPT (líneas) y la CA (barras) en los diferentes PY respecto al RY. Los valores con la misma letra (CA: mayúsculas y CPT: minúsculas) no presentan diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

El mayor porcentaje de retención en el valor de CA encontrado en el PYL se esperaba considerando la capacidad del método de liofilización para preservar las propiedades de los compuestos bioactivos, a diferencia de los métodos de deshidratación que utilizan altas temperaturas. Por otro lado, en el PYSNC se esperaba un porcentaje de retención menor al del PYSC, sin embargo, ocurrió lo contrario. Este comportamiento podría estar asociado a que durante el secado no convectivo (horno eléctrico), no se utilizó corriente de aire para facilitar la evaporación del agua, requiriendo tiempos de

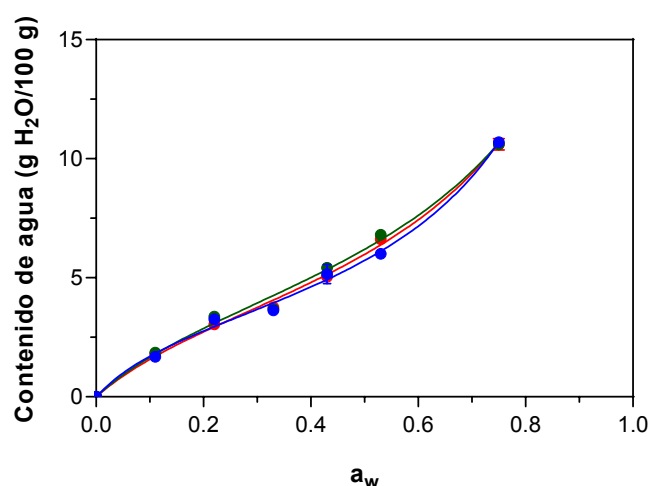
secado más prolongados. Esto podría haber favorecido la aparición de la reacción de Maillard. En este sentido, los compuestos de Maillard son antioxidantes naturales que se encuentran en los alimentos y podrían aumentar el valor de la capacidad antioxidante (Embuscado, 2015; Rivero et al., 2020).

En la **Tabla 5** se detallan los valores de ajuste de la ecuación de GAB para las isotermas de sorción de agua a 25°C para ambas formulaciones de caramelos. Por su parte, en la **Figura 4** se muestra el comportamiento de sorción de agua de los diferentes PY a 25°C.

**Tabla 5:** Parámetros de ajuste de la ecuación de GAB para las isotermas de sorción de agua a 25 °C

Parámetros ecuación GAB	PYSC	PYSNC	PYSNC
$m_0$ (g H <sub>2</sub> O/100 g sólido)	3,63 ± 0,43 <sup>a</sup>	4,67 ± 0,98 <sup>a</sup>	4,34 ± 0,56 <sup>a</sup>
$K_{GAB}$	0,91 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,84 ± 0,05 <sup>a</sup>
C	7,43 ± 2,54 <sup>a</sup>	5,84 ± 2,18 <sup>a</sup>	5,38 ± 1,41 <sup>a</sup>
$r^2$	0,9961	0,9936	0,9974

De acuerdo con los coeficientes de correlación ( $r^2$ ) obtenidos para todos los diferentes PY (**Tabla 5**), se infiere que los datos mostraron un buen ajuste al modelo. Los valores de la constante C fueron mayores a 2. Según lo establecido por Lewicki (2009), con base en el análisis matemático de la ecuación GAB, un valor de C >2 indica que la isoterma es de tipo II y tiene forma sigmoidea. Además, los valores de C y K de los tres PY son positivos y menores a 1, lo cual concuerda con lo expuesto por Alqah et al. (2023). Por otra parte, al analizar cada uno de los parámetros de GAB, se observa que los mismos no presentaron diferencias significativas entre los PY. Esto indicaría que independientemente del proceso de deshidratación empleado, los tres PY experimentaron un comportamiento típico para este tipo de material.



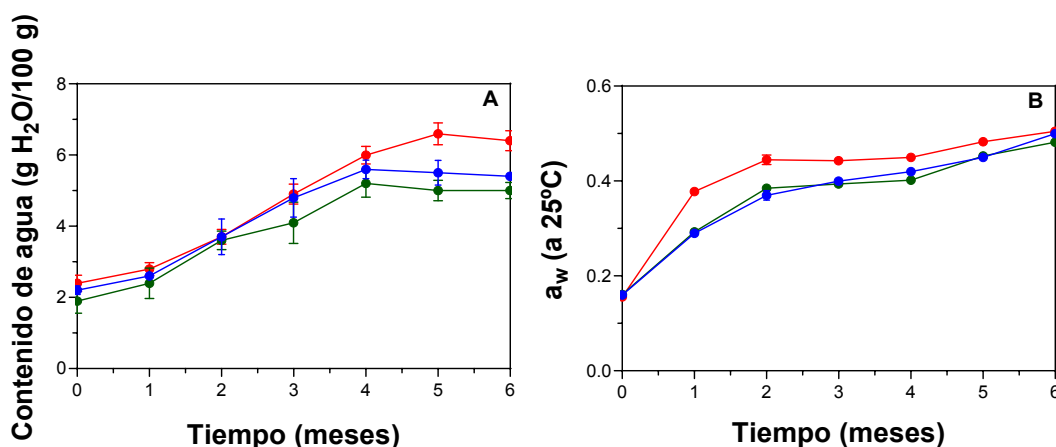
**Figura 4:** Isotermas de sorción de agua a 25°C para los diferentes PY PYSC (●), PYSNC (●) and PYL (●)

En la **Figura 4** se puede observar que las tres curvas de sorción de agua presentaron una forma sigmoidea, correspondiente a las isothermas de sorción tipo II establecidas por Gregg y Sing (1982). Inicialmente se produce la formación de una capa adsorbida, cuyo espesor aumenta progresivamente a medida que aumenta la  $a_w$  hasta completar la formación de la monocapa y a partir de ahí se inicia la formación de multicapas.

### Estudio de almacenamiento de los PY

A los efectos de estudiar la estabilidad de los PY se realizó un estudio de almacenamiento durante 6 meses a 25°C. Se estudiaron los siguientes parámetros: contenido de agua, actividad de agua, color, CPT y CA.

En la **Figura 5** se muestran los resultados obtenidos en el estudio del contenido de agua (**Figura 5A**) y la actividad de agua (**Figura 5B**).



**Figura 5:** Contenido de agua (A) y actividad de agua (B) de diferentes PY a lo largo del almacenamiento PYSC (●), PYSNC (●) and PYL (●)

Se puede observar que los valores de cada uno de estos parámetros se incrementaron a lo largo del almacenamiento. Esto limitaría la estabilidad de los PY debido a que un aumento abrupto de estos parámetros podría modificar las características físicas del producto. En concordancia, a partir del cuarto mes de almacenamiento se pudo observar que todos los PY comenzaron a manifestar problemas en su fluidez que dificultaba su manipulación. En el caso particular de la actividad de agua, un aumento excesivo podría favorecer el desarrollo de pardeamiento. A pesar de que para la realización del estudio de almacenamiento los diferentes PY fueron envasados en bolsas DoyPack con cierre hermético metalizado, es evidente que dicho material no fue suficientemente hermético. En este sentido resultaría interesante buscar una nueva estrategia de envasado que permita reducir la ocurrencia de estos cambios. Se podría evaluar la posibilidad de utilizar envasado al vacío o un material más adecuado.

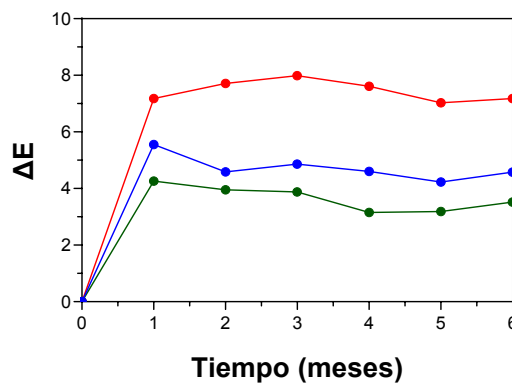
Respecto al color superficial, en la **Tabla 6** se presentan los valores de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  obtenidos para cada uno de los PY estudiados.

**Tabla 6:** Parámetros CIELAB obtenidos en los diferentes PY a lo largo del almacenamiento

Parámetros CIELAB	Tiempo (meses)			
	0	3	6	
PYSC	L*	51,6 ± 0,33 <sup>Ab</sup>	55,8 ± 1,70 <sup>Bb</sup>	55,1 ± 0,53 <sup>Bb</sup>
	a*	7,9 ± 1,23 <sup>Ca</sup>	5,5 ± 0,63 <sup>Aa</sup>	6,4 ± 0,30 <sup>Ba</sup>
	b*	25,3 ± 0,61 <sup>Ab</sup>	25,9 ± 2,14 <sup>Aa</sup>	27,8 ± 0,45 <sup>Ba</sup>
PYSNC	L*	57,5 ± 0,30 <sup>Ac</sup>	58,0 ± 0,92 <sup>Ac</sup>	58,0 ± 0,45 <sup>Ac</sup>
	a*	7,4 ± 0,50 <sup>Bc</sup>	7,1 ± 0,45 <sup>Ab</sup>	7,18 ± 0,14 <sup>Ab</sup>
	b*	36,3 ± 0,50 <sup>Bc</sup>	34,4 ± 1,06 <sup>Ac</sup>	35,0 ± 0,50 <sup>Ab</sup>
PYL	L*	47,6 ± 0,20 <sup>Aa</sup>	51,4 ± 0,68 <sup>Ba</sup>	52,4 ± 0,80 <sup>Ca</sup>
	a*	9,4 ± 0,50 <sup>Cb</sup>	7,60 ± 0,36 <sup>Bc</sup>	7,10 ± 0,29 <sup>Ab</sup>
	b*	22,9 ± 0,42 <sup>Aa</sup>	27,7 ± 0,35 <sup>Bb</sup>	29,7 ± 1,57 <sup>Ca</sup>

Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el almacenamiento para cada PY se indican con distintas letras mayúsculas (filas), y para cada parámetro entre los PY se indican con distintas letras minúsculas

Al analizar individualmente cada PY, se puede observar que los distintos parámetros presentaron diferencias significativas a lo largo del almacenamiento. De igual manera, al analizar cada parámetro entre los diferentes PY, se pueden observar diferencias significativas en sus valores. Esto indicaría que tanto los diferentes procesos empleados, como así también el almacenamiento producen un cambio significativo en el color de los PY estudiados. Por otra parte, en la **Figura 6** se muestra la diferencia de color ( $\Delta E$ ) percibida en los tres PY a lo largo del almacenamiento.

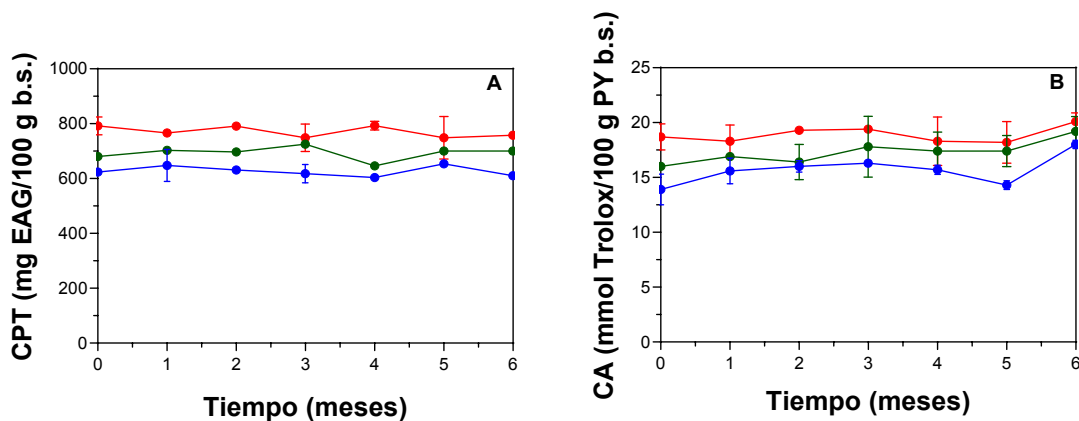


**Figura 6:** Diferencia de color ( $\Delta E$ ) percibida en los tres PY a lo largo del almacenamiento PYSC (●), PYSNC (●) and PYL (●)

El color mostró un cambio significativo durante el almacenamiento, evidenciando una variación de  $\Delta E$  considerable en los tres PY. Por otra parte, el mayor cambio se observó en el transcurso del primer mes de almacenamiento y a partir de allí el  $\Delta E$  se

mantuvo relativamente constante. Esta variación indicaría que el cambio de color producido podría ser percibido sensorialmente por el ojo humano, lo cual podría limitar la vida útil de los diferentes PY, sin embargo, dependerá de cómo dicho cambio impacta en los consumidores.

Por otra parte, en la **Figura 7** se muestra el contenido de CPT (**Figura 7A**) y la CA (**Figura 7B**) de los diferentes PY a lo largo del almacenamiento.



**Figura 7:** CPT (A) y CA (B) de los diferentes PY a lo largo del almacenamiento PYSC (●), PYSNC (●) and PYL (●)

Se puede observar que para cada PY, los valores de estas propiedades no presentaron diferencias significativas y se mantuvieron constantes, lo cual sugiere una buena retención de las propiedades funcionales a lo largo del almacenamiento. Como era esperable, en los PY recién elaborados (tiempo 0), el PYL presentó valores de CPT y CA significativamente mayores con respecto a los polvos obtenidos empleando altas temperaturas.

### Determinación del consumo de energía de los diferentes

Para determinar el consumo de energía de los tres procesos de deshidratación, se consideró el consumo de energía individual de cada equipo utilizado para obtener los diferentes polvos de yatay y las horas de uso. Dado que el liofilizador está compuesto por la cámara de secado y la bomba de vacío y también requiere muchas horas de uso, se esperaba que fuera el equipo con el mayor consumo de energía (120 Kw). Por otro lado, el deshidratador y el horno eléctrico tienen un bajo consumo de energía; sin embargo, el deshidratador requiere menos horas de uso, lo que significa que su consumo total de energía es menor (0,48 Kw) en comparación con el horno eléctrico (22,8 kW).

### Conclusiones

#### En cuanto a la obtención de los polvos de yatay:

- La obtención de un polvo de yatay resulta una buena alternativa para darle una utilidad al residuo resultante de la producción de jugo de yatay, el cual para los emprendedores locales constituye una problemática.

- Los productos obtenidos por los tres métodos de deshidratación presentan un gran potencial para su uso como ingrediente en la industria alimentaria. La baja actividad de agua de los polvos hace que este material presente una mayor estabilidad y vida útil respecto al residuo.
- El elevado contenido de fibra podría perfilar a los PY como un buen ingrediente para el desarrollo de alimentos fuente y/o de alto contenido en este componente.
- El empleo de altas temperaturas repercutió sobre diferentes propiedades de los polvos modificando el color y reduciendo los valores de las propiedades funcionales de los mismos debido a, como se mencionó anteriormente, la producción de reacciones no deseables y la degradación de compuestos de interés.
- El PYL fue el que mantuvo más eficientemente las características funcionales y el color respecto al residuo en comparación con los dos métodos restantes.

#### **En cuanto al estudio de almacenamiento de los PY:**

- El contenido de agua y la actividad de agua se incrementaron, alcanzando valores máximos a los cuatro meses de almacenamiento. Estos cambios podrían modificar las características físicas del producto y limitar su estabilidad.
- El color se modificó durante el almacenamiento mostrando un cambio de  $\Delta E$ . El PYL presentó un cambio de color significativamente mayor en comparación con los otros dos PY. Este cambio podría ser percibido sensorialmente por el ojo humano y limitar la vida útil del PYL.
- Los PY mostraron una elevada retención de compuestos bioactivos luego del almacenamiento, indicando que la vida útil de estos productos no estaría limitada por el deterioro funcional de los mismos.

#### **En cuanto a los diferentes procesos de deshidratación:**

- » Los tres procesos de deshidratación estudiados permitieron obtener polvos de yatay con buenas características fisicoquímicas y funcionales.
- » Desde el punto de vista de la transferencia efectiva de estos procesos a los pequeños productores se puede mencionar lo siguiente:
  - La liofilización (PYL), sería el proceso menos factible debido al costo del equipamiento y del proceso propiamente dicho.
  - En cuanto al secado no convectivo (PYSNC), si bien los pequeños productores podrían tener acceso a un horno eléctrico fácilmente, el proceso para obtener el polvo de yatay requiere un gran tiempo de deshidratación que podría presentarse como una dificultad para los mismos.
  - Finalmente, el secado convectivo (PYSC), resultaría el proceso más adecuado para la obtención del polvo de yatay. El equipo necesario podría ser de fácil adquisición por parte de los pequeños productores. A temperatura moderada y tiempo relativamente corto (65°C - 6 h) se logró obtener un PY con buenas propiedades fisicoquímicas y funcionales.

## Indicadores de producción

### Premios y distinciones

Distinción a la mejor presentación oral por su trabajo: Comparación de diferentes métodos de deshidratación en la obtención de polvos de yatay. Análisis de sus características fisicoquímicas y funcionales

### Presentaciones a congresos internacionales

- 1- Presentación formato póster y oral en las 30 Jornadas de Jóvenes Investigadores AUGM-UNA. Trabajo: Comparación de diferentes métodos de deshidratación en la obtención de polvos de yatay. Análisis de sus características fisicoquímicas y funcionales.
- 2-Presentación formato póster en el I Congreso Iberoamericano de Alimentos 4.0: Aplicaciones en Gastronomía y Agroindustria. Trabajo: Estabilidad de los parámetros fisicoquímicos y funcionales de un polvo de yatay durante el almacenamiento a 25°C
- 3-Presentación en formato póster en la 5th Electronic Conference on Foods. The Future of Technology, Sustainability, and Nutrition in the Food Domain. Trabajo: Use of agro-industrial waste for the development of a snack with an improved nutritional profile

## Bibliografía

- Accattoli, C., Salazar Martínez, A. y Martínez, P. (2015). Oribátidos (Acari: Oribatida) de Bosques de Yatay (*Butia yatay*), Entre Ríos, Argentina. ISSN 1851-7471 (en línea) *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74 (3-4): 173-179.
- Alqah, H., Hussain, S., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Qasem, A. A., Ibraheem, M. A., & Shehzad, A. (2023). Effect of Germinated Sorghum Extract on the Physical and Thermal Properties of Pre-Gelatinized Cereals, Sweet Potato and Beans Starches. *Molecules*, 28(20), 7030.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2005). *Official methods of analysis*. Arlington, VA, USA: 2005, 18th ed.
- Archaina, D., Leiva, G., Salvatori, D., Schebor, C. (2018). Physical and functional properties of dried powders from blackcurrant juice and extracts obtained from the waste of juice processing. *Food Science and Technology International*, 24(1): 78-86. DOI: 10.1177/1082013217729601.
- Archaina, D., Vasile, F., Jiménez-Guzmán, J., Alamilla-Beltrán, L, Schebor, C. (2019). Physical and functional properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract spray-dried with maltodextrin-gum arabic mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation*. DOI: 10.1111/jfpp.14065.
- Babbar, N., Oberoi, H. S., Uppal, D. S., Patil, R. T. (2011). Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. *Food Research International*, 44(1): 391-396.
- Boeing, J. S., Barizão, É. O., Rotta, E. M., Volpato, H., Nakamura, C. V., Maldaner, L., & Visentainer, J. V. (2020). Phenolic compounds from *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick fruit and its antioxidant and antitumor activities. *Food Analytical Methods*, 13, 61-68.

- Busso-Casati, Cl., y Baeza, R. (2016). Estabilidad de polifenoles y caracterización físico-química y sensorial en pulpas de frutos rojos en relación a los procesos tecnológicos para la obtención de alimentos e ingredientes alimenticios. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia y Bioquímica UBA. Facultad de Ciencias Agrarias Pontificia Universidad Católica Argentina. Buenos Aires.
- Código Alimentario Argentino. Ministerio de Salud y Desarrollo Social – ANMAT. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>.
- El papel del Calcio y la Vitamina D en la Salud Osea y más allá” – CESNI. Disponible en: <https://cesni-biblioteca.org/wpcontent/uploads/2018/11/LIBRO-CalcioyvitaminaD.pdf>
- Embuscado, M. E. (2015). Spices and herbs: Natural sources of antioxidants—a mini review. *Journal of functional foods*, 18, 811-819.
- Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (2°) - Indicadores priorizados. Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/2deg-encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud-indicadores-priorizados>
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nemati, A. (2019). Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*. doi:10.1007/s11694-019-00334-x v.
- Ferreira, MSL., Santos, MCP., Moro, TMA., Basto, GJ., Andrade, RMS., Gonçalves, ÉCBA. (2013). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of FoodScience and Technology*, 52(2), 822–830.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91(3): 395–401.
- Gregg, S. J. & Sing K. S. W. (1982). Adsorption, Surface Area and Porosity. (2nd.ed.). Academic Press.
- Hoffmann, J.F., Barbieri, R.L., Rombaldi, C.V., & Chaves, F.C. (2014). *Butia* spp. (Arecaceae): An overview. *Scientia Horticulturae*, 179, 122131. doi:10.1016/j.scienta.2014.08.011.
- Hoffmann, JF., Carvalho, IR., Barbieri, RL., Rombaldi, CV., Chaves, FC. (2017). *Butia* spp. (Arecaceae) LC-MS-based metabolomics for species and geographical origin discrimination. *Journal of Agricultural and FoodChemistry*, 65(2), 523–532.
- Irigoytia, M.B., Irigoytia, K., Sosa, N., de Escalada Pla, M., Genevois, C. (2022). Blueberry by-product as a novel food ingredient: physicochemical characterization and study of its application in a bakery product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. DOI: 10.1002/jsfa.11812.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of in-stant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>.
- Lewicki, P. P. (2009). Data and models of water activity. II: Solid foods. *Food properties handbook*, 2.
- Mir-Marqués, A., Domingo, A., Cervera, M. L., & de la Guardia, M. (2015). Mineral profile of kaki fruits (*Diospyros kaki* L.). *Food chemistry*, 172, 291-297.
- Organización Mundial de la Salud (2018). Alimentación sana. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.

- Pereira-Faria, J., Barrera Arellano, D., Grimaldi, R., Carvalho Ramos da Silva, L., Fontes Vieira, R., Barbosa da Silva, D. y Silveira Agostini-Costa, T. (2008). Caracterização química da amêndoa de coquinho-azedo (*Butiacapitatavarcapitata*). [En línea]. En: *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(2):549-552.
- Ranjha, M.M.A.N., Irfan, S., Nadeem, M., & Mahmood, S. (2020). A Comprehensive Review on Nutritional Value, Medicinal Uses, and Processing of Banana. *Food Reviews International*, 1-27.
- Riya, MP., Antu, KA., Vinu, T., Chandrakanth, KC., Anilkumar, KS., Raghu, K. G. (2013). An in vitro study reveals nutraceutical properties of *Ananas comosus* (L.) Merr. var. Mauritius-fruit residue beneficial to diabetes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5): 943-950.
- Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., Leiva, G., Baldi Coronel, B., & Schebor, C. (2020). Development of healthy gummy jellies containing honey and propolis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), 1030-1037.
- Roberta, MSA., Mariana, SLF., Édira, CBAG. (2014). Functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables. *International Food Research Journal*, 21(4): 1675-1681.
- Rockett, F. C. (2020). Avaliação físico-química, nutricional e de compostos bioativos de sete frutas nativas da Região Sul do Brasil.
- Rosa, L., Castellani, T., Reis, A. (1998). Biología reproductiva de *Butia capitata* (Martius) Beccarivar. *odorata* (Palmae) na restinga do município de Laguna, SC. *Revista Brasileira de Botânica*. São Paulo, v. 21. n. 3, p.281-287.
- Sadowska, A., Świdorski, F., Rakowska, R., & Hallmann, E. (2019). Comparison of quality and microstructure of chokeberry powders prepared by different drying methods, including innovative fluidised bed jet milling and drying. *Food Science and Biotechnology*. doi:10.1007/s10068-019-00556-1.
- Sette, P., Fernandez, A., Soria, J., Rodriguez, R., Salvatori, D., & Mazza, G. (2020). Integral valorization of fruit waste from wine and cider industries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118486.
- Sganzerla, M. (2010). Dissertação Caracterização físico- química e capacidade antioxidante do butiá. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Departamento de Ciência e Tecnologia Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.
- Simarelli, M. (2007). Frutas nativas compõem o acervo riquíssimo da biodiversidade brasileira, que o fruticultor pode ajudar a preservar. *Frutas e derivados*. Año 2, Ed. 8, 33-35.
- Song, J., Wei, Q., Wang, X., Li, D., Liu, C., Zhang, M., & Meng, L. (2018). Degradation of carotenoids in dehydrated pumpkins as affected by different storage conditions. *Food Research International*, 107, 130-136.
- Sosa, N. (2018). Composición química del yatay: Desarrollo de productos regionales con valor agregado. II Encuentro Internacional de la Red Palmar. Organizado por Aurora del Palmar, Entre Ríos, Argentina. (Disertante).
- Swaminathan, S., Sowriappan, J.D.B., Sneha, F., & Malela, S. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016>.
- Zanutini, MS., Pisarello, ML., Querini, CA. 2014. Butiatay coconut oil: Process development for biodiesel production and kinetics of esterification with ethanol. *Energy conversion and management*, 85, 407-416.

**PID 9133**

**Denominación del Proyecto**

Estudio del efecto de diferentes métodos de deshidratación en la obtención de un polvo rico en fibra a partir de un residuo del fruto Butia yatay

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Bromatología

**Cátedra, área o disciplina científica**

Tecnología de los alimentos

**Contacto:** [diego.archaina@uner.edu.ar](mailto:diego.archaina@uner.edu.ar)

**Integrantes del proyecto**

**Director**

Archaina, Diego Alberto

**Codirector**

Rivero, Roy Cristian

**Integrantes internos/docentes UNER**

Sosa, Natalia; Diaz, María Florencia; Sánchez, Renzo. Becario: González, Marcos.

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

01/03/2023 y 28/02/2025

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 273/25 (29-08-2025)