



# Influencia del proceso de secado convectivo en el contenido de antocianinas, compuestos fenólicos totales, capacidad antimicrobiana y antioxidante en frutillas (*Fragaria annanasa* var. San Andrea)

Influence of convective drying process on the content of anthocyanins, total phenolic compounds, antimicrobial and antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria annanasa* var. San Andrea)

Presentación: 14/08/2023

Aprobación: 17/11/2023

## **Julia Luisetti**

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
julialuisetti88@gmail.com

## **María Florencia Balzarini**

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
mafbalzarini@gmail.com

## **María Agustina Reinheimer**

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
areinheimer@ucel.edu.ar

## **Fernando Stoppani**

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
fstoppani2000@yahoo.com.ar

## **María Cristina Ciappini**

Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos, Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina  
mcciappini@frro.utn.edu.ar

## Resumen

La frutilla (*Fragaria ananassa*) posee compuestos bioactivos de interés nutricional y elevada actividad antioxidante, que pueden conferir importantes beneficios a la salud humana. Sin embargo, son productos altamente perecederos. El objetivo de este trabajo fue deshidratar frutillas por secado convectivo, para extender su vida útil. Se ensayaron tres temperaturas del aire de secado: 60°, 70° y 80 °C y una velocidad de 0,7 m/s. Para caracterizar las harinas obtenidas, se midió el color, la capacidad antimicrobiana y antioxidante, el contenido de antocianinas y de compuestos fenólicos totales (CPT), en extractos hidroalcohólicos generados por agitación. La harina de frutillas obtenida conservó o incrementó el contenido de CPT y la capacidad antioxidante, particularmente cuando la materia prima se deshidrató a 70 °C. El contenido de antocianinas disminuyó y el color también fue modificado. Se evidenció la potencialidad de las harinas de frutillas para su aprovechamiento como ingrediente en la formulación de alimentos, por sus aportes de compuestos bioactivos.

**Palabras claves:** frutillas, secado, color, antocianinas, DPPH, CPT

## Abstract

The strawberry (*Fragaria ananassa*) has bioactive compounds of nutritional interest and high antioxidant activity, which bestows important benefits to human health. However, they are highly perishable products. The objective of this work was to dehydrate strawberries by convective drying, to extend their useful life. Three drying air temperatures were tested: 60°, 70° and 80 °C and a speed of 0.7 m/s. To characterize the flours obtained, the color, antimicrobial and antioxidant capacity, the content of anthocyanins and total phenolic compounds (CPT) were measured in hydroalcoholic extracts, generated by shaking. The strawberry flour obtained preserved or increased the CPT content and the antioxidant capacity, particularly when the raw material was dehydrated at 70 °C. The anthocyanin content decreased and the color was also modified. The potential of strawberry flours for its use as an ingredient in food formulation was evidenced, due to its contributions of bioactive compounds.

**Keywords:** strawberries, dried, color, anthocyanins, DPPH, CPT

## Introducción

Las frutas y las hortalizas son productos altamente perecederos; usualmente, hasta un 50 % de la producción anual se pierde debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte, sumándose las inadecuadas condiciones de traslado (Alvarado Choez, 2021; Xu et al., 2022). Las frutas pierden su consistencia y frescura características, requeridas no solo para el consumo directo sino también para la elaboración de pulpas y jugos (Pilco Carrasco, 2017). En el caso de las frutillas, pérdidas mayores al 5 % de humedad hacen que la fruta no conserve la supervivencia comercial, provocan un descenso importante de la calidad sensorial, al afectar la apariencia y la textura del fruto, y una disminución en la calidad nutricional. Estos cambios se inician después de tres horas de ocurrida la cosecha, pero son más notorias a partir del tercer día (Becerra et al., 2013).

Las frutillas (*Fragaria ananassa*) son altamente apreciadas por sus características sensoriales de color, aroma y sabor. Por otra parte, poseen compuestos bioactivos de interés

nutricional y elevada actividad antioxidante, que pueden conferir importantes beneficios a la salud humana (Ferreya et al., 2007). Diversos estudios muestran que el consumo de frutillas inhibe bacterias patógenas, tales como *Salmonella* y *Staphylococcus* (Badjakov et al., 2008), presenta acción anticarcinógena (Cantillano et al., 2012) y anticoagulante (Olsson et al., 2007) y reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Erlund et al., 2008). Entre los fitoquímicos responsables de estas acciones, se incluyen compuestos fenólicos tales como las antocianinas, quercitina, pro-antocianidinas, taninos hidrolizados y otras moléculas relacionadas con los flavonoides (Ondarza-Beneitez y Ciapara-Higuera, 2016). Además, contienen vitamina C, B, K, carotenos, pectinas y ácidos fenólicos, principalmente ácido eláxico (Krzykowski et al., 2020; Odriozola, 2009). La actividad antioxidante de los frutos se relaciona directamente con la especie y la variedad. Peña Varela et al. (2006) encontraron que el contenido de antocianinas totales y la actividad antioxidante en frutillas están influenciados por el grado de maduración de la fruta, la que a su vez se relaciona con su color. Las antocianinas son un grupo de compuestos fenólicos responsables del color rojo azulado de muchas frutas y verduras. Pelargonidina-3-glucósido, cianidina-3-glucósido y pelargonidina-3-rutinosido son las principales antocianinas que se encuentran en las frutillas, las cuales son responsables de su color rojo brillante (Crecente-Campo et al., 2012).

El secado es una alternativa para prolongar la utilización de las frutillas, reduciendo las pérdidas poscosecha de biocompuestos (Hasna et al., 2022) y facilitando el transporte, por reducción de costos. A su vez, se puede contar con materia prima disponible todo el año (Radojčin et al., 2021). Hay diversos métodos para llevar a cabo esta operación, tales como el secado convectivo, por la acción de microondas, deshidratación osmótica con o sin ultrasonido y el secado al vacío (Bruijn y Bórquez, 2014). Sin embargo, a nivel industrial el secado convectivo termina siendo la opción de menor costo operativo y de inversión.

Al igual que la fruta fresca, las frutillas deshidratadas pueden utilizarse como ingredientes para helados, panificados, yogur, formulación de bebidas, mezclas para desayunos, entre otros variados usos posibles (Muzaffar et al., 2018). Podrían ofrecer también una alternativa en el mercado de alimentos probióticos (Oliveira et al., 2021).

Sin embargo, el proceso de secado puede originar modificaciones sensoriales, como cambios en el color y sabor, contracción, modificaciones en su capacidad antioxidante y en el contenido de otros compuestos beneficiosos para la salud (Hasna et al., 2022).

Masciarelli et al. (2007) estudiaron la capacidad antioxidante de harina de frutillas obtenida luego del secado de los frutos a diferentes temperaturas. Observaron que los mayores contenidos de fenoles totales se encontraron a temperaturas de secado entre 60° y 80 °C, decreciendo en cambio a temperaturas cercanas a 100 °C.

Considerando la necesidad de prolongar la vida útil de las frutillas, incluyendo la recuperación de aquellas que han superado su vida útil sensorial y ya no pueden consumirse en forma directa o en la elaboración de jugos y pulpas, y con el fin de aprovechar sus atributos nutricionales, el objetivo de este trabajo fue deshidratar frutillas por secado convectivo y evaluar la modificación en la capacidad antioxidante, el color y el contenido de compuestos fenólicos en harina de frutillas obtenida por la molienda de la fruta deshidratada, bajo distintas condiciones operativas de secado, para ser utilizadas como ingrediente nutracéutico.

## Materiales y métodos

El material empleado consistió en frutillas (*Fragaria ananassa* var. San Andrea) cosechadas

en agosto de 2021. El material vegetal fue provisto por un productor ubicado en Coronda (O60°42'0" - S31°37'59,99", Santa Fe, Argentina). Las frutillas fueron despalilladas, lavadas con agua potable y fileteadas en láminas de 2 mm de espesor y tamaño uniforme, cortándolas manualmente en forma paralela al eje principal.

### Experiencias de secado

Las láminas de frutillas se secaron a 60°, 70° y 80°C en un secadero con circulación forzada de aire (Tecno Dalvo, Modelo CHC/F/I, Argentina), con un ventilador centrífugo ajustable, resistencias eléctricas, filtro de aire, bandejas de malla de acero inoxidable y controlador de temperatura proporcional. La velocidad de aire se midió con un anemómetro de sonda de molinete, con una precisión de  $\pm 0,03$  m/s, y fue igual a 0,7 m/s.

Los pesos del producto parcialmente deshidratado se obtuvieron por pesada discontinua, con una balanza digital de precisión  $\pm 0,01$  gramo y se midieron por triplicado. Los resultados se expresaron como Humedad [g de agua /100 g de material (b.h.)] y se representaron en función del tiempo de secado. El tratamiento térmico se aplicó hasta alcanzar la humedad de equilibrio (McMinn et al., 2005; Rayaguru y Routray, 2012).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_h} \cdot 100 \quad (1)$$

Dónde: Ph: peso húmedo de la muestra, Ps: peso seco de la muestra

El producto deshidratado obtenido a las distintas temperaturas, se molió en un molino de cuchillas (IKA Works, Wellmington, EEUU), para obtener una harina que pase por malla 50 (289  $\mu$ m). El producto de la molienda se guardó en recipientes herméticos en un lugar seco y en la oscuridad, para su posterior utilización.

### Caracterización de las harinas

#### a) Determinación del color

Se utilizó el software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA), una cámara digital calibrada para la captación de las imágenes, en una cabina de medición de color GTI Mini Matcher (GTI Graphic Technology, NY, EEUU), que permitió establecer las condiciones de iluminación requeridas. Esto permitió obtener imágenes en coordenadas CIE-L\*a\*b\*, siendo L\*, luminosidad (0 = negro y 100 = blanco); a\*, color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y b\*, color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos). También se calculó el valor de la diferencia de color  $\Delta E$  (Ecuación 2), que se usa para expresar la magnitud de la diferencia de color entre las muestras y una muestra de control, en este caso las frutillas frescas (Pathare et al., 2013).

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^{*0})^2 + (a^* - a^{*0})^2 + (b^* - b^{*0})^2} \quad (2)$$

#### b) Obtención de extractos hidroalcohólicos

Para la caracterización de estas harinas se obtuvieron extractos hidroalcohólicos, mediante agitación. Se utilizó una relación peso de harina de frutillas (g): volumen de solvente

(ml) igual a 1:40. Estas condiciones fueron determinadas en ensayos previos y se seleccionaron como óptimas (Bonaldi, 2020).

Se pesaron 10 gramos de harina y se llevaron a un recipiente con 400 ml de mezcla hidroalcohólica al 60% [etanol: agua; 60:40]. El tiempo de extracción fue de 30 minutos y se empleó un extractor batch con agitación continua y agitador de paleta (Dlab OS20-S), sumergido en un baño termostático (Lauda, Alpha A6, Alemania) a 40°C. La velocidad de agitación fue de 70 rpm. Los extractos se filtraron y almacenaron en recipientes opacos a  $-18 \pm 1$  °C, para las determinaciones que se detallan a continuación:

### **Determinación de compuestos fenólicos totales (CPT)**

Se utilizó el reactivo de Folin Ciocalteu (Waterhouse, 2003). El método se basa en la oxidación de los compuestos polifenólicos a fenolatos en medio alcalino, formando un complejo de molibdeno-tungsteno de color azul, cuya presencia se mide a 765 nm por espectrofotometría. Se utilizó un espectrofotómetro (Shimadzu UV-1800, Japón). Los resultados se expresaron como miligramos de ácido gálico por cada 100 g de harina [mg de AGE/100 g de harina].

### **Determinación de antocianinas totales**

La determinación de antocianinas totales se realizó según el método propuesto por Di Stefano et al. (1989), con modificaciones. Se empleó una solución de etanol/agua/ácido clorhídrico concentrado, en proporción 70:30:1, respectivamente. Se midió la absorbancia de las muestras a 540 nm con un espectrofotómetro (UV-1800, Shimadzu, Japón). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de malvidin-3-glucósido por 100 g de harina [mg de MGE/100 g de harina].

### **Determinación de la capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante de los extractos de harina de frutilla, se evaluó según el método propuesto por Shimada et al. (1992). A 1 ml de extracto, se le agregaron 5 mL de solución de difenil picrilhidracilo (DPPH-) 0,1 mM recién preparada. Se agitó con vórtex y se almacenó por 50 min en la oscuridad. Se midió la absorbancia a 517 nm, con un espectrofotómetro (UV-1800, Shimadzu, Japan). Todas las muestras se analizaron por triplicado. Los resultados se presentaron como el valor promedio y se expresaron como Trolox Equivalente por 100 gramos de harina [mg de TE/100 g de harina], utilizando una curva de calibración a partir de soluciones estándar de Trolox.

### **Determinación de la capacidad antimicrobiana**

Se procedió a la determinación de halo de inhibición por el Método de difusión en agar según el National Committee for Clinical Laboratory Standards (2012), modificado. Se ensayaron dos microorganismos: *Escherichia coli*, con una concentración inicial igual a  $1,2 \times 10^8$  UFC/mL, y *Stafilococcus aureus*, con una concentración inicial igual a  $1,0 \times 10^7$  UFC/mL.

### **Tratamiento de las frutillas frescas**

Láminas de frutillas frescas se trataron en un homogeneizador IKAT25/NK-19G (IKA Works, Wellmington, EEUU), obteniendo una pulpa de frutillas, que se empleó para medir el color.

Esta frutilla procesada también se utilizó para la obtención de extractos hidroalcohólicos,

pesando aproximadamente el equivalente a 10 g de fruta anhidra. Se consideró el agua aportada por las frutillas frescas para la preparación de la mezcla extractiva de alcohol: agua y se procedió de la misma manera que ya se explicara para la obtención de extractos hidroalcológicos obtenidos a partir de las harinas.

### Optimización de la temperatura de secado

A los fines de establecer la temperatura óptima de secado que permita obtener harina de frutillas con alto contenido de CPT y capacidad antioxidante, se analizaron las superficies de respuesta para ambos atributos, en función de la temperatura de secado. Para ello, se ajustaron ambas respuestas a un modelo matemático de segundo orden por medio de Minitab 19 (Minitab Statistical Software, Pennsylvania, USA).

### Análisis estadístico

Los resultados se informaron como promedio de ensayos triplicados con su desviación estándar. Mediante la aplicación del Software Info Stat Statistical (Di Rienzo et al., 2008), se realizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) y, cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, se realizó un Test de Tuckey, para  $p < 0,05$ .

## Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la pulpa de frutillas frescas y las harinas obtenidas por secado de láminas de frutillas a 60 °C, 70 °C y 80 °C.

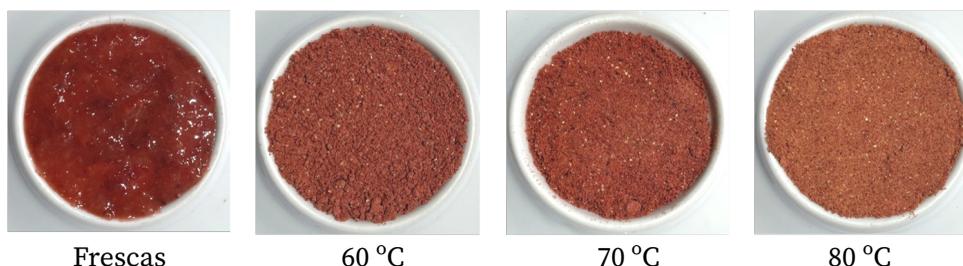


Fig. 1. Pulpa de frutillas frescas y harina de frutillas deshidratadas a 60 °C, 70 °C y 80 °C.

### Experiencias de secado

En la Figura 2 se presentan los perfiles experimentales del contenido promedio de humedad para las temperaturas de secado ensayadas. A mayores temperaturas del aire de secado, se observan tiempos de secado más cortos y velocidades de secado más altas.

La humedad inicial de las frutillas fue igual a 92,3 g de H<sub>2</sub>O/100 g de frutillas (b.h.). Los tiempos necesarios para alcanzar la humedad de equilibrio fueron iguales a 550, 460 y 360 minutos, para 60°, 70° y 80 °C, respectivamente, resultando ligeramente inferiores a los tiempos informados por Doymaz (2008), para sus ensayos de secado de frutilla por secado convectivo. En cambio, los tiempos determinados en este ensayo fueron superiores a los valores informados por Krzykowski et al. (2020), debido probablemente a las diferentes velocidades del aire de secado utilizadas en cada experiencia.

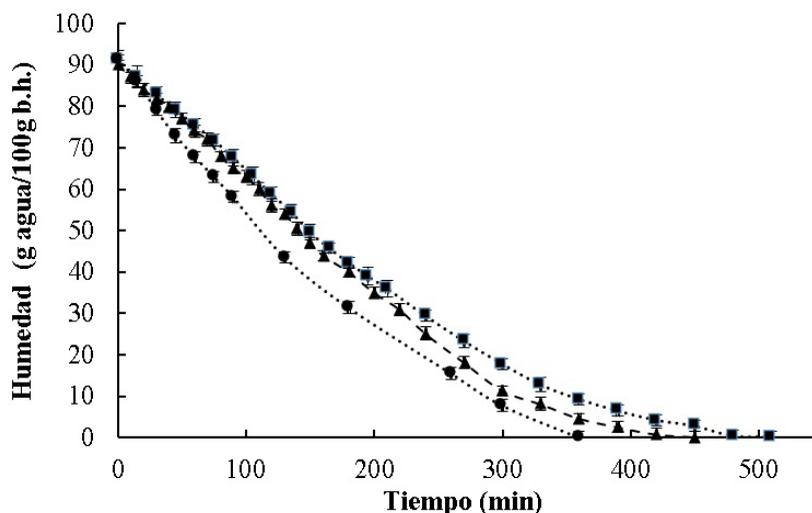


Fig. 2. Variación del contenido de humedad con el tiempo de secado para láminas de frutillas a las tres temperaturas de secado ensayadas: ■ 60 °C, ▲ 70 °C y ● 80 °C.

### Color de las harinas

El color es un atributo sensorial de gran importancia en un producto alimenticio, ya que es uno de los primeros parámetros observados por el consumidor e influye en sus preferencias. En las frutillas, el consumidor espera un color predominantemente rojo (Levate-Macedo et al., 2021).

La Tabla 1 muestra los valores de las variables colorimétricas obtenidas, para la fruta fresca y para las harinas de frutillas tratadas, a las tres temperaturas de secado propuestas. Ivars y Mora (2020) determinaron los parámetros de calidad poscosecha en las variedades de frutillas Albión, San Andrea y Aromas. Hallaron para el parámetro  $L^*$  valores de  $32,8 \pm 3,0$ ;  $33,7 \pm 2,8$  y  $31,5 \pm 2,8$ ; para  $a^*$  34,62; 36,22 y 31,43 y para  $b^*$  18,18; 19,42 y 16,06, respectivamente. Por su parte, Peña Varela et al. (2006) informaron valores de  $L^*$  iguales a  $24,67 \pm 0,28$  y  $30,10 \pm 0,48$ , para frutillas variedad *Autumn Bliss* maduras, en coincidencia con los resultados registrados en este trabajo.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
Frescas	$25,62 \pm 4,62^a$	$28,85 \pm 1,02^a$	$17,74 \pm 1,03^a$	-
60 °C	$35,62 \pm 5,96^b$	$23,60 \pm 2,60^b$	$24,47 \pm 2,78^b$	13,15
70 °C	$38,89 \pm 6,63^b$	$21,65 \pm 2,20^{b,c}$	$24,33 \pm 2,55^b$	16,47
80 °C	$35,48 \pm 5,08^b$	$20,27 \pm 1,61^c$	$26,77 \pm 2,65^b$	15,89

Letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos

Tabla 1. Variables colorimétricas obtenidas para frutillas frescas y para harinas de frutillas deshidratadas a las tres temperaturas de secado ensayadas

Tal como se observa en los resultados obtenidos en estos ensayos, en todos los trabajos publicados sobre secado por convección de frutillas, se informaron modificaciones en el color, probablemente producidos por la pérdida de antocianinas, que son compuestos inestables (Krzykowski et al., 2020; Levate-Macedo et al., 2021). Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los tres parámetros entre la muestra sin tratar y las deshidratadas a las tres temperaturas de operación. Mientras que para  $a^*$ , además, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras tratadas a  $60^\circ$  y  $80^\circ\text{C}$ , observándose una tendencia decreciente de este parámetro con el aumento de la temperatura de proceso. Estas modificaciones en el color podrían utilizarse como parámetro de control para la operación de secado.

Puede observarse que las muestras deshidratadas presentan mayores valores de  $L^*$  que las frutillas frescas, lo que indicaría que la reacción de pardeamiento enzimático o no-enzimático no ha ocurrido excesivamente (Mierzwa y Kowalski, 2016). Similar comportamiento fue informado en los trabajos de Shrivastav et al. (2021), Núñez-Mancilla (2013), Askari et al. (2009) y Sadilova et al. (2007). También es probable que el contenido de agua de las frutillas frescas haya afectado el valor de este parámetro (Krzykowski et al., 2020). Méndez-Laguna et al. (2017) reportaron un aumento del 7% en el valor de  $L^*$  cuando calentaron un extracto de frutillas a  $95^\circ\text{C}$  y pH 3,5, durante 6 h.

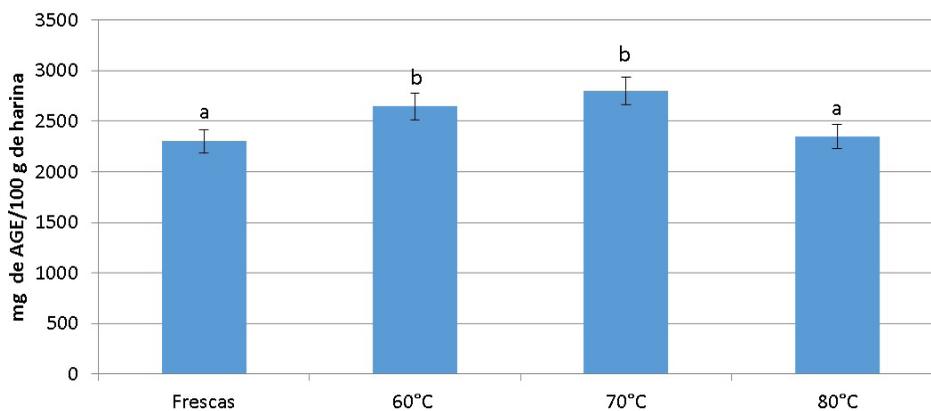
Al calcular las diferencias en el color, mediante la Ecuación (2), los resultados obtenidos en este trabajo pueden considerarse como “muy distintos”, de acuerdo a la clasificación propuesta por Pathare et al. (2013). Este autor considera que las diferencias en el color se pueden clasificar como: muy distintas ( $\Delta E > 3$ ), distintas ( $1,5 < \Delta E < 3$ ) y pequeñas diferencias ( $1,5 < \Delta E$ ). De los valores obtenidos, puede observarse que el cambio total de color,  $\Delta E$ , fue menor durante el secado por convección a la menor temperatura ensayada, tal como reporta Krzykowski et al. (2020).

La exposición al calor puede provocar reacciones químicas responsables de cambiar el color de los alimentos por la degradación de pigmentos sensibles, como es el caso de las antocianinas presentes en las frutillas, al pardeamiento no enzimático o al pardeamiento enzimático (Levate-Macedo et al., 2021). Este último es producido por la oxidación de compuestos fenólicos (por ejemplo, antocianinas y carotenos) y la actividad de la enzima polifenol oxidasa, que estimula la producción de melaninas o-quinonas; mientras que el pardeamiento no enzimático es el resultado de la oxidación del ácido ascórbico, la caramelización o las reacciones de Maillard. El pardeamiento se acelera cuando el contenido de agua es intermedio, mientras que disminuye al final del secado (Zielinska y Michalska, 2016). Para el primer caso, tratamientos previos antes del secado de la fruta (por ejemplo, microondas, óhmicos, radiofrecuencia, escaldado al vapor, tratamiento térmico asistido por ultrasonidos) puede inactivar las enzimas oxidativas y evitar la aparición de efectos indeseables. Los cambios de color provocados por la caramelización y el pardeamiento no enzimático también podrían ser relacionados con el alto contenido de hidratos de carbono, especialmente glucosa y fructosa, que contiene la fruta. Estos azúcares reductores podrían sufrir la reacción de Maillard al reaccionar con compuestos amino durante el secado, debido a la exposición a altas temperaturas (Calín- Sánchez et al., 2020).

Los métodos de deshidratación deben ser diseñados para acelerar el tiempo de secado. En general, el secado por convección produce importantes pérdidas de color y sería necesario combinar tecnologías emergentes, que limiten estas alteraciones al reducir el calor. Szadzinska et al. (2016), por ejemplo, informaron que el mejor producto seco desde el punto de vista del color fue obtenido después del secado convectivo de frutillas, seguido por ultrasonido ( $\Delta E = 12,23 \pm 1,22$ ).

### Contenido de compuestos fenólicos totales (CPT)

Los CPT obtenidos a partir de fruta fresca y de fruta deshidratada a las temperaturas ensayadas, se muestran en la Figura 3.



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.  
Las barras sobre cada columna indican el desvío estándar de tres determinaciones.

Fig.3. Contenido de compuestos fenólicos totales (CPT) de los extractos de pulpa de frutillas frescas y de harinas de frutillas deshidratadas a 60 °C, 70 °C y 80 °C.

El contenido de compuestos fenólicos totales en la frutilla fresca fue similar al informado por Krzykowski et al. (2020), quienes detectaron contenidos de 2050 mg AGE/100 g harina (b.s.) para frutilla de la variedad *Fragaria vesca* L. En cambio, fue superior al informado por Cantillano et al. (2012), quienes encontraron CPT iguales a 1130 mg AGE/100 g de frutilla, para la variedad Camino Real, y de 1250 mg AGE/100 g de frutilla, para la variedad Camarosa. También superaron los valores informados por Rekika et al. (2005), quienes encontraron valores entre 424,5 y 937,1 mg AGE/100 g, probablemente debido a los diferentes genotipos estudiados. Otros autores encontraron valores entre 1137 y 2112 mg AGE/100 g en frutillas, cuando analizaron veinte variedades de frutos rojos. Los compuestos fitoquímicos eran altamente dependientes del cultivar de frutillas, mientras que las variaciones estacionales tuvieron un efecto comparativo (Scalzo et al., 2013).

Desde el punto de vista de su acción sobre la salud, se debe ser cuidadoso en la interpretación de estos contenidos, ya que los polifenoles pueden tener una biodisponibilidad limitada, pueden ser ampliamente metabolizados y eliminados rápidamente (Pantelidis et al., 2007).

Como se aprecia en la Figura 3, el CPT aumentó en los extractos hidroalcohólicos para las temperaturas de secado de 60° y 70 °C, diferenciándose significativamente. Martín-Gómez et al. (2020) también encontraron aumentos en el contenido de CPT cuando deshidrataron blueberris, encontrando mayores incrementos a temperaturas más elevadas, del orden de los 90 °C. En cambio, Méndez-Lagunas et al. (2017), informaron una disminución en el contenido de compuestos fenólicos de frutillas durante el secado, a temperaturas de 50° y 60 °C, y Krzykowski et al. (2020) también observaron una ligera disminución en los valores de CPT, cuando deshidrataron frutillas por secado convectivo entre 20° y 60 °C.

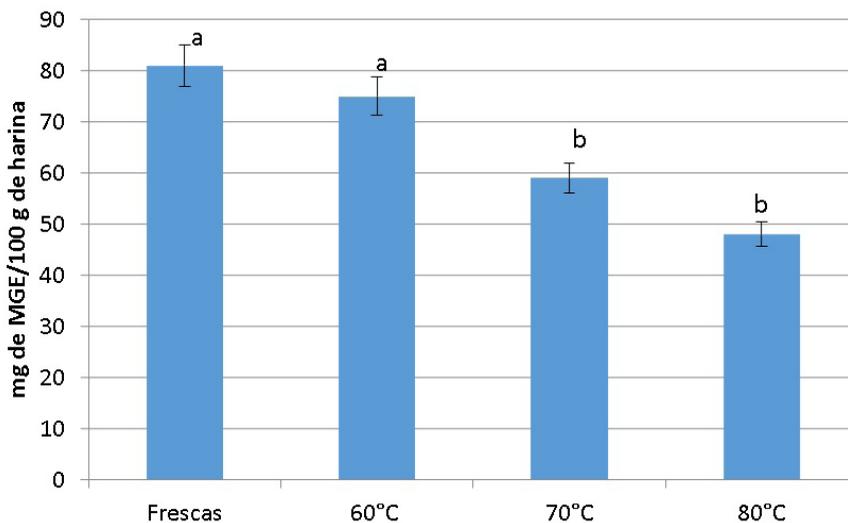
La modificación en el contenido de CPT puede explicarse por tres posibilidades:

mecanismos que incluyen la liberación de compuestos fenólicos conjugados, tales como el ácido ferúlico, vanílico y p-coumárico; la degradación parcial de la lignina, que lleva a la liberación de derivados del ácido fenólico, y el comienzo de la degradación térmica de los compuestos fenólicos. Estas reacciones dan como resultado un equilibrio entre los mecanismos que aumentan y los que disminuyen la concentración de compuestos fenólicos (Luisetti, 2023). Según el sustrato, las temperaturas y las técnicas de secado utilizadas, el contenido de CPT podría aumentar o disminuir. En estos ensayos, se obtuvieron aumentos favorables para las temperaturas de 60° y 70 °C.

### Contenido de antocianinas

La composición de las antocianinas en frutillas es diversa y los pigmentos más abundantes son cianidina-3-soforósido, cianidina-3-glucosil-rutinósido, cianidina-3-glucósido y cianidina-3-rutinósido, dependiendo del cultivar. Las antocianinas poseen la capacidad de regular la actividad de la ciclooxigenasa II, que inhibe la proliferación de varias líneas celulares de cáncer humano. Poseen propiedades antiinflamatorias e influyen en el metabolismo de lípidos y carbohidratos, inducen la segregación de insulina e incrementan la función de adipocitos, manifestándose contra la obesidad (Kostecka-Gugała et al., 2015).

La Figura 4 muestra los resultados obtenidos para el contenido de antocianinas totales. Se observa una disminución en función del incremento de la temperatura de secado. Se encontraron diferencias significativas para las muestras provenientes de las harinas deshidratadas a 70 ° (28 %) y 80 °C (41 %), respecto de las deshidratadas a 60 °C y de las frutillas frescas.



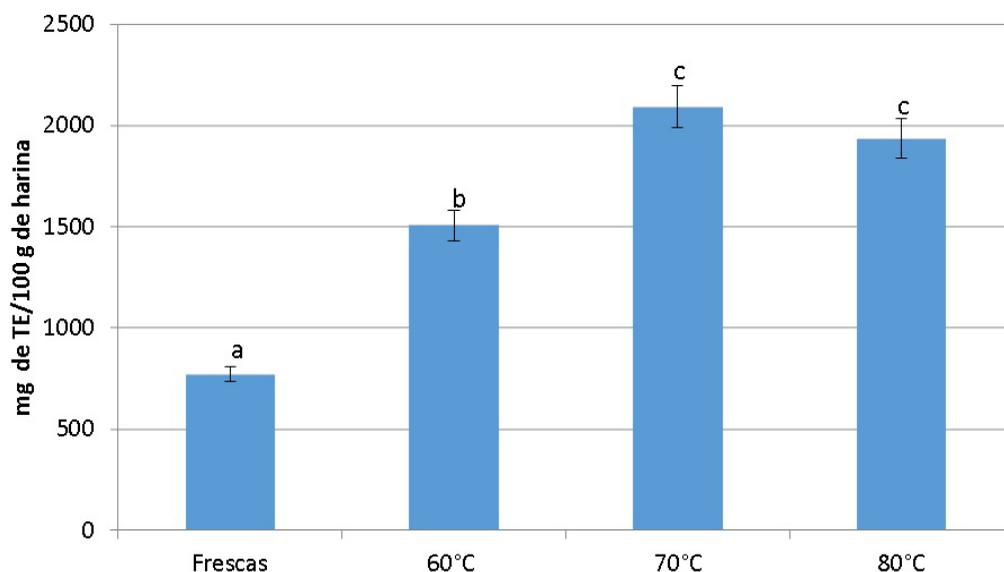
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.  
Las barras sobre cada columna indican el desvío estándar de tres determinaciones.

Fig.4. Antocianinas totales de los extractos de pulpa de frutillas frescas y de harinas de frutillas deshidratadas a 60 °C, 70 °C y 80 °C.

Méndez-Laguna et al. (2017) también detectaron degradación de antocianinas cuando secaron frutillas a 50° y 60 °C, observando una pérdida del 45 % respecto a las frutillas frescas y siendo la temperatura de secado el factor predominante en este deterioro. También la

disminución del contenido de agua parece favorecer los mecanismos oxidativos y alterar la estructura de algunas antocianinas. Tylewicz et al. (2019) y Levate-Macedo et al. (2021) encontraron una reducción en el contenido de antocianinas, al igual que Morales-Delgado et al. (2014), por efecto del secado a 60°, 70°, 80° y 90 °C y velocidad de aire de 1 m/s.

## Capacidad antioxidante



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.  
Las barras sobre cada columna indican el desvío estándar de tres determinaciones.  
Fig.5. Capacidad antioxidante de los extractos de pulpa de frutillas frescas y de harinas de frutillas deshidratadas a 60 °C, 70 °C y 80 °C.

En la Figura 5 se muestran los resultados de la capacidad antioxidante de frutillas frescas y de las harinas de frutillas obtenidas a las tres temperaturas de secado. Se aprecia un aumento en la capacidad antioxidante con el aumento en la temperatura de deshidratación de las frutillas. Este aumento en la capacidad antioxidante se encuentra en correspondencia con los valores encontrados para los compuestos fenólicos totales, que también mostraron un aumento para 60° y 70 °C.

Estos resultados coinciden con lo informado por Martín-Gómez et al. (2020), quienes detectaron aumentos en la capacidad antioxidante al secar blueberries. En cambio, difieren de lo informado por Méndez-Lagunas et al. (2017) quienes observaron una disminución en la capacidad antioxidante, atribuyendo esa disminución a la descomposición de los compuestos responsables de esta actividad y a sus cambios estructurales. Krzykowski et al. (2020), López-Ortiz et al. (2020) y Sadowska et al. (2020) también detectaron disminuciones en la capacidad antioxidante durante el secado convectivo de frutillas.

Al correlacionar los resultados del contenido de compuestos fenólicos totales y de la capacidad antioxidante, se obtuvo un coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 0,73. La correlación de la capacidad antioxidante y el contenido de antocianinas arrojó un  $R^2$  igual a 0,34. Estos resultados indican una dependencia entre la capacidad antioxidante y los CPT,

estimándose que estos compuestos podrían ser los responsables del incremento en la capacidad antioxidante.

### Capacidad antimicrobiana

La Figura 6 muestra que los extractos hidroalcohólicos obtenidos a partir de las frutillas frescas y deshidratadas no tuvieron efecto inhibitorio frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Los extractos se ensayaron tal como fueron obtenidos, es decir, no fueron concentrados.

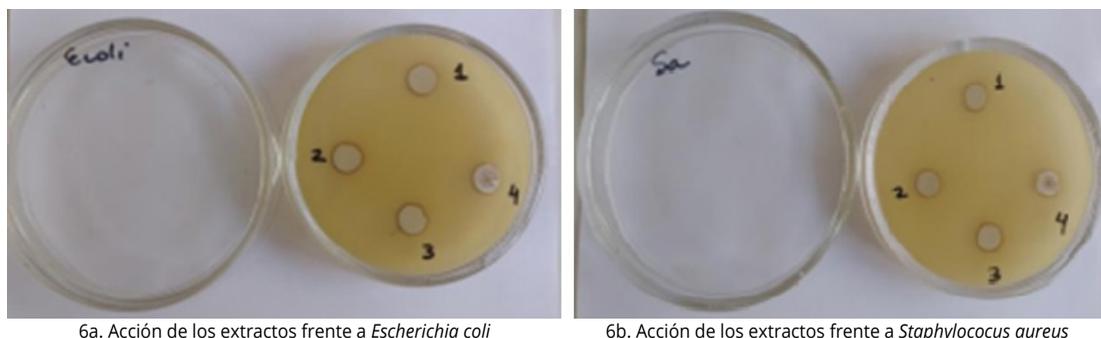


Fig.6. Ensayos de capacidad antimicrobiana de los extractos hidroalcohólicos al 60% obtenidos por agitación a partir de pulpa de frutillas frescas (1) y de harina de frutillas deshidratadas a (2) 60 °C, (3) 70 °C y (4) 80 °C.

No se continuó esta línea de investigación por considerar que resultaría más importante aprovechar el aporte nutricional de estos extractos que insistir en considerar su actividad antimicrobiana. Es factible que resulte posible aislar compuestos con capacidad antimicrobiana, como lo hicieron Fukai et al. (2005), quienes obtuvieron nueve 2-arilbenzofuranos a partir de varias especies de moras, los cuales demostraron tener capacidad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*.

### Optimización de la temperatura de secado

Por medio de los ajustes realizados al analizar las superficies de respuesta para CPT y capacidad antioxidante, se obtuvieron las siguientes ecuaciones de regresión, donde T es la temperatura:

$$\text{CPT} = -11007 + 409,5 \cdot T - 3032 \cdot T^2 \quad R^2 = 98,68\% \quad R^2 \text{ ajustado} = 97,79\% \quad (3)$$

$$\text{Capacidad antioxidante} = -17633 + 542 \cdot T - 3719 \cdot T^2 \quad R^2 = 98,68\% \quad R^2 \text{ ajustado} = 97,79\% \quad (4)$$

Un  $R^2$  del 98,68% para CPT totales sugiere que el modelo explica casi el 99% de la variabilidad en esta respuesta. Del mismo modo, un  $R^2$  del 91,52% para la capacidad antioxidante también indica un adecuado ajuste del modelo. Por otro lado, se pudo observar que tanto la T como la  $T^2$  son altamente significativos en el modelo, arrojando un p-valor para ambos coeficientes en la Ecuación (3) de 0,002 y 0,001, respectivamente, y de 0,028 para ambos casos, en la Ecuación (4). Esto significa que la temperatura de secado y su efecto cuadrático tienen un impacto significativo en CPT y en la capacidad antioxidante.

Posteriormente, se realizó la optimización de ambas respuestas, buscando obtener la

temperatura de secado que maximice los dos valores. Para ellos se procedió a planear la optimización simultánea ponderando por igual ambas respuestas. Se obtuvo que a la temperatura de secado igual a 70 °C se logró maximizar ambas respuestas, con una deseabilidad global del 0,9841. Esto significa que el punto de operación (la temperatura de secado de 70 °C) es muy satisfactorio en términos de maximizar ambas respuestas de manera equitativa.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados encontrados, se evidenció la potencialidad de las harinas de frutilla para ser aprovechadas como ingrediente alimentario. La harina de frutillas obtenida conservó e incrementó el contenido de CPT y la capacidad antioxidante, particularmente cuando la materia prima se deshidrató a 70 °C. La capacidad antioxidante aumentó en correspondencia con el contenido de compuestos fenólicos totales.

Se observó, en cambio, una disminución en el contenido de antocianinas, que explicó el cambio en el color del producto deshidratado. Se produjeron modificaciones en el color de las harinas con respecto al de las frutillas frescas, aunque la presencia de una cantidad considerable de agua en estas influyó en las mediciones realizadas.

Se dará continuidad a este trabajo realizando un estudio respecto a la utilización de estas harinas como ingrediente alimentario y a mejorar aspectos tecnológicos, tales como su apelmazamiento.

## Referencias

- Alvarado Choez, J. J. (2021). Efecto de un recubrimiento comestible a base de mucílago de chíá y ácidos orgánicos para alargar la vida útil en frutilla (*Fragaria vesca*). Tesis Universidad Agraria del Ecuador.
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z. y Mousavi, S. M. (2009). An investigation of the effects of drying methods and conditions on drying characteristics and quality attributes of agricultural products during hot air and hot air/microwave-assisted dehydration. *Dry. Technol.*, 27, 831–841. doi.org/10.1080/07373930902988106
- Badjakov, I., Nikolova, M., Gevrenova, R., Kondakova, V., Todorovska, E. y Atanassov, A. (2008). Bioactive compounds in small fruits and their influence on human health. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 22, 581-587. doi.org/10.1080/13102818.2008.10817517
- Becerra, C., Robledo, P. y Defilippi, B. (2013). Cosecha y poscosecha de frutilla [en línea]. Chillan: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias 262. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7626> (Consultado: 2 marzo 2023).
- Bonaldi, E. (2020). Evaluación de la capacidad antioxidante de harina de frutilla (*Fragaria ananassa*) proveniente de las variedades Festival y Benicia. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos. Universidad Tecnológica Nacional.
- Bruijn, J. y Bórquez, R. (2014). Quality retention in strawberries dried by emerging dehydration methods. *Food Research International*, 63, 42–48. doi/10.1016/j.foodres.2014.03.029
- Calín-Sanchez, A., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, A. A. y Figiel, A. (2020). Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. *Foods*, 9(9), 1261. doi.org/10.3390/foods9091261
- Cantillano, R. F. F., Ávila, J. M. M., Peralba, M. C. R., Pizzolato, T. M. y Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, 30, 620-626. doi.org/10.12691/jfnr-5-8-8
- Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodríguez, M. A., & Vázquez-Odériz, M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1), 23-30. doi: 10.1016/j.jfca.2012.07.004
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Di Stefano, R., Cravero, M. C. y Gentilini, N. (1989). Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. *L'notecnico*, 5, 83-90.
- Doymaz, I. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing*, 47, 914-919. doi.org/10.1016/j.cep.2007.02.003
- Erlund, I., Koli, R., Alftan, G., Marniemi, J., Puukka, P., Mustonen, P., Mattila, P. y Jula, A. (2008). Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87, 323-31.
- Ferreyra, S. R. M., Viña, Z., Mugridge, A. y Chaves, A. (2007). Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar. *Scientia Horticulturae*, 112, 27-32. doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.001
- Fukai, T., Kaitou, K. y Terada, S. (2005). Antimicrobial activity of 2-arylbenzofurans from *Morus* species against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Fitoterapia* 76, 708 – 711. doi.org/10.1016/j.fitote.2005.06.012

- Hasna, S. S., Nugrahini, A. D. y Falah, M. A. F. (2022). Consumer acceptance of quality characterization of dehydrated strawberry product. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 980, 012035. doi:10.1088/1755-1315/980/1/012035
- Ivars, Y. y Mora, J. (2020). Evaluación de parámetros de calidad poscosecha en tres variedades de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) en Los Antiguos, Santa Cruz. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe\\_tecnico\\_post\\_cosecha\\_frutilla\\_yi\\_final\\_pdf.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe_tecnico_post_cosecha_frutilla_yi_final_pdf.pdf)
- Kostecka-Gugała, A., Ledwożyw-Smoleń, I., Augustynowicz, J., Wyżgolik, G., Kruczek, M. y Kaszycki, P. (2015). Antioxidant properties of fruits of raspberry and blackberry grown in central Europe. *Open Chem.*, 13, 1313–1325. doi: 10.1515/chem-2015-0143
- Krzykowski A., Dziki, D., Rudy, S., Gawlik-Dziki, U., Janiszewska-Turak, E. y Biernacka B. (2020). Wild Strawberry *Fragaria vesca* L.: Kinetics of Fruit Drying and Quality Characteristics of the Dried Fruits. *Processes*, 8, 1265. doi:10.3390/pr8101265
- Levate-Macedo, L., Jefferson, L., Gomes-Correa, L., da Silva-Araújo, C., Costa-Vimercati, W. y Petri, I. (2021). Convective Drying with Ethanol Pre-treatment of Strawberry Enriched with Isomaltulose, *Food and Bioprocess Technology*, 14, 2046–2061. doi.org/10.1007/s11947-021-02710-2
- López-Ortiz, A., Méndez-Laguna, L. L., Delesma, C., Longoria, A., Escobar, J. y Muñoz, J. (2020). Understanding the drying kinetics of phenolic compounds in strawberries: An experimental and density functional theory study. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 60, 102283. doi: 10.1016/j.ifset.2019.102283
- Luisetti, J. (2023). Optimización de las condiciones del proceso de acondicionamiento y obtención de harina integral del grano de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en relación a su capacidad antioxidante y antimicrobiana. Tesis doctoral. Doctorado en Ingeniería. FCEIA. Universidad Nacional de Rosario. <http://hdl.handle.net/2133/25544> Fecha: 2023-03
- Martín-Gómez, J., Varo, M. A., Mérida, J. y Serratos, M. P. (2020). Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *LWT*, 120, 108931. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108931
- Masciarelli, R., Lucero, H., Silvester, S. y Tosi, E. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante de harina de frambuesas obtenida luego del secado de los frutos a diferentes temperaturas y análisis estadístico del EC50. Disponible en: [http://www.publitech.com.ar/contenido/objetos/Evaluaciondelacapacidad antioxidante.pdf](http://www.publitech.com.ar/contenido/objetos/Evaluaciondelacapacidad%20antioxidante.pdf)
- McMinn, W. A. M., McLoughlin, C. M. y Magee, T. R. A. (2005). Thin-layer modeling of microwave, microwave-convective, and microwave-vacuum drying of pharmaceutical powders, *Dry. Technol*, 23, 513–532. doi.org/10.1081/DRT-200054126
- Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S. y Barrada-Bernal, G. (2017). Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230, 174–181. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.03.010
- Mierzwa, D. y Kowalski, S. J. (2016). Ultrasound-assisted osmotic dehydration and convective drying of apples: Process kinetics and quality issues. *Chemical and Process Engineering – Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 37(3), 383–391. doi: 10.1515/cpe-2016-0031
- Morales-Delgado, D. Y., Tellez-Medina, N. L., Rivero-Ramírez, S., Arellano-Cardenas, S., Lopez-Cortez, H., Hernandez-Sanchez, G., Gutierrez-López L. y Cornejo-Mazon, M. (2014). Effect of convective drying on total anthocyanin content, antioxidant activity and cell morphometric parameters of strawberry parenchymal tissue (*Fragaria ananassa* Dutch). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(1), 179-187.

- Muzaffar, H., Rouf, A., Kanojia, V., Muzaffar, Z. y Noor F. (2018). Dehydration of Strawberry. A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 7(1), 1216-1224. doi.org/10.20546/ijc-mas.2018.701.148
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (2012). Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests, Approved Standard. 11th Edition, 32(1), 1-32.
- Núñez-Mancilla, Y. N., Pérez-Won, M., Uribe, E., Vega-Gálvez, A. y Di Scala, K. (2013). Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*). *LWT FoodSci. Technol.*, 52, 151-156. doi: 10.1016/j.lwt.2012.02.027
- Odrizola, I. (2009). Obtención de zumos y frutos cortados con alto potencial antioxidante mediante tratamientos no térmicos. Tesis doctoral. Universitat de Lleida. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària.
- Oliveira, A. S., Niro, C. M., Bresolin, J. D., Soares, V. F., Ferreira, M. D., Sivieri, K. y Azere-do, H. M. C. (2021). Dehydrated strawberries for probiotic delivery: Influence of dehydration and probiotic incorporation methods. *LWT Food Sci. Technol.*, 144, 111105. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111105>
- Olsson, M., Andersson, S., Berglund, R. y Gustavsson, K. (2007). Extracts from organically and conventionally cultivated strawberries inhibit cancer cell proliferation in vitro. *Acta Horticulturae*, 1, 189-194. doi: 10.1021/jf0524776
- Ondarza-Beneitez, M. A. y Ciapara-Higuera, I. (2016). Importancia biotecnológica de las frutillas de berries en la salud humana. *Biotecnología e Industria*, 169, 1-18.
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A. y Diamantidis, G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry* 102, 777-783. doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021
- Pathare, P. B., Opara, U. L. y Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60. doi:10.1007/s11947-012-0867-9
- Peña-Varela, G., Salinas-Moreno, Y. y Ríos-Sánchez, R. (2006). Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubusidaeus L.*) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2):159-163. doi:10.5154/R.RCHSH.2006.02.017
- Pilco-Carrasco, A. S. (2017). Diseño de una planta procesadora para la obtención de pulpa de frutilla en la parroquia San Gerardo del Cantón Guano. Esc. Sup. Técnica del Chimborazo, Ecuador.
- Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Kešelj, K., & Gere, A. (2021). Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A Review. *Processes*, 9(1), 132. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>
- Rayaguru, K. y Routray, W. (2012). Mathematical modeling of thin layer drying kinetics of stone apple slices. *Int. Food Res. J.*, 19, 1503-1510. doi.org/10.3390/pr10112464
- Rekika, D., Khanizadeh, S., Deschênes, M., Levasseur, A., Charles, M.T., Tsao, R. y Yang, R. (2005). Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes, *Hortscience*, 40(6), 1777-1781. doi: 10.21273/HORTSCI.40.6.1777
- Sadilova, E., Carle, R. y Stintzing, F. C. (2007). Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(12), 1461-1471. doi: 10.1002/mnfr.200700179

- Sadowska, A., Swiderski, F. y Hallmann, E. (2020). Bioactive, physicochemical and sensory properties as well as microstructure of organic strawberry powders obtained by various drying methods. *Appl. Sci.*, 10, 4706. doi: 10.3390/app10144706
- Sánchez, W., Murillo, E. y Méndez, J. (2010). Antioxidant potential of agroindustrial residues from three high consumption fruits in Tolima. *Sci. et. Tech.*, 46, 143.
- Scalzo, J., Stevenson, D. y Hedderley, D. (2013). Blueberry estimated harvest from seven new cultivars: Fruit and anthocyanins. *Food Chem.*, 139, 44–50. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.01.091
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. y Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthone on the auto oxidation of soybean in cyclodextrin emulsion. *J. Agr. Food Chem.*, 40, 945-948. doi.org/10.1021/jf00018a005
- Shrivastav, S., Ganorkar, P. M., Prajapati, K. M., & Patel, D. B. (2021). Drying kinetics, heat quantities, and physiochemical characteristics of strawberry puree by Refractance Window drying system. *Journal of Food Process Engineering*, 44(9), e13776.
- Szadzinska, J., Kowalski, S. J. y Stasiak, M. (2016). Microwave and ultrasound enhancement of convective drying of strawberries: Experimental and modeling efficiency. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, (2016) 1065–1074. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.001>
- Tylewicz, U., Mannozi, C., Romani, S., Castagnini, J. M., Samborska, K., Rocculi, P. y Dalla Rosa, M. (2019). Chemical and physico-chemical properties of semi-dried organic strawberries enriched with bilberry juice-based solution. *LWT Food Sci. Technol.*, 114, 108377. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108377
- Waterhouse, A. L. (2003). *Determination of total phenolics*. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- Xu, B., Sylvain Tiliwa, E., Yan, W., Roknul Azam, S. M., Wei, B., Zhou, C., ... Bhandari, B. (2022). Recent development in high quality drying of fruits and vegetables assisted by ultrasound: A review. *Food Research International*, 152, Article 110744. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110744>
- Zielinska, M. y Michalska, A. (2016). Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chemistry*, 212, 671–680. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.06.003

## Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Julia Luisetti</b>			X			X	X	X		X				
<b>María Florencia Balzarini</b>			X			X	X	X		X				
<b>María Agustina Reinheimer</b>			X	X	X	X	X	X			X			
<b>Fernando Stoppani</b>					X	X	X	X			X			
<b>María Cristina Ciappini</b>	X	X		X	X	X			X	X		X	X	

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.