

# **UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



## **Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (*Malus domestica*) variedad Granny Smith**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

### **Autor:**

Maritza Yola Ccaza Cari

### **Asesor:**

Mtro. Alex Danny Chambi Rodriguez

**Juliaca, junio de 2023**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo Alex Danny Chambi Rodriguez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“SUPERVIVENCIA DE PROBIÓTICOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE CUBOS DE MANZANA (*MALUS DOMESTICA*) VARIEDAD GRANNY SMITH”** del autor Maritza Yola Ccaza Cari tiene un índice de similitud de 10% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del o los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 30 días del mes de Junio del año 2023.



---

Alex Danny Chambi Rodriguez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 23 día(s) del mes de junio del año 2023, siendo las 10:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Joel Jerson Garguira Quispe, el (la) secretario(a): Mg. Edgar Mayta Pinto y los demás miembros: Ing. Ana Mónica Torres Jiménez y el (la) asesor(a) Mtro. Alex Danny

Ghambi Rodriguez con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (Malus domestica) variedad Granny Smith del(los) bachiller/es: a) Maritza Yola Escaya Gari b) c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero de Industrias Alimentarias (Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Maritza Yola Escaya Gari

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Excelente	Excelencia

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

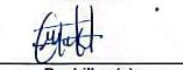
CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

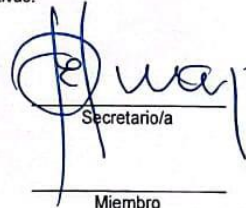
  
Presidente/a

  
Asesor/a

  
Bachiller (a)

  
Miembro

Bachiller (b)

  
Secretario/a

Bachiller (c)

## ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS .....	vi
INDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN:.....	8
ABSTRACT:.....	9
1. Introducción.....	10
2. Metodología.....	12
2.1. Materia prima .....	12
2.2. Índice de madurez .....	12
2.3. Deshidratación osmótica e inoculación de la cepa .....	13
2.4. Pérdida de peso y ganancia de sólidos.....	13
2.5. Supervivencia, tiempo de duplicación y número de generaciones.....	14
3. Resultados.....	15
3.1. Índice de madurez .....	15
3.2. Deshidratación osmótica .....	15
3.3. Supervivencia de <i>Saccharomyces boulardii</i> .....	15
4. Discusiones .....	16
5. Conclusiones.....	18
6. Referencias bibliográficas .....	18
7. Tablas y Figuras.....	23
8. Anexos.....	27

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 2.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3.....</b>	<b>24</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	25
<b>Figura 2</b> .....	25
<b>Figura 3</b> .....	26

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio .....	27
<b>Anexo B</b> Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente.....	28

## **Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (*Malus domestica*) variedad Granny Smith**

### **RESUMEN:**

Actualmente la tendencia por el consumo de alimentos con probióticos se está incrementando ya que estos no solo cumplen la función de nutrir sino en algunos casos la función medicinal. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana (*Malus domestica*) variedad Granny Smith. Se prepararon tres soluciones osmóticas a diferentes concentraciones de sacarosa (40, 50 y 60 °Brix) para luego colocar cubos de manzana de 1 cm de arista, los cuales fueron sometidos a diferentes temperaturas (37, 42 y 47°C), con un inóculo de 250 mg de la cepa de *Saccharomyces boulardii* por 80 min de deshidratación, dando en total nueve tratamientos, a cada 10 min se retiraba los cubos para ser pesados para realizar las mediciones, medir la ganancia de sólidos en grados °Brix, realizar el análisis de células viables expresados ufc/g; con los datos obtenidos se calcularon % de pérdida de peso, % de ganancia de sólidos, número de generaciones y tiempo de duplicación. Los resultados mostraron que los tratamientos a elevadas temperaturas tuvieron una buena deshidratación ya que la ganancia de sólidos y la pérdida de peso fue eficaz para las temperaturas de 42 y 47°C, sin embargo, la supervivencia fue óptima a bajas temperaturas de 37 y 42°C. En conclusión, se obtuvo cubos de manzana deshidratada con *S. boulardii*.

**Palabras clave:** *Saccharomyces boulardii*; tratamiento térmico, fruta deshidratada, viabilidad celular.

## **Survival of probiotics during osmotic dehydration of apple cubes (*Malus domestica*) variety Granny Smith**

### **ABSTRACT:**

Currently the trend for the consumption of foods with probiotics is increasing since these not only fulfill the function of nutrition but in some cases the medicinal function, that is why the objective of the present investigation was to evaluate the survival of probiotics during the osmotic dehydration of apple cubes (*Malus domestica*) variety Granny Smith, for this purpose three osmotic solutions were prepared at different concentrations of sucrose (40, 50 and 60 °Brix) to then place apple cubes of 1 cm edge which were subjected to different temperatures (37, 42 and 47°C), 250 mg of the *Saccharomyces boulardii* strain was immediately inoculated, giving a total of nine treatments lasting 80 min of dehydration, every 10 min the cubes were removed to be weighed, also performing solid gain readings in degrees Brix, perform the analysis of viable cells expressed cfu/g; With the data obtained, it was calculated: % weight loss, % solids gain, number of generations and doubling time. The results showed that the treatments at high temperatures had a good dehydration since the gain of solids and the loss of weight was effective for temperatures of 42 and 47°C, however. survival was optimal at low temperatures of 37 and 42°C. In conclusion, dehydrated apple cubes with *S. boulardii* were obtained.

**Keywords:** *Saccharomyces boulardii*, heat treatment, dehydrated fruit, cell viability.

## 1. Introducción

La mayoría de los alimentos que contienen probióticos se derivan de la leche (Vinderola et al., 2017). Esto crea un gran problema para algunos consumidores ya que implica el consumo de alérgenos y lactosa. Además, implica el consumo de productos de origen animal que no son aptos para una dieta vegetariana o vegana y, por último, tienen una vida útil corta (Makinen et al., 2016). Sin embargo, la demanda de productos probióticos no lácteos ha crecido como resultado de una mayor incidencia de restricciones dietéticas a los productos lácteos debido a razones que incluyen intolerancia a la lactosa, reacciones alérgicas a las proteínas de la leche y veganismo (Kumar et al., 2015; Neffe-Skocińska et al., 2018).

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades suficientes, confieren un beneficio para la salud del huésped (Hill et al., 2014). Entre los microorganismos de acción probiótica tenemos a *Saccharomyces boulardii* este microorganismo puede mantenerse viable y activo de modo que al ser ingerida pueda dar efectos fármaco dinámicos semejantes a los efectos fisiológicos de la flora intestinal normal (Peña, 2007; Zamora Vega et al., 2016); también actúa como un transportador liberando enzimas, proteínas y factores tróficos durante su tránsito interintestinal, mejorando las defensas inmunológicas del huésped, la digestión y la absorción de nutrientes es por eso que el interés en este microorganismo, haciendo que esta levadura se vuelva una fuente importante para la obtención de productos probióticos (Mejía et al., 2016; Sen & Mansell, 2020). Su actividad probiótica se ha relacionado con múltiples vías, incluida la mejora de la función de barrera intestinal, la exclusión competitiva de patógenos, la producción de péptidos antimicrobianos, los efectos inmunomoduladores y nutricionales (Zhang et al., 2021). Se ha demostrado que esta cepa probiótica ayuda a mantener el equilibrio de la flora intestinal al estimular la producción de ácido láctico y ácido acético, lo que reduce el

pH intestinal y previene la proliferación de bacterias patógenas. (Li, Zhu et al., 2021; Li, Xia et al., 2021).

Las frutas y hortalizas son parte esencial de la alimentación de los humanos, ya que son fuente de compuestos bioactivos como vitaminas, minerales, fitoesteroles, fibra dietaria, entre otros. Generalmente, las frutas y hortalizas se comercializan frescas; sin embargo la vida de anaquel es limitada por su actividad metabólica, susceptibilidad al daño mecánico y por microorganismo, que aceleran su senescencia y muerte (Al-Tayyar et al., 2020; Yousuf et al., 2018). La deshidratación osmótica es una técnica utilizada para reducir el contenido de agua en frutas y hortalizas mediante la inmersión en una solución osmótica. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria para la producción de frutas deshidratadas con mayor vida útil y valor nutricional.

La matriz de frutos de manzana demostró ser altamente aplicable para probióticos, por su alta porosidad y, por lo tanto, fácil incorporación de probióticos (Espírito Santo et al. 2012), Esto puede estar asociada a la celulosa de la manzana, que no se digiere y podría servir como matriz protectora para los probióticos a través del tracto intestinal (Kourkoutas et al., 2006). Rêgo et al. (2013) demostraron el cumplimiento de la manzana como matriz de fruta para la supervivencia probiótica a lo largo del tiempo, ya que estudiaron cubos de manzana secados al aire caliente con *L. plantarum* incorporado durante 65 días de almacenamiento y encontraron pérdidas mínimas de viabilidad de 1 log ufc/ g.

Gupta & Garg (2009) sugieren una dosis de 5 mil millones de unidades formadoras de colonias (UFC) durante al menos 5 días ( $5 \times 10^9$  UFC / día) para tener beneficios a la salud; los probióticos pueden estar disponibles en alimentos y suplementos dietéticos (cápsulas, tabletas y polvos). Incorporar probióticos en cubos de manzana durante la deshidratación osmótica. Además, para mejorar la supervivencia, deshidratar por liofilización, en vez de con aire caliente (Betoret et al., 2003; Rascón et al., 2018). Otra metodología que gana interés en la impregnación de probióticos es la deshidratación

osmótica. Consiste en sumergir al alimento en una solución hipertónica que contiene al microorganismo. El agua migra del alimento a la solución deshidratándolo parcialmente y los solutos, incluidos los probióticos, migran hacia el alimento (Rascón et al., 2018).

En un estudio realizado en plátano impregnado con *L. rhamnosus* el proceso ha resultado exitoso conservando niveles de  $10^7$  CFU/g (Huerta-Vera et al., 2017). Utilizando soluciones hipertónicas de sacarosa de 50% p/p, Rascón et al. (2018) impregnaron *L. rhamnosus* en rodajas de plátano por deshidratación osmótica, para posteriormente liofilizarlas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la supervivencia de los probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana. Para ello, se analizará la concentración de probióticos en la manzana antes y después del proceso de deshidratación osmótica, y se evaluará la viabilidad de los microorganismos.

## **2. Metodología**

### **2.1. Materia prima**

Las manzanas de variedad Granny Smith, fueron adquiridas en el mercado local de la provincia de San Román, departamento Puno y almacenadas a 4°C. Estas fueron lavadas por 5 min en una solución acuosa de cloro activo a una concentración de 7500 ppm y luego se cortaron en cubos 1 cm de arista, por otro lado, se usaron cepas liofilizadas de *Saccharomyces boulardii* Hansen CBS 5926 de procedencia mexicana.

### **2.2. Índice de madurez**

Para determinar el índice de madurez en manzanas se midieron grados Brix y acidez. De acuerdo al método (AOAC, 2000) se determinó la acidez preparando una solución de NaOH a 0.1N, luego se pesaron 10 g de pulpa de manzana y se agregaron 50 ml de agua destilada para luego agitar vigorosamente la mezcla por unos minutos, se tomó una alícuota Se tomó de 25 ml de la solución filtrada, a ésta se le añadieron 3 gotas de fenolftaleína. Se tituló con una solución estándar de NaOH 0.1N hasta alcanzar el punto de

equivalencia cambiando de color a rosa claro. Los grados °Brix se determinaron con un refractómetro de rango ATAGO (0 - 40 Brix).

El índice de madurez se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de madurez (IM)} = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{Acidez}} \quad (1)$$

### 2.3. Deshidratación osmótica e inoculación de la cepa

Se prepararon soluciones osmóticas de agua destilada/sacarosa a diferentes concentraciones (40, 50 y 60 °Brix). Los cubos de manzana se sumergieron en vasos de precipitados de 500 mL a tres temperaturas diferentes (37, 42 y 47°C) y se les añadió inmediatamente 250 mg de *Saccharomyces boulardii*, cada tratamiento se realizó con agitación a 350 RPM en un agitador. VELP. Cada cubo se retiró en periodos de 10 min para realizar las mediciones de peso en una balanza analítica OHAUS y la medición de sólidos (°Brix) con un refractómetro de rango ATAGO (0-85 °Brix) hasta completar 80 minutos. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

### 2.4. Pérdida de peso y ganancia de sólidos

Durante la deshidratación osmótica, la transferencia de masa fue monitoreada por la variación en el tiempo de la ganancia de sólidos y la pérdida de peso (Della Rocca & Mascheroni, 2011; Wais, 2011). Para cada muestra de cubos de manzana se realizó la medición de pérdida de peso y ganancia de sólidos.

Se utilizó la ecuación 2 para calcular la pérdida de peso.

$$PP (\%) = \left( \frac{M_o - M_f}{M_o} \right) * 100 \quad (2)$$

Dónde: % PP es el porcentaje de pérdida de peso,  $M_o$  representa el peso inicial de la muestra,  $M_f$ ; peso de la muestra tratada a tiempo,  $t$ .

La ganancia de sólidos fue calculada como lo indica la ecuación 3.

$$GS (\%) = \left( \frac{M_f - M_o}{M_o} \right) * 100 \quad (3)$$

Dónde: % GS es el porcentaje de ganancia de sólidos, Mf son los grados °Brix de la muestra osmodeshidratada y Mo son los grados °Brix de la muestra fresca.

## 2.5. Supervivencia, tiempo de duplicación y número de generaciones

Para determinar la supervivencia de las células se realizó una dilución en solución salina pestañada al 1%, para luego inocular en placas Petri con agar Sabouraud Dextrose Agar 0.1 mL y así dispersarlas con una espátula de Drigalski, la incubación se realizó en una incubadora de convección a 27 °C por 48 h, las lecturas de expresaron en unidades formadoras de colonia por gramo (ufc/g).

Para el cálculo del número de generaciones se aplicó la siguiente ecuación:

$$N_G = \frac{\text{Log}N_2 - \text{Log}N_1}{\text{Log}2} \quad (4)$$

Dónde: NG, es el número de generaciones; N<sub>2</sub>, es la concentración de células a un tiempo 2 y N<sub>1</sub>, es la concentración de células a un tiempo 1.

Respecto al cálculo del tiempo de duplicación se consideró la siguiente ecuación:

$$T_D = \frac{t_f - t_i}{N_G} \quad (5)$$

Dónde: TD, es el tiempo de duplicación, t<sub>f</sub>, es el tiempo final de incubación y t<sub>i</sub>, es el tiempo inicial de la incubación.

### 3. Resultados

#### 3.1. Índice de madurez

La acidez y los grados °Brix son dos factores importantes que se utilizan para evaluar la madurez de las manzanas. Obteniendo como resultado un índice de madurez de 3.5 por tanto la madurez de las manzanas Granny Smith se encuentra en una madurez intermedia.

#### 3.2. Deshidratación osmótica

En la Figura 1, se observa que los tratamientos con el mayor porcentaje de pérdida de peso fueron el tratamiento  $T_{50^{\circ}B47^{\circ}C}$ , seguido por el  $T_{50^{\circ}B37^{\circ}C}$ ; en contraste el tratamiento  $T_{60^{\circ}B42^{\circ}C}$  no obtuvo un resultado favorable. Todos los demás tratamientos cuentan con una pendiente positiva indicando que la pérdida de peso fue continua a razón del tiempo.

El análisis estadísticos de la regresión (Tabla 1) revelaron que  $T_{50^{\circ}B47^{\circ}C}$ , fue el tratamiento de mejor ajuste con un  $R^2$  de 0.983 en contraste a los demás, asimismo, esta presentó el valor más elevado en el  $R^2$  - ajustado (0.980), respecto a error típico el tratamiento en cuestión presentó el valor más pequeño (0.912), por otro lado, todos los tratamientos fueron significativos con un p -valor inferior a 0.05, sin embargo, dos presentaron valores superiores,  $T_{40^{\circ}B42^{\circ}C}$  con 0.219 y  $T_{50^{\circ}B47^{\circ}C}$  con 4.608.

En la Figura 2, muestra que la ganancia de sólidos aumenta a medida que aumenta el tiempo de tratamiento, esto debido a la incorporación de sólidos solubles en el fruto y además se observa que la velocidad de ganancia de sólidos se incrementa conforme se incrementa la concentración de la solución osmótica y la temperatura.

A continuación, en la (Tabla 2), se presentan los análisis estadísticos de regresión dónde revelaron que todos los tratamientos tuvieron un buen ajuste respecto a  $R^2$  oscilando entre 0.946 - 0.993, respecto al error  $T_{40^{\circ}B42^{\circ}C}$  y  $T_{50^{\circ}B42^{\circ}C}$  presentaron los valores más pequeños de todos los tratamientos.

#### 3.3. Supervivencia de *Saccharomyces boulardii*

La supervivencia de *Saccharomyces boulardii* a la deshidratación osmótica en cada uno de los tratamientos, presentó un comportamiento diferente, en algunos de ellos el número

de generaciones no obtuvo buen desarrollo en  $T_{60^{\circ}\text{B}47^{\circ}\text{C}}$  y  $T_{40^{\circ}\text{B}47^{\circ}\text{C}}$  con valores de 1.756 y 1.725 ufc/g respectivamente, asimismo, dos tratamientos alcanzaron los valores más elevados en el número de generaciones,  $T_{50^{\circ}\text{B}37^{\circ}\text{C}}$  con 9.329 ufc/g y  $T_{60^{\circ}\text{B}37^{\circ}\text{C}}$  con 8.086 ufc/g, asimismo, estos dos tratamientos presentaron los valores más cortos en el tiempo de duplicación, es decir el aumento de biomasa fue más acelerado para  $T_{50^{\circ}\text{B}37^{\circ}\text{C}}$  un tiempo de 7.505 min y para  $T_{60^{\circ}\text{B}37^{\circ}\text{C}}$  8.698 (Tabla 3).

Respecto al gráfico de superficie de respuesta (Fig. 3) para el número de generaciones se puede afirmar que al incrementar los sólidos totales ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) la concentración de biomasa se reduce, en función a la temperatura se aprecia que la concentración de biomasa es directamente proporcional hasta cierto límite luego decae, esto corroborado en el gráfico de contorno donde la región más verde es en la cual la biomasa alcanza los índices más altos, asimismo respecto a la superficie de respuesta para el tiempo de duplicación que a mayor concentración de sólidos y temperatura la duplicación de células se incrementa, esto también se puede corroborar en el gráfico de contorno en el área azul donde los sólidos más bajos (40 y 45  $^{\circ}\text{Brix}$ ) presentaron los valores más cortos de tiempo de duplicación a temperaturas desde los 40 a 47  $^{\circ}\text{C}$ .

#### 4. Discusiones

Cui et al. (2018) evaluaron la pérdida de peso durante la deshidratación osmótica de peras en soluciones de sacarosa y cloruro de sodio a diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que la pérdida de peso aumentó con la concentración de la solución y con el tiempo de deshidratación, lo cual concuerda con los datos mostrados en la tabla 1 y figura 1. Lo anterior concuerda con los hallazgos de Ayala Aponte et al. (2010) en mangos con soluciones de sacarosa donde los resultados mostraron que la pérdida de peso aumentaba con la concentración de la solución y con el tiempo de deshidratación.

Giraldo et al. (2005) señalan que la pérdida de peso en mango a diferentes concentraciones se debe a la cantidad de agua transferida de la piña al medio osmótico, la cual es mayor a

la cantidad de sólidos solubles que migran del medio hipertónico. Asimismo, Della Rocca (2010) argumenta que la temperatura es una de las variables más significativas ya que modificará la cinética en el proceso de deshidratación osmótica y por ende la pérdida de peso se ve más afectada que la ganancia de sólidos solubles; porque, usando altas temperaturas, el soluto o jarabe no puede difundirse fácilmente.

En la figura y tabla 2 se muestran los resultados de la ganancia de sólidos con respecto al tiempo, donde se puede observar que ganancia de sólidos aumenta a medida que aumenta la concentración de la solución osmótica y la temperatura. Esto concuerda con lo encontrado por Ochoa y Ayala (2009) quienes afirman que en rodajas de Yacón la ganancia de sólidos es proporcional a la concentración y temperatura. Huerta Vera (2021) revela que a mayores concentraciones de la solución osmótica, la ganancia de sólidos aumenta durante la deshidratación osmótica en rodajas de chayote, por otro lado, el aumento de la temperatura del medio osmótico también provocó un aumento en la ganancia de sólidos de la chayote Asimismo, los resultados obtenidos por Arias et al (2017) indican que a medida que aumenta la temperatura de la solución osmótica se produce una mayor alteración de la estructura celular, lo que favorece la entrada de solutos al interior del alimento. Si se quiere limitar la impregnación, es conveniente utilizar concentraciones altas de soluto y tiempos de deshidratación osmótica cortos (Della Rocca & Mascheroni, 2011).

La supervivencia de *Saccharomyces boulardii* en condiciones de deshidratación osmótica en los diferentes tratamientos mostró que en condiciones adversas estas pueden inhibirse generando una disminución en la concentración de biomasa (Tabla 3 y Fig. 3), esto es corroborado por Rascón et al. (2018) quienes afirman que la adición de *Lactobacillus rhamnosus* a las rodajas de banano provocó una inhibición a los 300 min, logrando una concentración de  $9.40 \pm 0.23 \log_{10} \text{ ufc/mL}$ . Asimismo, Rodrigues et al. (2018) coinciden en que un tiempo prolongado para *Lactobacillus casei* en manzanas secadas a 60°C generó una disminución de la biomasa, lo que demuestra que los tratamientos realizados

a bajas temperaturas (37 y 42 °C) no superaron las condiciones adversas para el normal desarrollo de la biomasa.

## 5. Conclusiones

La supervivencia de *Saccharomyces boulardii* se realizó con éxito en el tratamiento de deshidratación osmótica a 37°C con una concentración del medio de 50 °B ( $T_{50^{\circ}\text{B}37^{\circ}\text{C}}$ ) ya que con esta se obtuvo la concentración de generaciones ( $9.329 \pm 0.114$  ufc/g), asimismo, el tiempo de duplicación en este tratamiento fue el más veloz ( $7.504 \pm 0.092$ ). Es importante mencionar que esta viabilidad se debió al tratamiento a bajas temperaturas ya que esta es determinante para la viabilidad por otro lado las concentraciones de sacarosa permitieron el crecimiento normal de esta levadura por ser mesófila, gracias a esto se obtuvo cubos de manzana deshidratadas con cepas probióticas de *Saccharomyces boulardii*.

## 6. Referencias bibliográficas

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemistry*. E.U.A.
- Al-Tayyar, N. A., Youssef, A. M., & Al-Hindi, R. R. (2020). *Edible coatings and antimicrobial nanoemulsions for enhancing shelf life and reducing foodborne pathogens of fruits and vegetables: A review*. *Sustainable Materials and Technologies* 26, Article e00215. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00215>
- Arias, L., Perea, Y., & Zapata, J. E. (2017). *Mass transfer kinetics in osmotic dehydration of mango (Mangifera indica L.) var. Tommy Atkins, is a function of temperature*. *Información Tecnológica*, 28(3), 47–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000300006>
- Ayala Aponte, A. A.; Giraldo Cuartas, C. J.; & Serna Cock, L. (2010). *Cinéticas de deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus)*. *Interciencia*, 35(7), 539–544.
- <https://www.proquest.com/openview/e4388f719663d6617d65da21c71c7cd4/1?pq-origsite=gscholar&cbl=27688>

- Betoret, N., Puente, L., Diaz, M. J., Pagán, M. J., García, M. J., Gras, M. L., Martínez-Monzó, J., & Fito, P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 273–277. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00268-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00268-6)
- Cui, L., Niu, L., Li, D., Liu, C., Liu, Y., Liu, C., & Song, J. (2018). *Effects of different drying methods on quality, bacterial viability and storage stability of probiotic enriched apple snacks*, *Journal of Integrative Agriculture*, 17(1), 247–255. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61742-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61742-8)
- Della Rocca, P., & Mascheroni R. (2011). *Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente*. *Proyecciones*, 9(2), 11–26. <https://core.ac.uk/download/pdf/188206116.pdf>
- Espírito Santo, A. P., Cartolano, N. S., Silva, T. F., Soares, F. A. S. M., Gioielli, L. A., Peregob, P., & Oliveira, M. N. (2012). *Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLAY content in yogurts*. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.025>
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., & Chiralt, A. (2003) *Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango*. *Journal of Food Engineering*, 58(1), 33–43. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00331-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00331-X)
- Giraldo, G. A., Duque, A. L., & García, C. L. (2005). *Combining drying methods for candy mango (Mangifera indica) var. Kent. Vitae*, 12(2), 5–12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169813259001>
- Gupta, V., & Garg, R. (2009). *Probiotics*. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 27(3), 202–209. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.53201>
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Berni Canani, R., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). *The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic*. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11, 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

- Huerta Vera, K. (2021). *Chayote osmodeshidratado y enriquecido con oleorresina de pimienta negra*. [Doctoral Thesis in Sciences, Postgraduate College - Institution for Teaching and Research in Agricultural Sciences]. Montecillo, Texcoco, State of Mexico.  
[http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4753/1/Huerta\\_Vera\\_K\\_DC\\_Fructicultura\\_2021.pdf](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4753/1/Huerta_Vera_K_DC_Fructicultura_2021.pdf)
- Huerta-Vera, K., Flores-Andrade, E., Pérez-Sato, J. A., Morales-Ramos, V., Pascual-Pineda, L. A., & Contreras-Oliva, A. (2017). *Enrichment of banana with Lactobacillus rhamnosus using double emulsion and osmotic dehydration*. *Food and Bioprocess Technology*, 10(6), 1053–1062. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1879-2>
- Kourkoutas Y., Kanellaki, M., & Koutinas, A. A.(2006). *Apple pieces as immobilization support of various microorganisms*. *LWT-Food Science and Technology*, 39(9), 980–986. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.02.024>
- Kumar B. V., Vijayendra S. V. N., & Reddy O. V. S. (2015). *Trends in dairy and non-dairy probiotic products – a review*. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6112–6124. <https://doi.org/10.1007/S13197-015-1795-2>
- Li, Z., Zhu, G., Li, C., Lai, H., Liu, X., & Zhang, L. (2021). *Which probiotic is the most effective for treating acute diarrhea in children? A Bayesian network meta-analysis of randomized controlled trials*. *Nutrients*, 13(12), Article 4319. <https://doi.org/10.3390/nu13124319>
- Li, Y., Xia, S., Jiang, X., Feng, C., Gong, S., Ma, J., Fang, Z., Yin, J., & Yin, Y. (2021) *Gut microbiota and diarrhea: An updated review*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, Article 625210. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.625210>
- Liu, G., Pilla, G., & Tang, C. M. (2019). *Shigella host: Pathogen interactions: Keeping bacteria in the loop*. *Cellular Microbiology*, 21(11), Article e13062. <https://doi.org/10.1111/cmi.13062>
- Makinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). *Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>

- Mejía, J., Montoya, R., Cortés, C., & Saavedra, A. (2016). *Levaduras termotolerantes: aplicaciones industriales, estrés oxidativo y respuesta antioxidante*. *Información Tecnológica*, 27(4), 3–16. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400002>
- Neffe-Skocińska, K., Rzepkowska, A., Szydłowska, A., & Kołozyn-Krajewska, D. (2018). *Trends and possibilities of the use of probiotics in food production*. In A. M. Holban, & A. Mihal (Eds.), *Alternative and Replacement Foods*. A volume in Handbook of Food Bioengineering (pp. 65–94). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811446-9.00003-4>
- Ochoa-Martínez, C. I., Ramaswamy H. S., & Ayala-Aponte A. A. (2009) *Suitability of Crank's solutions to Fick's second law for water diffusivity calculation and moisture loss prediction in osmotic dehydration of fruits*. *Journal of Food Process Engineering*, 32(6), 933–943. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00254.x>
- Parra Palacios, D. (2020). *Determinación de parámetros de osmodeshidratación y deshidratación convectiva de la variedad de piña samba de Chanchamayo (Ananas comosus L. mer cv. Samba de Chanchamayo)* [Undergraduate thesis, San Martín de Porres University]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6777>
- Peña, A. S. (2007). *Flora intestinal, probióticos, prebióticos, simbióticos y alimentos novedosos*. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 99(11), 653–658. <https://doi.org/10.4321/s1130-01082007001100006>
- Rascón, M. P., Huerta-Vera, K., Pascual-Pineda, L. A., Contreras-Oliva, A., Flores-Andrade, E., Castillo-Morales, M., Bonilla, E., & González-Morales, I. (2018). *Osmotic dehydration assisted impregnation of Lactobacillus rhamnosus in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product*. *LWT-Food Science and Technology*, 92, 490–496. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.074>
- Rêgo, A., Freixo, R., Silva, J., Gibbs, P., Morais, A. M. M. B., & Teixeira, P. A. (2013). *A functional dried fruit matrix incorporated with probiotic strains: Lactobacillus plantarum and Lactobacillus kefir*. *Focusing on Modern Food Industry*, 2(3), 138–143. <https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/14278?locale=en>
- Rodrigues, S., Silva, L. C. A., Mulet, A., Cárcel, J. A., & Fernandes, F. A. N. (2018). *Development of dried probiotic apple cubes incorporated with Lactobacillus casei*

NRRL B-442. *Journal of Functional Foods*, 41, 48–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.042>

Sen, S., & Mansell, T. J. (2020). *Yeasts as probiotics: Mechanisms, outcomes, and future potential*. *Fungal Genetics and Biology*, 137, Article 103333.  
<https://doi.org/10.1016/j.fgb.2020.103333>

Vinderola G., Burns, P., & Reinheimer, J. (2017). *Probiotics in nondairy products*. In F. Mariotti (Ed.), *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention* (pp. 809–835). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803968-7.00044-7>

Wais, N. (2011). *Combined drying of fruits: Osmotic dehydration and microwaves*. (Doctoral thesis). National University of La Plata, Argentina.  
<https://doi.org/10.35537/10915/38494>

Yousuf, B., Shafiq Qadri, O., & Kumar Srivastava, A. (2018). *Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review*. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 198–209.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.051>

Zamora Vega, R., Martínez Flores, H. E., Montañez Soto, J. L., & Rodiles López, J. O.. (2016). *Viability of Saccharomyces boulardii in fresh cheese under acidic conditions "in vitro"*. *Nova Scientia*, 7(15), 68–80. <https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.351>

Zhang, J., Wan, S., & Gui, Q. (2021). *Comparison of safety, effectiveness and serum inflammatory factor indexes of Saccharomyces boulardii versus Bifidobacterium triple viable in treating children with chronic diarrhea: a randomized trial*. *Translational Pediatrics*, 10(6), 1677–1685. <https://doi.org/10.21037/tp-21-195>

## 7. Tablas y Figuras

**Tabla 1**

*Estadística de la regresión lineal del porcentaje de pérdida de peso en cubos de manzana inoculados con Saccharomyces boulardii*

Tratamientos	Estadísticos de la regresión				
	Coefficiente de Determination ( $R^2$ )	$R^2$ ajustado	Error típico	CME	Probabilidad
T <sub>40 °B-37°C</sub>	0.261	0.138	2.456	12.847	0.000
T <sub>40 °B-42°C</sub>	0.610	0.545	5.566	291.842	0.219
T <sub>40 °B-47°C</sub>	0.728	0.683	3.418	188.007	0.000
T <sub>50 °B-37°C</sub>	0.936	0.925	1.651	239.769	0.000
T <sub>50 °B-42°C</sub>	0.874	0.853	2.581	278.382	0.000
T <sub>50 °B-47°C</sub>	0.983	0.980	0.912	289.512	4.608
T <sub>60 °B-37°C</sub>	0.823	0.794	2.375	158.262	0.000
T <sub>60 °B-42°C</sub>	0.751	0.709	3.229	188.752	0.000
T <sub>60 °B-47°C</sub>	0.856	0.833	2.363	200.462	0.000

**Tabla 2**

*Estadísticos de la regresión lineal del porcentaje de la ganancia de sólidos en cubos de manzana inoculadas con Saccharomyces boulardii.*

Tratamientos	Estadísticos de la regresión				
	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )	$R^2$ ajustado	Error típico	CME	Probabilidad
T <sub>40 °B-37°C</sub>	0.977	0.973	4.666	5562.16	1.232
T <sub>40 °B-42°C</sub>	0.993	0.992	3.140	8353.05	1.330
T <sub>40 °B-47°C</sub>	0.952	0.944	6.77	5503.31	4.046
T <sub>50 °B-37°C</sub>	0.946	0.937	11.66	14276	5.086

T <sub>50</sub> °B-42°C	0.993	0.992	3.913	13438.68	3.829
T <sub>50</sub> °B-47°C	0.954	0.946	10.15	12804.23	1.071
T <sub>60</sub> °B-37°C	0.982	0.979	8.297	22189.70	3.602
T <sub>60</sub> °B-42°C	0.99	0.988	6.712	28141.88	1.276
T <sub>60</sub> °B-47°C	0.99	0.989	5.345	16432.79	1.041

**Tabla 3**

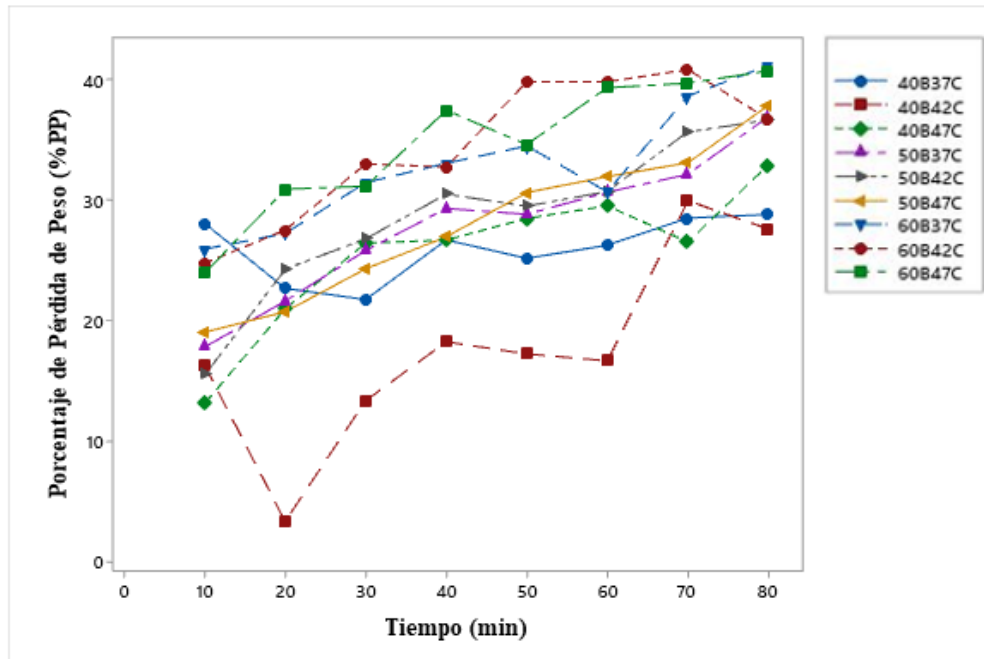
*Viabilidad de S. boulardii en cubos de manzana inoculadas durante/después de la deshidratación osmótica a diferentes concentraciones y temperaturas.*

Tratamientos	Número de generaciones (ufc/g)			Tiempo de duplicación (min)		
	$\bar{x}$	$\pm$	$\Sigma$	$\bar{x}$	$\pm$	$\Sigma$
T <sub>40</sub> °B-37°C	4.381	$\pm$	0.583	16.122	$\pm$	2.144
T <sub>40</sub> °B-42°C	2.402	$\pm$	0.015	29.142	$\pm$	0.179
T <sub>40</sub> °B-47°C	1.725	$\pm$	0.132	40.706	$\pm$	3.124
T <sub>50</sub> °B-37°C	9.329	$\pm$	0.114	7.504	$\pm$	0.092
T <sub>50</sub> °B-42°C	1.911	$\pm$	0.014	36.625	$\pm$	0.265
T <sub>50</sub> °B-47°C	2.151	$\pm$	0.382	33.057	$\pm$	5.864
T <sub>60</sub> °B-37°C	8.086	$\pm$	0.077	8.698	$\pm$	0.073
T <sub>60</sub> °B-42°C	2.335	$\pm$	0.346	30.311	$\pm$	4.494
T <sub>60</sub> °B-47°C	1.756	$\pm$	0.729	39.898	$\pm$	1.729

Nota: Todas las medias son expresadas en Media  $\pm$  SD (n = 3)

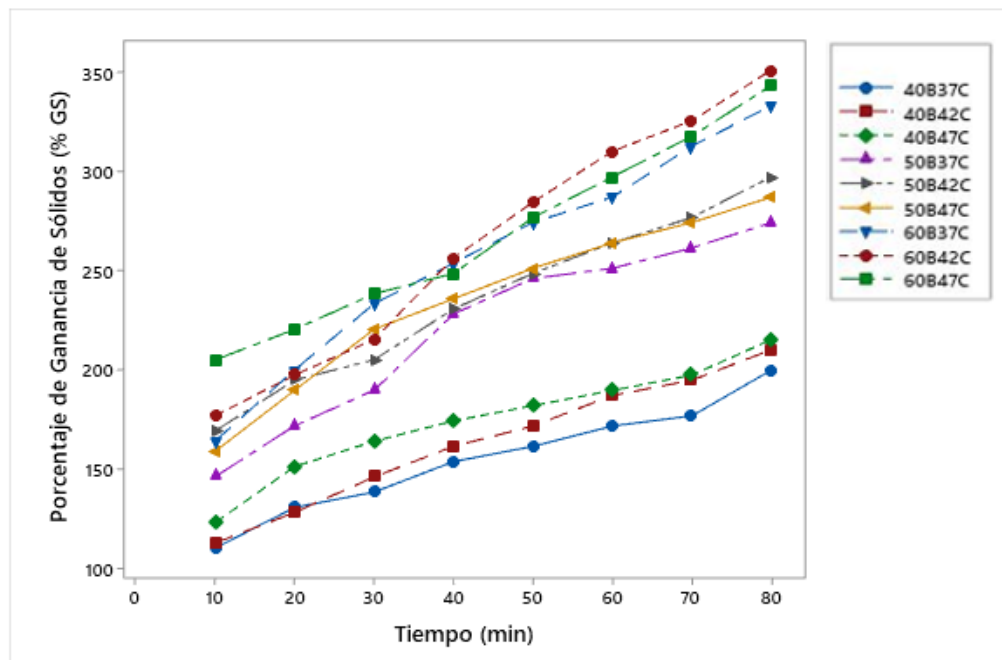
**Figura 1**

Porcentaje de pérdida de peso en función del tiempo de cubos de manzana inoculados con *Saccharomyces boulardii* a diferentes concentraciones y temperaturas.



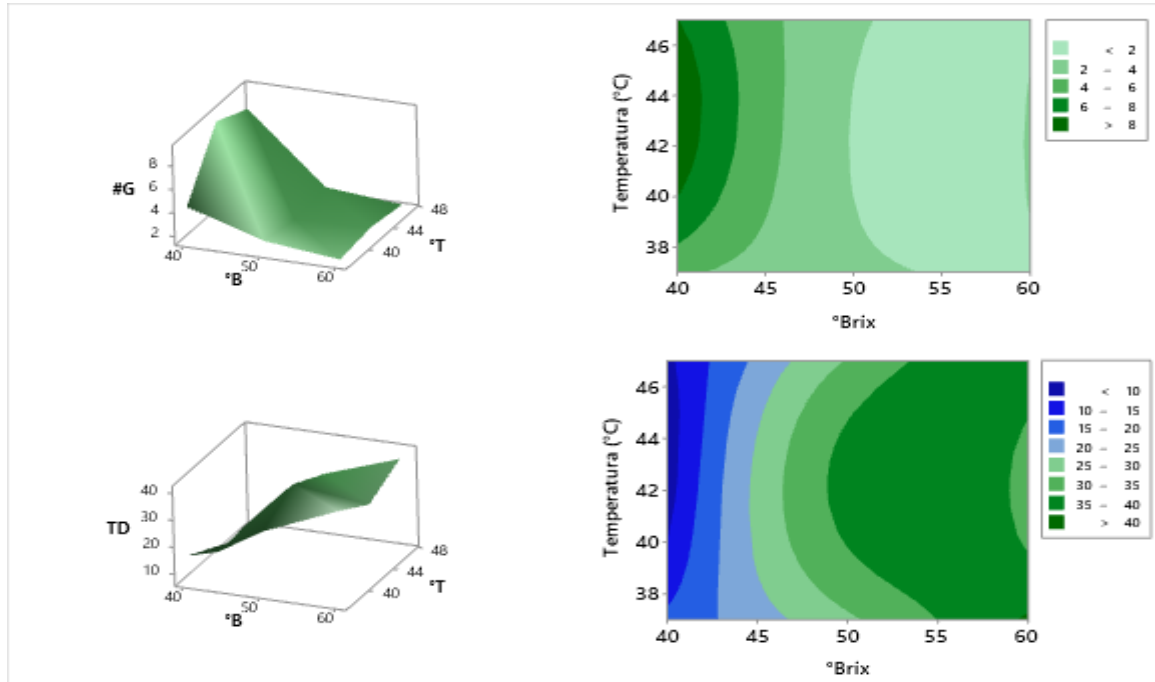
**Figura 2**

Porcentaje de ganancia de sólidos en función del tiempo de cubos de manzana inoculados con *Saccharomyces boulardii* a diferentes concentraciones y temperaturas.



**Figura 3**

Gráficos de superficie y de contorno de respuesta para la supervivencia de *S. bouldardii* en cubos de manzana osmodeshidratados #G, es el número de generaciones expresado en ufc/g, °B, grados °Brix, T, la temperatura en grados Celsius y TD, el tiempo de duplicación en minutos.



## 8. Anexos

### Anexo A.

#### *Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio*

Recibido, muchas gracias.

Pasaremos el manuscrito a revisión por pares y le comunicaremos oportunamente el resultado.

Atentamente,

**Stanislav Magnitskiy**

Editor en Jefe

Revista Agronomía Colombiana

Bloque A3, Oficina 101, Unidad Camilo Torres

Calle 44 45-67 Bogotá, D.C.

[agrocol.fabog@unal.edu.co](mailto:agrocol.fabog@unal.edu.co)

tel: +57 3165355 / 57 3165000 ext 10265

/JCA

**Aviso legal:** El contenido de este mensaje y los archivos adjuntos son confidenciales y de uso exclusivo de la Universidad Nacional de Colombia. Se encuentran dirigidos al destinatario al cual van enviados. La reproducción, lectura y/o copia se encuentran prohibidas a cualquier persona diferente a este y puede ser ilegal. Si usted lo ha recibido por error, infórmenos y elimínelo de su correo. Los Datos Personales serán tratados conforme a la Ley 1581 de 2012 y a nuestra Política de Datos Personales que podrá consultar en la [web www.unal.edu.co](http://www.unal.edu.co). Las opiniones, informaciones, conclusiones y cualquier otro tipo de dato contenido en este correo electrónico, no relacionados con la actividad de la Universidad Nacional de Colombia, se entenderá como personales y de ninguna manera son avaladas por la Universidad.

Activar Windows

## Anexo B

Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente.

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 1024-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 25 de octubre de 2022

### VISTO:

El expediente de **Maritza Yola Ccaza Carl**, identificado(a) con Código Universitario N° 20171060, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Maritza Yola Ccaza Carl**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 25 de octubre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Supervivencia de probióticos durante la deshidratación osmótica de cubos de manzana" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Ing. Alex Danny Chambí Rodríguez** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Edgar Mayta Pinto** Dictaminador y **Ing. Ana Monica Torres Jiménez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Dr. Santiago Ramírez López  
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo