

DISEÑO DE UN PROCESO DE LIOFILIZACIÓN PARA LA OBTENCION DE UN SNACK A PARTIR DE PULPA DE FRUTILLA.

Municoy C.¹, Torrez Irigoyen R. M.^{1,2}, Demarchi S. M.¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA-CONICET-La Plata). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Calle 47 y 116 (1900)- La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina

²Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata

catamunicoy_20@hotmail.com

Introducción

La frutilla (*fragaria x annannasa*) es una fruta rica en vitamina C y compuestos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, como las antocianinas, que son reconocidas por contribuir a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. El consumo de frutillas, en Argentina, se concentra en su mayoría entre los meses de septiembre a octubre y depende en buena medida del precio relativo de la fruta disponible en cada estación, rondando 1kg/año/habitante. En total se estima que actualmente la superficie cultivada ronda las 1.500 hectáreas con un total de 45.000 / 50.000 toneladas anuales. En Buenos Aires se cultivan 550 hectáreas (70% en el área metropolitana, abarcando Pilar, Exaltación de la Cruz y Zarate, Cinturón frutihortícola de La Plata, Florencio Varela, Berazategui), y el resto en Mar del Plata, de acuerdo a datos del Mercado Central de Buenos Aires. Las estimaciones oficiales señalan que aproximadamente el 60% de lo que se produce se consume en fresco, mientras que el 40% restante se congela. En este estado la misma puede exportarse o bien destinarse como insumo para la industria alimenticia para la elaboración de lácteos saborizados, fabricación de dulces y producción de jugos. Por otro lado, en nuestro país, de acuerdo a la Encuesta de Factores de Riesgo realizado por el ministerio de salud en 2018, se encontró que el consumo de fruta per cápita por año es de 73 kg, lo que representa 200 g de fruta por día, un valor inferior a los 400 g/día recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003; MSyDS, 2018). Por tanto, transformar materias primas naturales, como las frutas, en productos que mejoren la diversidad y calidad nutritiva de la dieta, reviste especial interés para la población argentina.

La liofilización, es un método de deshidratación muy interesante que consiste en una primera etapa de sublimación, conversión directa de hielo en vapor, para eliminar el agua libre de un alimento. Este proceso se tiene lugar por debajo del punto triple, a 4,5 mmHg de presión de vapor de agua y 0°C. Finalizada esta primera parte, comienza la etapa secundaria o de desorción, en la cual el agua no congelable, se elimina mediante la evaporación (Hammami y René, 1997). El secado a temperaturas por debajo del punto de congelación del agua tiende a proteger los tejidos biológicos y las moléculas bioactivas, que son termosensibles. Esta protección no se logra con ninguno de los métodos de secado que emplean temperaturas por encima de 70°C (Hui y col., 2008) y que conducen a un producto contraído, colapsado, sin su aroma característico y con baja retención nutricional. Por el contrario, los productos liofilizados suelen retener su forma y, si son deshidratados hasta humedades muy bajas, se encuentran en estado vítreo, es decir con temperaturas de transición vítrea (T_g) que están por encima de la temperatura ambiente, resultando estables química, estructural y microbiológicamente (Ratti, 2001). Si bien esta técnica se emplea en la industria farmacéutica, no se conocen aplicaciones en la industria procesadora de alimentos en Argentina o si existen, constituyen nuevos microemprendimientos que todavía deben formalizarse y asentarse. Asimismo, es bien conocido, que los procesos de deshidratación no solo permiten extender la vida útil de frutas y vegetales, sino que también pueden generar productos con características sensoriales atractivas para los consumidores (textura, color, sabor y aroma). Un ejemplo de este tipo de productos son los *leathers* o laminados de fruta, que son matrices gelificadas estables a temperatura ambiente, que se obtienen al deshidratar purés de frutas u hortalizas comestibles sin cocción y que pueden consumirse como snack o golosinas (Demarchi y col., 2013).

Por tanto, con la idea de aprovechar los beneficios nutricionales de esta fruta y poder consumirla de una manera alternativa durante todo el año, en este trabajo se propuso como objetivo el diseño de un proceso de liofilización para obtener un snack listo para consumir, cuyo principal ingrediente sea la pulpa de frutilla proveniente del cinturón frutihortícola platense.

Materiales

Para las tareas experimentales, se compraron frutillas (*fragaria x ananasa*) en un mercado local. En el laboratorio fueron lavadas con abundante agua, se removieron sépalo y pedículo y se seleccionaron, descartando aquellas que presentaban algún defecto visible. La materia prima se caracterizará mediante la cuantificación de los principales componentes como proteínas por el método de Kjeldahl (AACC 46-12, 2000); lípidos por el método Soxhlet (Método 955.04 AOAC, 1998); humedad por diferencia de peso a 105 °C (Método 984.25-AOAC, 1998); el contenido de cenizas se determinará por gravimetría, incinerándose las muestras en mufla a 550° C (AOAC, 1998) y carbohidratos por diferencia. En la formulación obtenida se determinará el pH utilizando un electrodo Alpha PW-40 conectado a un pHmetro digital Altronix TPA-V y contenido de sólidos solubles mediante un refractómetro Marca Hanna intruments.

Las muestras seleccionadas se procesaron mediante una procesadora de mano marca Liliana (Mod. AAH103). Una vez obtenida la pulpa de frutilla se preparó la formulación, con el agregado de sacarosa y ácido cítrico, en base a conocimientos previos en el grupo de trabajo. Para el secado, se utilizaron moldes circulares de silicona (5 cm de diámetro), en los que se colocaron 11 g de formulación, para mantener el mismo el espesor inicial. Posteriormente, estos moldes se congelaron a -40 °C durante 24 h. La deshidratación se realizó en un equipo Liofilizador Marca RIFICOR (Mod. L-A-B4-C) utilizando una temperatura de bandeja de 30°C. Se realizaron ensayos por triplicado en intervalos de 1 a 24 h, obteniendo así la variación del contenido de humedad en función del tiempo. En los productos finales se midió la actividad acuosa (método higrométrico, Aqualab 4TEV). Para la predicción de la variación del contenido de humedad vs tiempo, se empleará una ecuación exponencial del tipo $W=a*exp(- b*t)$

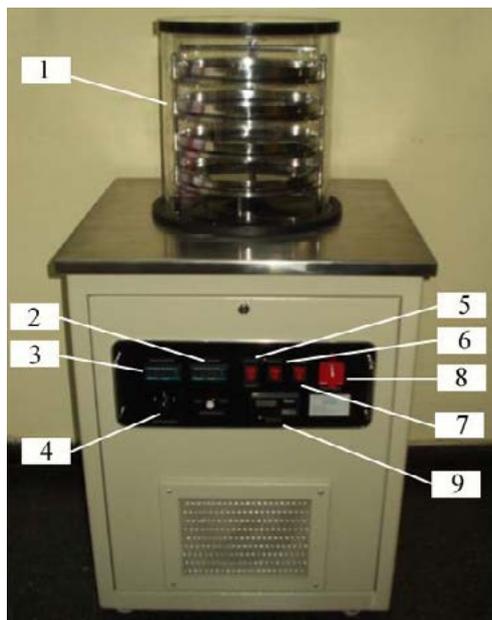


Figura 1. 1. Cámara de vacío 2. Control de temperatura; 3. Pantalla que muestra los datos de presión y temperatura; 4. Selector de temperatura a mostrarse (estante, producto o condensador); 5. Botón que inicia el condensador y el registro de temperatura; 6. Botón para

iniciar la bomba de vacío; 7. Botón que inicia el calentamiento de las bandejas; 8. Botón de encendido general; 9. Sensor de presión absoluta.

Resultados y discusión

Caracterización de la materia prima

En primer lugar, se estimó la composición de la materia prima mediante la metodología descrita previamente, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 1. Composición porcentual de frutilla fresca (% m/m) proveniente del cinturón hortícola platense.

Frutilla Fresca	Humedad	Proteínas	Lípidos	Cenizas	Carbohidratos
	90,8	0,75	0,2	0,47	7,9

De acuerdo a lo que pudo apreciarse en la tabla, los valores determinados fueron comparables a los obtenidos por otros autores Del Valle Soazo y Col. (2012) y a los valores informados por la base de datos de la USDA (2023). Estos datos no solo resultan de utilidad para nuestro trabajo sino también se presentan como una información valiosa para los productores de la zona.

Obtención de la formulación

En base a experiencia adquirida por el grupo de investigación, se preparó la formulación en base a pulpa de frutilla de acuerdo a la siguiente proporción

Tabla 2. Composición porcentual de la formulación para las muestras utilizadas en el proceso de liofilización.

Formulación	Pulpa de Frutilla	Sacarosa	Ácido Cítrico
	78%	21%	1%

Previo a la etapa de llenado de moldes y congelación, a dicha formulación se le realizaron mediciones de pH, sólidos solubles (° Brix) y actividad acuosa. Estos resultados se presentan en la siguiente tabla

Tabla 3. Caracterización de la formulación a base de pulpa de frutilla, sacarosa y ácido cítrico.

Parámetro	Formulación
Sólidos solubles (° Brix)	29,51 ± 1,84
Actividad acuosa	0,921 ± 0,003
pH	2,51 ± 0,16
Humedad	68,94 ± 1,81

Proceso de liofilización

En la Figura 2 se presenta la curva experimental de contenido de humedad adimensional en función del tiempo de proceso de liofilización junto con los valores predichos por un modelo exponencial sencillo, propuesto para su ajuste

$$\frac{W_t}{W_0} = 1,038e^{-0,009 t} \quad (1)$$

Como puede observarse el contenido de humedad presenta un descenso marcado durante los primeros 400 min de proceso (6hs), probablemente correspondiéndose con la *etapa primaria* o *de sublimación*. Al respecto, autores como Reale y col. (2021) sugieren que en un proceso de liofilización es durante esta etapa que se produce la mayor evaporación del agua libre del alimento, periodo que finaliza con la sublimación completa del hielo.

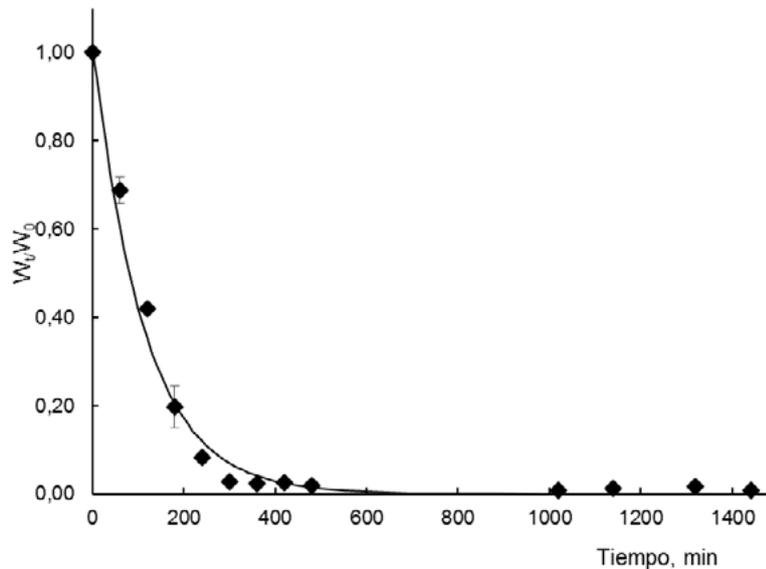


Figura 2. Curva adimensional del contenido de humedad en función del tiempo de proceso de liofilización a 30°C: valores experimentales (*simbolos*) y valores predichos (*línea continua*) por el modelo exponencial.

Por otra parte, a partir de los 400 min, en adelante, la disminución en el contenido de agua se ralentiza, es decir, entramos en *la etapa secundaria* o *de desorción*, en la cual el agua más ligada al alimento (*sin congelar*) es eliminada. Un periodo caracterizado por ser mucho más lento en comparación con el anterior (Shishegarha y col., 2002). El modelo propuesto resulta muy práctico y sencillo para el ajuste de los datos como puede apreciarse en el valor de alcanzado $r^2=0,987$. No obstante, este tema requiere de mayor investigación y explorar la aplicación de modelos matemáticos de mayor complejidad que integren la variación en el contenido de humedad y temperatura de producto durante el proceso.

La Figura 3 presenta fotografías de los snacks de frutilla obtenidos al finalizar el proceso de liofilización.



Figura 3. Fotografías de las formulaciones: **a)** Muestras liofilizadas durante 24 h a 30°C **b)** Snack a base de pulpa de frutilla.

En estas condiciones el contenido final de la formulación fue de 0,025 kg agua/kg materia seca, siendo el valor de actividad acuosa (a_w) $\leq 0,5$, lo cual sugiere que se trata de un producto estable y microbiológicamente seguro.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, se considera que la metodología propuesta puede resultar conveniente para la producción de un snack a base de pulpa de frutilla que resulte novedoso y atractivo para los consumidores. Si bien los fenómenos de transferencia en procesos como la liofilización resultan complejos por las condiciones en las cuales se realizan, el modelo propuesto resulta sencillo y práctico para incorporarse en sistemas de control para optimizar los tiempos de proceso. Por otro lado, este tipo de tecnología puede contribuir al agregado de valor de un producto de la región y generar productos que puedan incorporarse al mercado nacional y/o como producto de exportación, generando mano de obra genuina y divisas para nuestro país.

Bibliografía

- AOAC (1998). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists.
- Demarchi, S.M., Quintero Ruiz, N.A., Concellón, A. y Giner, S.A. (2013). Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4), 310-318.
- Hammami, C., & René, F. (1997). Determination of Freeze-Drying Process Variables for Strawberries. *Journal of Food Engineering*, 32, 133–154.
- Hui, H.Y., Clary, C., Fardi, M.M., Fasina, O.O., Noomhorm, A. y Welti-Chanes, J. (2008). Food drying science and technology. Chapter 17, 215-248. Ed. DEStech Publications, Inc. Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación. (2018). 4º Encuesta Nacional de Factores de Riesgo. Dirección Nacional de Promoción de la Salud y Control de
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2003). Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. Serie de Informes Técnicos, N° 916.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- Reale, V.A.; Torrez Irigoyen, R. Martín y Giner, S.A. (2021) Liofilización de frutillas. Modelado matemático del periodo de secado primario o de sublimación. Presentado en las 6ta Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión. Facultad de Ingeniería, Universidad

Nacional de La Plata, 14, 15 y 16 de septiembre de 2021. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Shishegarha, F., Makhlouf, J., & Ratti, C. (2002). Freeze-Drying Characteristics of Strawberries. *Drying Technology*, 20, 131–145.

Del Valle Soazo, M., Verdini, R.A., Rubiolo, A.C. (2012). Aplicación de recubrimientos comestibles para mantener la calidad de frutillas congeladas.

Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA). (2023) <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346409/nutrients>