

# Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de espinacas

**David Alejandro Reyes Rómulo**

[drromulo@mecanica.ismm.edu.cu](mailto:drromulo@mecanica.ismm.edu.cu)

Universidad de Moa (Cuba)

**Yenisleidis Tamayo Sánchez**

[yenisleidistamayosanchez@gmail.com](mailto:yenisleidistamayosanchez@gmail.com)

Universidad de Ciencias Médicas de Holguín (Cuba)

**Resumen:** Se diseñó una cámara frigorífica para la conservación de espinacas con el fin de prolongar las propiedades de esta verdura por un mayor periodo de tiempo. La cámara se pretende ubicar en el Hogar Materno Municipal de Moa para el consumo de las gestantes por el alto contenido de micronutrientes de esta verdura y la importancia de su consumo por parte de las embarazadas. La refrigeración de la cámara conserva el color, la apariencia, el sabor y el aroma de la verdura extendiendo su utilidad culinaria y sus aportes vitamínicos por un mayor periodo de tiempo.

**Palabras claves:** cámara refrigerante; conservación de alimentos; conservación de vegetales; sistema de refrigeración; *Spinacea Oleracea L.*; tratamiento térmico

## Design of a cold fridge for the preservation of spinach

**Abstract:** A cold room was designed for the preservation of spinach in order to prolong the properties of this vegetable for a longer period of time. The camera is intended to be located in the Municipal Maternity Home for the consumption of pregnant women due to the high micronutrient content of this vegetable and the importance of its consumption by pregnant women. The refrigeration of the chamber preserves the color, appearance, flavor and aroma of the vegetables, prolonging their culinary usefulness and their vitamin contributions.

**Keywords:** cooling chamber; food preservation; vegetable preservation; refrigeration system; *Spinacea Oleracea L.*; heat treatment

## Introducción

La refrigeración es el tratamiento de conservación de alimentos más extendido y el más aplicado, tanto en el ámbito doméstico como industrial (Benítez-Cortés *et al.*, 2022). Su aplicación tiene la ventaja de no producir modificaciones en los alimentos. El propósito de la refrigeración es retardar el daño por microorganismos y el deterioro por procesos químicos y físicos (Par, 2017). Los sistemas de refrigeración son de gran utilidad en el sector alimentario, especialmente en la conservación, manipulación y procesamiento de alimentos perecederos (Zamora *et al.*, 2022) que necesitan condiciones de tratamiento, manipulación y conservación (Garrido *et al.*, 2022).

La espinaca (*Spinacea Oleracea L*) es una planta anual, dioica, de la familia de las amarantáceas, cultivada como verdura por sus hojas comestibles, grandes y de color verde muy oscuro. Es rica en nutrientes y varios antioxidantes. También contiene ácido oxálico por lo que se ha de consumir con moderación. Es un alimento bajo en calorías, con bajo contenido de grasas, relativamente bajo en proteínas y buen aportador de fibra y micronutrientes como vitaminas A, B, C, E y K y minerales, especialmente hierro (Pighín & Rossi, 2010).

Su cultivo se realiza en cualquier época del año y se puede consumir fresca o cocida. En la actualidad es una de las verduras que habitualmente se encuentra helada o congelada.

Hernández *et al.* (2019) aseguran que la espinaca es un elemento naturalmente rico en folato natural y abordan la importancia de este micronutriente en el embarazo para la prevención de patologías frecuentes como las infecciones, preeclampsia, hemorragia uterina, desprendimiento abrupto de la placenta, retardo del crecimiento intrauterino y prematuridad (Hodgetts *et al.*, 2015). El ácido linolénico (omega 3) se ha reportado también en la espinaca, con grandes beneficios en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejora de la función mental, de la vista y efectos anti-inflamatorios (Jackson y Paliyath, 2011; Román *et al.*, 2018).

Los micronutrientes presentan variadas funciones en el cuerpo humano: las vitaminas ayudan al crecimiento y desarrollo y al mantenimiento del sistema inmunológico mientras que los minerales ayudan a la formación ósea, al equilibrio de la tensión arterial y la transmisión de los impulsos nerviosos (Etxebeste, 2023).

Conservar las espinacas para el consumo humano y específicamente para la dieta de las embarazadas del hogar materno contribuirá al equilibrio dietético de las pacientes que, por diversas patologías, se encuentren internadas en este centro asistencial de salud.

Tudela *et al.* (2013) y Gutiérrez, Casóliba & Rodríguez (2015) señalan que al ser la espinaca altamente perecedera debido a su actividad respiratoria y su elevada pérdida de agua su vida útil es corta permaneciendo fresca menos de tres días a temperatura ambiente y menos de 7 días a 7°C, almacenadas con alta humedad relativa ambiente (Medina *et al.*, 2012).

La temperatura recomendable de conservación es 0 °C, con una humedad relativa de 95 %. En condiciones óptimas, se conserva de 10 a 14 días. Es un producto con baja producción de etileno y altamente susceptible al mismo, el cual se manifiesta a través del amarillamiento de las hojas y aumento de pudriciones (Gutiérrez, Casóliba & Rodríguez, 2015).

Las magnitudes a tener en cuenta para la conservación de la espinaca se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valores considerados para la conservación de espinacas

Calor latente	71.7 Kcal/Kg
Temperatura congelación	-0,9 °C
Contenido de agua	90,0%
Calor refrigeración	1251(0°C)
Velocidad máx aire	0,30 m/s

El objetivo de este trabajo es diseñar una cámara frigorífica para la conservación de espinacas para el consumo de las gestantes internadas en el Hogar Materno Municipal de Moa.

## **Materiales y métodos**

Dentro de los principales métodos de conservación de los alimentos se encuentran: la conservación por frío, el cual inhibe los agentes alterantes (algunos de forma total y otros de forma parcial) lo que permite su conservación a largo plazo (Par, 2017).

La cámara frigorífica en la cual se han de almacena las espinacas se prevé instalar en el Hogar Materno Municipal de Moa, Holguín, Cuba.

El clima de la zona donde se ha de colocar la cámara es del tipo tropical húmedo, con abundantes lluvias, influenciado por la orografía de la región. Las montañas del grupo Sagua-Baracoa sirven de barrera a los vientos Alisios del noreste, los cuales descargan toda su humedad en forma de abundantes precipitaciones en la parte norte. La distribución de las precipitaciones se caracteriza por dos períodos de lluvia, (mayo-junio) y (septiembre enero) y dos períodos de seca (febrero-abril) y (julio-agosto). La temperatura media anual oscila entre 21,5 °C y 30,41 °C (Lezcano Rodríguez, 2018).

### **Características del producto a conservar**

#### **Materiales para la construcción de la cámara frigorífica**

La cámara de refrigeración será construida con una estructura de cemento y cubierta con Polyfoam, un excelente aislante térmico, también conocido como poliestireno extruido (XPS).

El XPS es un aislante térmico compuesto por una espuma rígida, de carácter termoplástico y de estructura celular cerrada que se obtiene a partir de la extrusión del poliestireno (PS). Es considerado uno de los mejores productos para el aislamiento por el exterior dada su elevada durabilidad. Entre sus propiedades se destacan su resistencia mecánica y que es un producto reciclable y reutilizable al 100% (Palomares, García & Arnal, 2022). Normalmente se sirve machihembrado, en planchas y con espesores típicos de 40/50/60/80 mm. Posee una conductividad térmica típica entre 0,025 W/mk y 0,040 W/mk. Presenta una baja absorción de agua y unas prestaciones mecánicas muy altas. Tiene una densidad operante entre 30 y 33 kg/m<sup>3</sup>.

Las placas de Polyfoam tendrán un espesor de 30, 40, 50 y 60 mm de espesor. La conductividad térmica ( $\lambda$ ) del material es de 0,0340 (W/mK).

Las verduras se guardarán en cajas de cartón con medidas de 600 mm de largo, 400 mm de ancho y 500 mm de alto, con un peso de 0,7 kg cada una y un calor específico de 0,30 Kcal/Kg°C, colocadas en estibas de 3.

#### **Características físicas de la cámara**

Volumen de la cámara:  $V_c = 36 \text{ m}^3$

Cantidad de espinacas por cajas:  $M_{pcj} = 18 \text{ Kg}$

Cantidad de cajas:  $N_{cj} = 162$

Masa de producto que entra a la cámara:  $M_p = 2,91T$

Carga de transmisión de calor:  $T_e = 305,15K$

Humedad específica exterior:  $W_e = 0,025 \text{ Kgua/Kgas}$

Temperatura de la cámara:  $T_c = 267,25 \text{ K}$

Coefficiente global de transferencia de calor (NC):  $k(NC) = 0,407 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Coefficiente de conductividad térmica:  $\lambda_{ct} = 0,0340 \text{ W/(mK)}$

Espesor del aislante requerido:  $\delta N = 90 \text{ mm (40+50)}$ .

Dimensiones exteriores de la cámara:

$$L_{ec} = L_c + \delta N = 6 + 0,09 = 6,09 \text{ m}$$

$$A_{ec} = A_c + \delta N = 3 + 0,09 = 3,09 \text{ m}$$

$$H_{ec} = H_c + \delta N = 2 + 0,09 = 2,09 \text{ m}$$

Dónde:

$L_{ec}$ : Longitud exterior de la cámara

$L_c$ : Largo de la cámara

$A_c$ : Ancho de la cámara

$A_{ec}$ : Ancho exterior de la cámara

$H_c$ : Alto de la cámara

$H_{ec}$ : Altura exterior de la cámara

### Área exterior de la cámara

$$S_{ec} = 76,0086 \text{ m}^2$$

$$Q_a = 28\,138,930 \text{ Kcal}$$

Dónde:

$Q_a$ : Carga sensible

Coefficiente global de transferencia de calor:  $K_{tc} = 0,377 \text{ W/(m}^2\text{k)}$

Humedad específica interior:  $W_c = 0,004$

Infiltración promedio del aire exterior ( $Q_v$ ) a menos de  $0^\circ\text{C}$  en cambios por 24 h

Potencia frigorífica  $NR = 11,9 \text{ W}$

$$Q_v = 113\,903,76 \text{ Kcal/h}$$

Enfriamiento del producto a temperatura inferior a su temperatura de congelación:

$$Tep = 296,15 K$$

Carga de enfriamiento del producto de su temperatura de entrada en la cámara hasta su temperatura de congelación:

$$Qp1 = 63,985 Kcal/24h$$

Carga latente de solidificación o congelación del producto:

$$Qcg = 208,647 Kcal/24h$$

Carga de enfriamiento del producto desde su temperatura de congelación hasta la temperatura de la cámara:

$$Qp2 = 7,420 Kcal/24h$$

$$Qp = 980,045 Kcal/24h$$

Carga de respiración de frutas y vegetales:

$$Qresp = 187\,369,84 Kcal/24h$$

Carga de personas:

$$Qper = 4\,384 Kcal$$

Carga del equipo eléctrico:

$$Qeq = 1\,765,583 Kcal$$

Carga diaria total:

$$QdT = 308\,403,228 Kcal$$

Carga horaria:

$$CH = 212022,721925 Kcal/h$$

$$CH = 24,642274 kW$$

$$TR = 7,000646023$$

Volumen de la cámara:  $Vc = Lc \cdot Ac \cdot Hc$

$$Vc = 36 m^3$$

Cantidad de espinacas por cajas:  $Mpcj = 18 Kg$

Cantidad de cajas:  $Ncaja = 162$

Masa de producto que entra a la cámara:

$$M_p = M_{pcj} \cdot N_{caja}$$

$$M_p = 18 \text{ Kg} \cdot 162 = 2,91T$$

### Temperatura del aire exterior

Carga de transmisión de calor:

$$T_e = 32^\circ C + 273,15K = 305,15K$$

Humedad específica exterior:

$$W_e = 0,025 \text{ Kgua/Kgas}$$

Temperatura de la cámara:

$$T_c = T_{cg} - 5 \text{ K}$$

$$T_c = 267,25 \text{ K}$$

Coefficiente global de transferencia de calor (NC):

$$k(NC) = 0,407 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Coefficiente de conductividad térmica:

$$\lambda_{ct} = 0,0340 \text{ W/(mK)}$$

Espesor del aislante requerido:

$$\delta_c = \lambda_{ct} / kNC$$

$$\delta_c = 83,5 \text{ mm}$$

$$\delta_N = 90 \text{ mm}$$

Área exterior de la cámara:

$$Sec = 2(Lec \cdot Aec + Lec \cdot Hec + Aec \cdot Hec)$$

$$Sec = 76,0086 \text{ m}^2$$

$$Qa = Sec \cdot kNC (Te - Tc) \cdot 24 \text{ h}$$

$$Qa = 28 \text{ 138,930 Kcal}$$

Coefficiente global de transferencia de calor:

$$Ktc = \lambda_{ct} / \delta$$

$$Ktc = 0,377 \text{ W/(m}^2\text{k)}$$

Carga de infiltración:

Humedad específica interior:  $Wc = 0,004$

Infiltración promedio del aire exterior a menos de 0°C en cambios por 24 h

$$NR = 11,9$$

$$Q_{sv} = 0,29 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}\cdot\text{m}^3\cdot\text{K}} \cdot Vc \cdot NR (Te - Tc) = 0,29 \cdot 36 \cdot 11,9 (305,15\text{K} - 267,25\text{K}) = 4\,739,60 \text{ kcal}$$

$$Q_v = (Q_{sv} + Q_{lv}) \cdot 24h = (4\,739,60 \text{ kcal} + 6,387 \text{ Kcal}) \cdot 24h = 113\,903,76 \text{ Kcal/h}$$

### **Enfriamiento del producto a temperatura inferior a su temperatura de congelación**

Temperatura de entrada del producto:

$$Tep = 23^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K} = 296,15 \text{ K}$$

Carga de enfriamiento del producto de su temperatura de entrada en la cámara hasta su temperatura de congelación:

$$Q_{p1} = mp \cdot Cps (Tep - Tcg)$$

$$Tcg = -0,9 + 273,25 \text{ K} = 272,25 \text{ K}$$

$$Q_{p1} = 2,91 \cdot 0,92 (296,15 \text{ K} - 272,25 \text{ K})$$

$$Q_{p1} = 63,985 \text{ Kcal/24h}$$

Carga latente de solidificación o congelación del producto:

$$Q_{cg} = mp \cdot h_{lfg}$$

$$Q_{cg} = 208,647 \text{ Kcal/24h}$$

Carga de enfriamiento del producto desde su temperatura de congelación hasta la temperatura de la cámara:

$$Q_{p2} = mp \cdot Cps (Tcg - Te)$$

$$Q_{p2} = 2,91 \cdot 0,51 (272,25 \text{ K} - 267,25 \text{ K})$$

$$Q_{p2} = 7,420 \text{ Kcal/24h}$$

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{cg} + Q_{p2}$$

$$Q_p = 63,985 + 208,647 + 7,420$$

$$Q_p = 980,045 \text{ Kcal/24h}$$

**Carga de respiración de frutas y vegetales:**

$$Q_{resp} = mp \cdot C_{resp} \cdot 24h$$

$$Q_{resp} = 369,84 \text{ Kcal}/24h$$

**Carga de personas:**

Calor disipado por las personas:

$$C_{per} = 274 \text{ Kcal}/h$$

Cantidad de personas:

$$N_{per} = 2$$

Tiempo de permanencia de las personas:

$$T_{per} = 8 \text{ h}$$

$$Q_{per} = N_{per} \cdot C_{per} \cdot t_{per}$$

$$Q_{per} = 4 \text{ 384 Kcal}$$

**Carga del equipo eléctrico:**

Potencia el motor:  $N_{motor} = 90 \text{ W}$

Tiempo de funcionamiento:

$$t_{motor} = 18 \text{ h}$$

$$t_{iluminación} = 8 \text{ h}$$

Potencia luminaria:

$$N_{lum} = 54 \text{ W}$$

$$Q_{motor} = N_{motor} \cdot t_{motor} = 90 \text{ W} \cdot 18 \text{ h} = 1 \text{ 393,881 Kcal}$$

$$Q_{lum} = N_{lum} \cdot t_{lum} = 54 \text{ W} \cdot 8 \text{ h} = 371,702 \text{ Kcal}$$

$$Q_{eq} = Q_{motor} + Q_{lum} = 1 \text{ 393,881 Kcal} + 371,702 \text{ Kcal}$$

$$Q_{eq} = 1 \text{ 765,583 Kcal}$$

**Carga diaria total:**

$$Q_{dT} = Q_v + Q_p + Q_{resp} + Q_{per} + Q_{eq}$$

$$Q_{dT} = 308 \text{ 403,228 Kcal}$$

## Carga horaria

$$CH = \frac{QdT + 10\% \cdot QdT}{16 \text{ h}}$$

$$CH = 24,642274$$

El tiempo máximo de almacenamiento de las espinacas en la cámara frigorífica debe ser de 14 días, conservadas con una humedad relativa inicial de 95 % con una variación de 90-95 %. La temperatura inicial de conservación en la cámara será de 0°C con variaciones hasta 0,2 °C.

Este diseño de cámara puede resultar útil para la preservación de espinacas a consumir por las gestantes y puede ser una opción viable por su sencillo diseño y su funcionalidad práctica. El tratamiento térmico, permitirá mantener en óptimas condiciones las espinacas a consumir.

## Conclusiones

Se estima que con la refrigeración en la cámara frigorífica las espinacas mantengas sus contenidos vitamínicos y nutricionales para el consumo de las gestantes internadas en el hogar materno de Moa.

El almacenamiento en refrigeración prolonga las características de las hojas de espinacas para su posterior consumo por un promedio de entre 10 y 14 días.

La refrigeración en la cámara frigorífica conserva los atributos de calidad dentro del rango de aceptación para los consumidores.

## Referencias bibliográficas

Benítez-Cortés, I., Reina-Estrada, O. L., Hernández-Rojas, D., González de la Cruz, Velazco Rosell, O. A. & Pérez Sánchez, A. (2022). Modelos de predicción de las cargas térmicas en una cámara frigorífica de productos cárnicos. *Scientia et Technica*, 27(27). <https://doi.org/10.22517/23447214.24740>.

- Etxebeste, M. (2023). Beneficio y uso de los micronutrientes. *El farmacéutico*, 522, 26-29. <https://www.elfarmacéutico.es/uploads/s1/17/83/61/ef-622-te-interesa-micronutrientes.pdf>.
- Garrido, E., Martínez, J., Velásquez, J., Mujica, Y. & Yépez, T. (2022). Evaluación de la conservación de pulpas de parcha granadina. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente (A.S.A)*, 18(1), 73-92, <https://revistas.unclave.org/index.php/asa/artivcle/view/3870>.
- Gutiérrez, D.R., Casóliba, R. M. & Rodríguez, S. del C. (2015). Diseño de una línea de proceso para pequeñas y medianas industrias iv gama: espinacas (*Spinacia oleracea L.*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 18-26, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864003>.
- Hernández, F., Martínez, G., Rodríguez, Y., Hernández, D., Pérez, A. & Almeida, S. (2019). Ácido fólico y embarazo, ¿beneficio o riesgo? *Revista Médica Electrónica*, 41(1). <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/3047/4207>.
- Hodgetts, V., Morris, R.K., Francis A., Gardosi, J. & Ismail, K.M. (2015). Effectiveness of folic acid supplementation in pregnancy on reducing the risk of small-for-gestational age neonates: a population study, systematic review and meta-analysis. *BJOG. An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 122(4), 478-490. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1361699994707247232>.
- Jackson C. J. C. & Paliyath, G. (2011) Functional foods and nutraceuticals: In: Functional Foods, Nutraceuticals, and Degenerative Disease Prevention. G. Paliyath, M. Bakovic and K. Shetty (eds.). Wiley-Blackwell. Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9780470960844.ch2>.
- Lezcano Rodríguez, C.R. (2018). *Evaluación de la Vulnerabilidad Global en la Presa de Colas Inactiva de Moa*. (Tesis de Diploma, Universidad de Moa). <http://ninive.ismm.edu.cu/hamndle/123456789/1507>.
- Medina, M.S., Tudela, J.A., Marín, A., Allende, M.I. (2012). Short postharves storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimal processed baby

spinach. *Postharvest Biology And Technology* 67, 1–9,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521411002895>.

Palomares, A., García, B. & Arnal, J. M. (2022). *Estudio de seguridad y salud del proceso de transformación y fabricación del poliestireno extruido (XPS)*. 26<sup>th</sup> International Congress on Project Management and Engineering Terrassa, 5th-8th.1771-1783,  
<http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/3295>.

Par, M.G. (2017). Aplicación de los métodos de conservación de alimentos. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 1(15), 10-20.

Pighín, A.F. & Rossi, A.L. (2010). Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina c pre y post cocción. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2), 201-207, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-577386>.

Román, N. R., García., M. R., Castillo., A. M., Sahagún, J. & Jiménez, M. A. (2018). Características nutricionales y nutracéuticas de hortalizas de uso ancestral en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(3), 244-262,  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61059021004>.

Tudela, J., Marín, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Medina-Martínez, M. & Gil, M.I. (2013). Off-Odour development in modified atmosphere pack-ged baby spinach is an unresolved problema. *Postharvest Biology and Technology*, 75, 75–85,  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521412001883>.

Zamora, J.R., Briones, L.R., Arteaga, A.R. & Rodríguez, P. (2022). Determinación de la disponibilidad de un sistema de refrigeración industrial para la industria atunera. *Ingeniería Mecánica*, 25(2), 1-8,  
<https://ingenierianecani.cujae.edu/index.php/revistaim/article/view/690>.