



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INFLUENCIA DE TEMPERATURA, INHIBIDOR ENZIMÁTICO Y EMPAQUE, EN LA CALIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ESPÁRRAGO *Asparagus officinalis* MÍNIMAMENTE PROCESADO.

Autores:

Damian Israel Ibarra Morales

Directora:

Dra. Lucía Toromoreno

Comité Lector:

Ing. Rosario Espín

Ing. Juan Carlos De la Vega

Ing. Nicolás Pinto

Ibarra – Ecuador

2016

Lugar de la investigación:

Laboratorio de análisis físicos - químicos y microbiológicos de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS:	Ibarra Morales
NOMBRES:	Damian Israel
C. CIUDADANÍA:	100401362-7
TELÉFONO CONVENCIONAL:	062 611399
TELÉFONO CELULAR:	0980684913
CORREO ELECTRÓNICO:	isra_ibam@hotmail.com
DIRECCIÓN:	Imbabura – Antonio Ante – Imbaya – Manuel Gonzalo Salazar

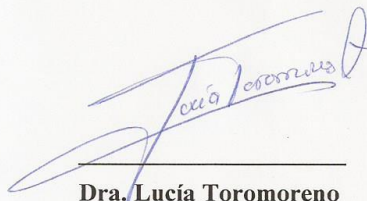
FORMATO DEL REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

IBARRA MORALES, DAMIAN ISRAEL. INFLUENCIA DE TEMPERATURA, INHIBIDOR ENZIMÁTICO Y EMPAQUE, EN LA CALIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ESPÁRRAGO *Asparagus officinalis* MÍNIMAMENTE PROCESADO/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra 21 de Junio de 2016.

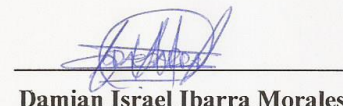
DIRECTORA: Toromoreno, Lucía

El procesamiento mínimo del espárrago *Asparagus officinalis*, es un aporte a mejorar la calidad y el tiempo de vida útil del espárrago. Esta investigación esta encaminada al uso de temperaturas de almacenamiento, inhibidores enzimáticos y empaques, controlando durante todo el proceso cada una de ellas, para que de esta manera se pueda llegar a la obtención del producto final deseado con características organolépticas y nutricionales adecuadas.

Ibarra 21 de junio de 2016



Dra. Lucía Toromoreno
Directora De Tesis



Damian Israel Ibarra Morales
Autor

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TÍTULO: INFLUENCIA DE TEMPERATURA, INHIBIDOR ENZIMÁTICO Y EMPAQUE, EN LA CALIDAD Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL ESPÁRRAGO *Asparagus officinalis* MÍNIMAMENTE PROCESADO.

AUTORES:

Damian Israel Ibarra Morales

DIRECTORA:

Dra. Lucía Toromoreno

RESUMEN. La investigación se la realizó en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales, ubicados en la ciudad de Ibarra. El objetivo de la investigación fue: procesar espárrago *Asparagus officinalis* como alimento de cuarta gama o mínimamente procesado, tomando en cuenta tres factores de estudio como son: temperatura de almacenamiento (3 y 8) °C, tipo de inhibidor enzimático (metabisulfito de sodio y ácido cítrico), tipo de empaque (polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad). Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.) con arreglo factorial A x B x C, con 8 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 24 unidades

experimentales de 100 g cada una. Como análisis funcional se empleó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS al 5% para factores.

Las variables físicas evaluadas fueron: peso, sólidos totales, pH, firmeza y color. Las variables químicas evaluadas fueron: cenizas, azúcares reductores, fibra y vitamina C.

Una vez realizados los respectivos ensayos, se logró obtener un alimento de cuarta gama con calidad nutricional y microbiológicamente apto para el consumo, obteniéndose como mejor tratamiento a T7 (con una temperatura de almacenamiento de 8 °C + ácido cítrico como inhibidor enzimático + empaque de polietileno de baja

densidad), con un tiempo de vida útil estimado de 21 días después de su elaboración.

De esta manera, se aceptó la hipótesis alternativa, la temperatura de almacenamiento, el tipo de inhibidor enzimático y el tipo de empaque, influyen significativamente en la calidad y el tiempo de vida útil del espárrago mínimamente procesado.

Palabras Clave. Turión, pardeamiento enzimático, atmosfera controlada, postcosecha, tratamientos químicos.

ABSTRACT. The research was conducted in the laboratories of the School of Agro-industrial Engineering, Faculty of Engineering in Agricultural and Environmental Sciences; located in Ibarra-Ecuador. The research aimed to process asparagus (*Asparagus officinalis*) as a fourth range food or a minimally processed one.

Three study factors were taken into research consideration: i) Storage temperature at (3 and 8) °C; ii) Enzyme inhibitor types: sodium metabisulfite and citric acid; And iii) Type of packaging: LDPE and HDPE.

The research design applied was completely randomized (CRD), with a factorial

arrangement of “A x B x C”, it included 8 treatments and 3 repetitions completing 24 experimental units of 100 g each. The functional analysis consisted of a Tukey’s test, used at 5% for treatments DMS factors.

Two types of variables were included: Physical variables such as: weight, total solids, pH, firmness and colour. And chemical variables such as: ash, reducing sugars, fiber and vitamin C.

Once the variables were tested, it was possible to obtain a fourth range food with high nutritional quality and microbiologically suitable for consumption. T7 was the best treatment among the trials (T7= storage temperature at 8 °C + citric acid as enzyme inhibitor + LDPE packaging). As the final outcome, product lifetime for T7 reached 21 days after elaboration date.

Once the respective tests, it was possible to obtain a food fourth range with nutritional quality and microbiologically unfit for consumption, getting as better treatment to T7 (with a storage temperature of 8 °C + citric acid as enzyme inhibitor + packaging LDPE), with an estimated lifetime of 21 days after preparation.

In this way, accepted the alternative hypothesis, the storage temperature, the type of enzyme inhibitor and the type of packaging, they significantly influence the quality and lifetime of minimally processed asparagus.

Key Words. Turion, enzymatic browning, controlled atmosphere, postharvest, chemical treatments.

1. **INTRODUCCIÓN.** En los últimos años se ha dado gran importancia al consumo de vegetales y hortalizas, su bajo aporte calórico, su alto contenido de fibra, vitaminas y minerales, son en gran medida beneficiosos al momento de consumirlos. Dentro de las hortalizas de mayor aporte nutricional se encuentra el espárrago que como menciona Preedy (2014), el espárrago es uno de los alimentos que menos calorías, grasas y carbohidratos aporta, es rico en agua, y apenas contiene proteínas, pero si mucha fibra, vitaminas: C, A, tiamina, riboflavina y minerales.

Su corto tiempo de vida útil que inicia inmediatamente después de ser cosechado, hace que este producto no pueda ser almacenado por largos períodos de tiempo.

Debido a su alta tasa de respiración, éste vegetal se deteriora rápidamente, haciendo que pierda sus propiedades organolépticas y nutricionales.

La elaboración de productos mínimamente procesados es un mercado que se ha generado espacio en los últimos años; estas técnicas están pensadas en la población, ya que ésta necesita productos innovadores, de consumo rápido y que aporten a la nutrición humana, producidos bajo parámetros de calidad.

Según Sun (2014), menciona que los vegetales mínimamente procesados están comúnmente definidos como cualquier vegetal que ha sido sujeto a diferentes procesos para obtener un producto totalmente comestible, mientras que proporciona comodidad y funcionalidad a los consumidores, garantizando la seguridad alimentaria.

Esta investigación está enfocada al manejo de temperaturas de almacenamiento, inhibidores enzimáticos y empaques como una forma de prolongar la vida útil y conservar la calidad del espárrago, manteniendo el contenido nutricional tras la cosecha y

evitar pérdidas económicas en su comercialización.

2. **MATERIALES Y MÉTODOS.** Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en el cual se evaluaron 8 tratamientos y 3 repeticiones.

Tabla 1. Caracterización del lugar

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Sitio	Unidades productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial
Latitud geográfica	00° 19' 47" N
Longitud geográfica	78° 07' 56" W
Temperatura media	18 °C
Altitud	2250m.s.n.m.
HR. Promedio	62%
Pluviosidad	503 – 1000 mm. Año

Fuente: (INAHMI, 2015)

Tabla 2. Materia prima e insumos

Materia prima	Insumos
Espárrago	Metabisulfito de sodio (Na ₂ S ₂ O ₅)
Agua	Ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) Hipoclorito de sodio (NaClO)

Tabla 3. Equipos e instrumentos

Instrumentos	Equipos
Films de polietileno de baja densidad (29x17.5)	Refrigeradora (6 pies)
Films de polietileno de alta densidad (29x17.5)	Balanza analítica (0.1mg)
Bandejas de plástico	Balanza digital
Cooler	Digestor (6 tubos/100ml)
Cuchillos	pH meter
Coladores plásticos	Penetrómetro (30lbf /0.25lbf)
Mesa de corte (acero inoxidable)	Tablas colorimétricas
Jarras (2lts)	Estufa (50 lts/220 °C)
Probetas (100ml)	Mufla (3pies/50 a 1100 °C)
Cucharas	Desecador (20 y 25cm)
Selladora de mano (40cm)	Fibertest (6 conos)
Recipientes plásticos (20 lts)	Autoclave (50 lts)
Balones aforados (100ml)	Incubadora semiautomática (50 lts)
Papel filtro	Destilador de agua (18lts)
Termómetro (-20 a 50 °C)	
Vasos de precipitación (50ml)	
Buretas (25ml)	
Cajas Petri	
Crisoles	
Cronómetro	

PROCESO

RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA. La materia prima que fue proveniente de una plantación en el sector de Tumbabiro en la provincia de Imbabura, fue receptada teniendo en cuenta que deben estar

exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.

PRE ENFRIADO. Se colocó la materia prima dentro de hieleras de doble camisa pre enfriadas a temperaturas inferiores a 10 °C, ya que es importante mantener la cadena de frío durante el transporte y el proceso.

PESADO 1. Una vez receptada la materia prima, se procedió con a respectivo pesado para registrar la cantidad de masa inicial que ingresa para el procesamiento del producto.

SELECCIONADO. Se seleccionó la materia prima de acuerdo a su peso, forma y tamaño. Teniendo en cuenta que deben estar sanos, enteros, exentos de cualquier materia extraña visible, plagas o daños causados por plagas, sin magulladuras, con aspecto y olor a fresco.

CLASIFICADO. Una vez seleccionada, la materia prima fue clasificada de acuerdo a su grado de madurez y cantidad de impurezas, nuestra materia prima se ubica en la Categoría I, es decir, de buen color, tamaño y grosor (bien formados), ligeramente curvos. En cuanto al color los espárragos deberán ser verdes por lo menos en el 80% de su longitud. El corte en la base de los turiones fue lo más escuadrado posible.

PESADO 2. Una vez realizado la respectiva selección y clasificación, se procedió con un segundo pesado, para conocer la masa de producto que está apto para un adecuado proceso.

DESINFECTADO. El espárrago fue desinfectado con abundante agua clorada (cloro a 200 ppm), dando ligeros frotos a cada turión para así eliminar impurezas y microorganismos que vinieron desde el sitio de cosecha.

CORTADO. Se procedió a cortar el espárrago lo más escuadrado posible en una longitud de aproximadamente 6cm, longitud mínima según la norma para espárragos troceados, el corte se lo realizó con materiales estériles y desinfectados, para evitar que se dañe y oxide el producto.

PESADO 3. Una vez cortado todo el producto, se procedió a un último pesado para conocer la masa neta de materia prima a tratar.

INHIBICIÓN ENZIMÁTICA. Una vez troceado todo el espárrago, este fue inmerso en soluciones de metabisulfito de sodio 0.2% y de ácido cítrico 0.2% de peso/volumen por el lapso de 10 minutos para evitar el pardeamiento enzimático, la solución se lo

hace de acuerdo al peso del espárrago a tratar.

ESCURRIDO. Transcurrido 10 minutos de la aplicación de los tratamientos especiales, se procedió a escurrir el exceso de agua para evitar daños causados por un remojo inadecuado, evitando así una excesiva humedad en el empaque y posibles pudriciones.

EMPAQUETADO. Una vez escurrida toda el agua, se procedió a llenar las fundas de polietileno respectivamente, tanto de baja densidad como de alta densidad, con un peso aproximado de 100 g cada funda.

ALMACENADO **EN**

REFRIGERACIÓN. Una vez empacado todo el producto y sellado adecuadamente, se lo traslado a refrigeradores con temperaturas de (3 y 8) °C respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los valores reportados en el análisis de la materia prima se muestran a continuación:

Tabla 4. Composición fisicoquímica (100 g de espárrago)

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados
Contenido de Agua	%	93.71
Cenizas	%	0.61
Proteína	%	2.4
Fibra	%	2.1
Extracto etéreo	%	0.3
Sólidos solubles (como sacarosa)	%	6.25
Acidez (como ácido málico)	mg/100 g	0.1
Ácido Ascórbico	mg/100 g	24
Azúcares Reductores Libres	%	1.8
Carbohidratos totales	%	0.88
pH	-----	6.38
Sodio	mg/100g	2
Recuento de Mohos	UPM/g	4500
Recuento de Levaduras	UPL/g	200
Recuento Estándar en Placa	UFC/g	0
Recuento Escherichia coli	UFC/g	0

Mediante los análisis realizados dentro de la caracterización de la materia prima, se pudo conocer la calidad nutricional del espárrago utilizado, además de las características y bondades que este disponía al momento de consumirlos. Estos datos fueron tomados como una referencia inicial para saber si el espárrago utilizado era de buena calidad y ver conjuntamente si estos cumplían con los

requerimientos esperados y el aporte en la ingesta diaria necesaria.

En cuanto al peso de los turiones, se pudo evidenciar que existe una disminución del peso conforme van aumentando los días de conservación, esto se debe a la pérdida de agua que experimenta nuestro producto y a la transferencia de gases dados por los empaques. Esto concuerda con Chiu y Sung (2013), que mencionan que la pérdida de peso de los turiones almacenados se debe principalmente a la pérdida de agua, además, indican que obtuvieron pérdidas de peso de $0.81 \pm 0.04\%$ al cabo de siete días en espárragos almacenados en recipientes y cámaras hermeticas que previamente fueron drenados y secados con toallas de papel.

En la variable sólidos totales, se pudo señalar que hay una mínima disminución en su contenido transcurridas las tres semanas de conservación, debido a su natural respiración, absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono y otros elementos que inciden en la disminución de masa. Según, Gonzales, Alvarez, Isela y Ayala (2009), mencionan que ante una ruptura del tejido por corte, la actividad fisiológica del vegetal se acelera, evidenciándose en un aumento de la actividad

respiratoria, producción de etileno y velocidad de transpiración.

Por esta razón, el agua se incrementa conforme aumentan los días de conservación, evidenciándose una reducción en el contenido de sólidos totales, ya que estos están directamente relacionados con la humedad del producto.

En lo que concierne a los valores de pH y acidez, se pudo notar que están mutuamente relacionados, es decir cuando los valores de pH disminuyen los de la acidez aumentan. Esto concuerda con Cadpata (2015), que menciona que obtuvo un incremento en la acidez de zanahoria minimamente procesada y que este aumento se relaciona directamente con la disminución del pH, ya que probablemente en el interior del empaque se produjo un ambiente anaerobio, propicio para la producción de ácido láctico y ácido acético debido al incremento de las bacterias ácido lácticas.

Analizada mediante curva de degradación, se determinó que hay una disminución del porcentaje de fibra en el período de conservación, esto concuerda con lo indicado por Jorge, Karla, Jesús y Reinaldo (2013), quienes indican que en su estudio encontraron una disminución en los valores

de celulosa cercanos al 2% en base al peso fresco en espárrago verde después de 15 días a 3 °C y 85 a 95% de humedad relativa.

En cuanto al contenido de vitamina C se pudo observar que existe una oxidación del ácido ascórbico, que es acelerada por la acción de las enzimas peroxidasas durante el almacenamiento. El corte, pelado y troceado de los tejidos aumenta la actividad enzimática, resultando en una pérdida rápida de vitamina C para los productos mínimamente procesados (Arevalo y Kieckbusch, 2010).

Una vez realizados los análisis microbiológicos y fisicoquímicos del mejor tratamiento, se pudo mencionar que se ha cumplido con la norma del CODEX Alimentarius (CAC/RCP 53-2003) código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los requisitos exigidos por normas internacionales de vegetales y hortaliza frescas.

Cabe recalcar que la acidez aumentó en comparación con la acidez inicial, lo cual demuestra las concentraciones de los ácidos, así como también la acción de microorganismos que tienden a fermentar los

azúcares presentes, además, se ocasionaron daños por frío lo cual acelera la velocidad de senescencia del producto. Por este motivo y por los cambios de color que se empezaron a notar, la vida útil del producto tuvo como resultado 21 días, siendo seguro para su consumo.

4. CONCLUSIONES

- Al caracterizar la materia prima se puede indicar que los espárragos cumplen con las normativas internacionales de calidad en cuanto a diámetros, longitudes, calibres y categorías de acuerdo al Codex Alimentarius, además, cabe mencionar que dentro de los análisis fisicoquímicos realizados contiene: proteína 2.4%, fibra 2.1%, humedad 93.71%, sólidos solubles como sacarosa 6.25%.
- Una vez realizada la investigación se concluye que el T7 (8 °C + inmersión en ácido cítrico + polietileno de baja densidad) es el mejor tratamiento, considerando como aspectos importantes del producto, el color y la firmeza, cualidades determinantes

para la aceptación o rechazo por parte del consumidor.

- En lo que concierne al contenido de Vitamina C, se pudo evidenciar que hay una mayor degradación a 8 °C que a 3 °C pues, T2 (3 °C de temperatura + inmersión en metabisulfito de sodio + polietileno de alta densidad) perdió menos Vitamina C, degradándose un total de 7% al transcurrir 21 días de almacenamiento; pero su apariencia organoléptica no fue la mejor, condición que desfavorece su aspecto comercial.
- En cuanto al contenido de fibra del producto en estudio, se evidenció una disminución durante los días de conservación. El contenido de fibra disminuyó 1.61% durante los 21 días de almacenamiento, correspondiendo esto a una aceptable firmeza para su venta.
- El tiempo de vida útil en base a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados, se estableció en 21 días a partir de su fecha de elaboración, considerándose aptos y seguros para su consumo.

- Se acepta la hipótesis alternativa, la temperatura de almacenamiento, el tipo de inhibidor enzimático, y el tipo de empaque influyen significativamente en la calidad y el tiempo de vida útil del espárrago mínimamente procesado.

5. RECOMENDACIONES

- Mantener la cadena de frío durante toda la etapa de procesamiento, garantizando así la calidad y seguridad del alimento desde su origen hasta su consumo.
- Se recomienda medir la tasa de respiración durante el período de almacenamiento, en futuras investigaciones.
- Potenciar el procesamiento del espárrago como alimento de IV gama, promoviendo así un mayor consumo dentro de la población ecuatoriana, mejorando la dieta alimenticia y aportando gran cantidad de nutrientes a la ingesta diaria necesaria.
- Realizar investigaciones con otras variedades de espárragos, para

realizar comparaciones con esta investigación y precisar la variedad más apta para una adecuada conservación.

- Dentro del proceso de corte, queda en calidad de residuos espárragos que no cumplen con las dimensiones longitudinales establecidas; por lo que se recomienda utilizar los mismos para la utilización en rodajas deshidratadas.
- Realizar investigaciones aplicando atmósferas controladas y films en espárragos frescos, escaldados y en conserva, efectuando comparaciones entre contenidos nutricionales y características organolépticas.
- Se recomienda el estudio del espárrago para la obtención de productos procesados como es el caso de conservas, encurtidos, deshidratados entre otros.

6. REFERENCIAS

1. **Albanese, Russo, Cinquanta, Brasiello, & Matteo, D. (2007).** Physical and chemical changes in minimally processed green asparagus during cold-storage. *Food Chemistry*, 274-280.
2. **Cadpata, R. C. (2015).** *Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (Daucus carota l.) de iv gama.* Quito.
3. **FAO. (1997).** Principios y directrices para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos relativos a los alimentos. *Codex Alimentarius CAC/GL 21-1997*, 1-7.
4. **FAO. (2003).** Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas. *Codex Alimentarius CAC/RCP 53-2003*, 1-26.
5. **FAO. (2003).** *Prevención de pérdida de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos.* FAO.
6. **Hernández, A. E. (2013).** *Aplicación de la tecnología de barreras para la conservación individual y de mezclas de hortalizas mínimamente procesadas.* Medellín.
7. **Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1990-07).** *Hortalizas frescas. Espárragos. Requisitos; INEN 1 738.* Quito.
8. **Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013-11).** *Norma para el espárrago (codex stan 225-2001. mod); NTE INEN 2812.* Quito.
9. **Jorge, M., Karla, J., Jesús, G., & Reinaldo, B. (2013).** Calidad de

espárrago verde en fresco (*Asparagus officinalis* L.): cubiertas comestibles y ácido acetilsalicílico. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*, 195-203.

10. Kai Ying Chiu, J. M. (2013). *Quality of low temperature heat-shocked green asparagus spears during short-term storage.* Taichung, Taiwan: Academic Journals.

11. Preedy, V. R. (2014). *Processing and Impact on Active Components in Food.* London: Academic Press.

12. R.P., A., & Kieckbusch, T. (2010). *Tiempo de vida útil de la fruta de camu-camu (*Myciaria dubia* h.b.k.(mc vaugh) almacenado a diferentes condiciones.* Campinas .

13. Sothornivit, R., & Kiatchanapaibul, P. (2009). Quality and shelf-life of washed fresh-cut asparagus in modified atmosphere packaging. *Food Science and Technology*, 1484-1490.

14. Sun, D.-W. (2014). *Emerging Technologies for Food Processing.* Ireland : Academic Press.

15. Torres, L. E., Grajales, M. P., Martínez-Damián, M., Brindis, R. C., & Barrios-Puente, G. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, vol.16 no.2.

16. Zhang, P., Zhang, M., Wang, S., & Wu, Z. (2011). Effect of 1-methylcyclopropene treatment on green asparagus quality during cold storage. 407-411.

7. CUADROS Y GRÁFICOS

Gráfico 1. Pérdida de peso (g) vs días de almacenamiento.

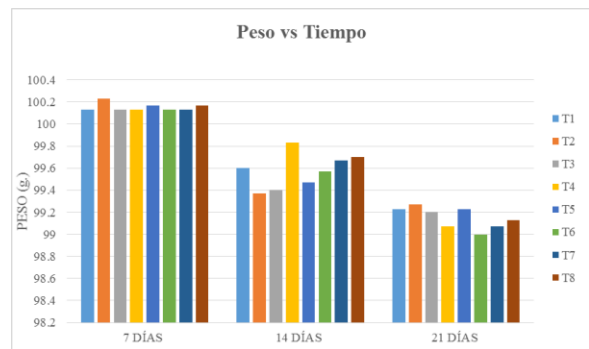


Gráfico 2. Sólidos totales (%) vs días de almacenamiento

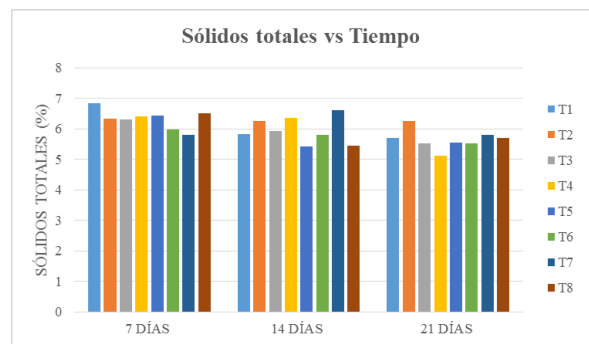


Gráfico 3. pH vs días de almacenamiento.

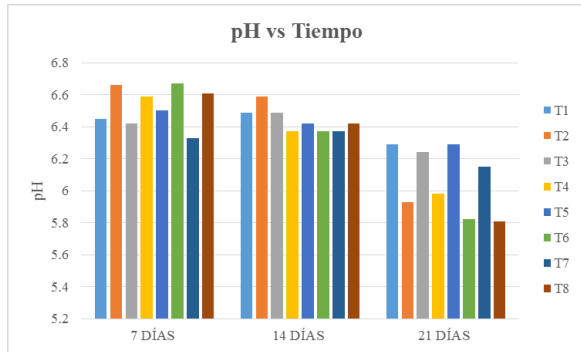


Gráfico 3. Vitamina C (mg) vs días de almacenamiento

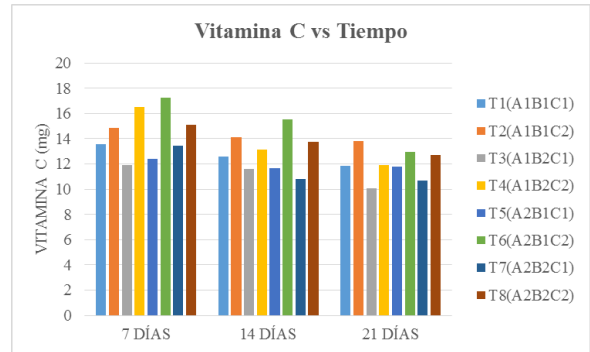


Gráfico 4. Acidez (mg de ácido málico) vs días de almacenamiento.

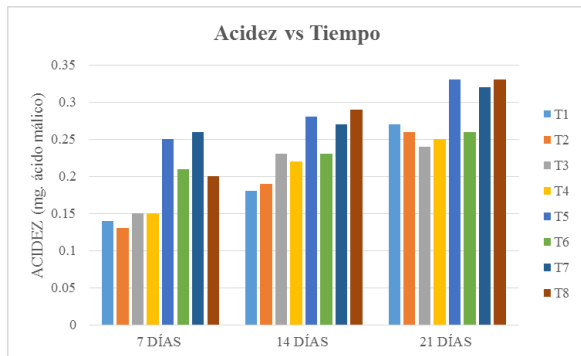


Gráfico 2. Fibra (%) vs días de conservación

