



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**EVALUACIÓN DEL COLOR DEL EPICARPIO DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN EL
ESPACIO CROMÁTICO CIELab, EN RELACIÓN A
SUS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, EN EL
PROCESO DE MADURACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR**

Autores:

**Borja Santiago, Percy Mercedes
Nevado Chauca, Danny Dick**

Asesor:

Ing. Símpalo López Walter

Pimentel, 21 de noviembre del 2016

“EVALUACIÓN DEL COLOR DEL EPICARPIO DE TOMATE (EN EL ESPACIO
CROMÁTICO CIELAB, EN RELACIÓN (*Solanum lycopersicum*) A SUS
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, EN EL PROCESO DE MADURACIÓN”

Aprobación de la Tesis

Ing. Walter Símpalo López
Asesor metodólogo

Ms. Augusto Mechato Anastasio
Presidente del jurado de tesis

MSc. Danny Bustamante Sigueñas
Secretario del jurado de tesis

Ing. Walter Bernardo Símpalo López
Vocal del jurado de tesis

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por habernos acompañado y guiado a la largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A nuestros padres quienes a lo largo de toda nuestra vida nos han apoyado y motivado en nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todo momento y no dudaron de nuestras habilidades.

Al Ing. Augusto Mechato Anastasio, y todos nuestros profesores a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanzas.

Al Ing. Walter Símpalo López por su tiempo, paciencia, dedicación y asesoría al orientarnos a lo largo del desarrollo y culminación de nuestra tesis.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
CAPITULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
Situación problemática	3
Formulación del problema	4
Delimitación de la Investigación	4
Justificación e importancia de la investigación	4
Limitaciones de la Investigación	5
Objetivos de la Investigación	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	7
Antecedentes de estudios	7
Estado del Arte	10
Bases teórica científicas	13
Definición de términos básicos	33
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	39
Tipo y diseño de la investigación	39
Población y muestra	39
Hipótesis	40
Variables	40
Operacionalización	41
Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
Procedimiento para la recolección de datos	49
Análisis estadístico e interpretación de datos	52
Principios éticos	52
Criterios de Rigor Científico	53

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	57
Resultados en tablas y gráficos	57
Discusión de resultados	85
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6.1 Conclusiones	91
6.2 Recomendaciones	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Cambios de color durante la maduración de tomate	22
Tabla 2.2 Escala de madurez en tomates	23
Tabla 3.1 Operacionalización de las variables	41
Tabla 3.2 Variables respuestas de cada tratamiento	42
Tabla 3.3 Elaboración de variables según paquete estadístico Dising-Expert	52
Tabla 4.1 Resultados promedios de los tratamientos para los grados brix (°Bx)	57
Tabla 4.2 Resultados promedios de los tratamientos para la acidez (%)	58
Tabla 4.3 Resultados promedios de los tratamientos para la luminosidad L*	59
Tabla 4.4 Resultados promedios de los tratamientos para el eje cromático a*	60
Tabla 4.5 Resultados promedios de los tratamientos para el eje cromático b*	61
Tabla 4.6 Variaciones de acidez (%), variación de grados brix (°Brix) y variación del color en términos de L*, C y h*.	62
Tabla 4.7 Variables respuestas de cada tratamiento después de 10 días de almacenamiento	63
Tabla 4.8 Análisis de varianza para la Evaluación de Grados Brix	64
Tabla 4.9 Resumen de los coeficientes estadístico del modelo, para la evaluación de los Grados Brix (°Bx)	64
Tabla 4.10 Análisis de varianza para la Evaluación de la Acidez	68
Tabla 4.11. <i>Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Evaluación de la Acidez</i>	69
Tabla 4.12 <i>Variación de la Luminosidad (L*), Saturación (C) y Tonalidad (h*)</i>	74
Tabla 4.13 <i>Análisis de varianza para la Evaluación de la Luminosidad</i>	75
Tabla 4.14 <i>Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Luminosidad</i>	75
Tabla 4.15 <i>Análisis de varianza para la Evaluación de la Saturación</i>	80
Tabla 4.16 <i>Análisis de varianza para la Evaluación de la Tonalidad</i>	80
Tabla 4.17 <i>Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Tonalidad</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura .2.1 Tallo del tomate	15
Figura 2.2 Hoja del tomate	16
Figura 2.3 Fruto del tomate	17
Figura 2.4 Espacio cromático CIELab (L^* , a^* , b^*)	31
Figura 2.5 Espacio cromático CIELab (C , h^*)	32
Figura 2.6 Estructura química del licopeno predominante en los vegetales	35
Figura 3.1 Refractómetro de marca ATC	44
Figura 3.2 Equipo de titulación	45
Figura 3.3 CM-5 Spectrophotometer	47
Figura 3.4 Matriz del diseño de D-Optimal	48
Figura 3.5 Matriz del diseño de D-Optimal	48
Figura 3.6 Diagrama de flujo para el procesamiento del tomate fresco	49
Figura 3.7 Diagrama de procedimiento experimental	51
Figura 4.1 Resultados gráficos de los tratamientos para los grados brix ($^{\circ}\text{Bx}$)	57
Figura 4.2 Resultados gráficos de los tratamientos para la acidez (%)	58
Figura 4.3 Resultados gráficos de los tratamientos para la luminosidad L^*	59
Figura 4.4 Resultados gráficos de los tratamientos para el eje cromático a^*	60
Figura 4.5 Resultados gráficos de los tratamientos para el eje cromático b^*	61
Figura 4.6 Modelo gráfico para el factor A:Temperatura (Un factor)	65
Figura 4.7 Modelo gráfico para el factor B:Empaque (Un factor)	66
Figura 4.8 Gráfico de interacción de los dos factores	67
Figura 4.9 Gráfico de barras para la variable respuesta $^{\circ}\text{Bx}$.	68
Figura 4.10 <i>Modelo gráfico para el factor A:Temperatura (Un factor)</i>	70
Figura 4.11 <i>Modelo gráfico para el factor B:Empaque (Un factor)</i>	71
Figura 4.12 <i>Gráfico de interacción de los dos factores</i>	72
Figura 4.13 <i>Gráfico de barras para la variable respuesta Acidez</i>	73
Figura 4.14 <i>Modelo gráfico para el factor A:Temperatura (Un factor)</i>	76
Figura 4.15 <i>Modelo gráfico para el factor B:Empaque (Un factor)</i>	77
Figura 4.16 <i>Gráfico de interacción de los dos factores</i>	78
Figura 4.17 <i>Gráfico de barras para la variable respuesta luminosidad.</i>	79

Figura 4.18 <i>Modelo grafico para el factor A:Temperatura (Un factor)</i>	81
Figura 4.19 <i>Modelo grafico para el factor B:Empaque (Un factor)</i>	82
Figura 4.20 <i>Gráfico de interacción de los dos factore</i>	83
Figura 4.21 <i>Gráfico de barras para la variable respuesta Tonalidad.</i>	84
Figura 4.22 <i>Gráfico de barras para la variable respuesta luminosidad.</i>	89
Figura 4.23 <i>Gráfico de barras para la variable respuesta Tonalidad.</i>	90

Resumen

En la presente tesis se evaluó el color en el espacio cromático CIELab, con la cual se nota cambios considerables en las 3 condiciones de temperatura, pero se consigue mejores resultados a 5 °C, con el empaque de mayor densidad. Se observó la evolución del color de las muestras de tomates durante 10 días de almacenamiento, obteniendo una variación en su Luminosidad (L*) igual 12.23, una variación de la Saturación (C) de 0.403 que no es significativa y una variación de la Tonalidad (h*) de 27.8224, con ello concluimos que el mejor experimento es la muestra 2.

Para el caso de la variaciones de los grados brix (°Bx) en los tomates almacenados a temperaturas de refrigeración de: 5, 10 y 15 °C, al ser empacados en bolsas de polietileno de alta densidad y baja densidad, para lo cual se llegó a la conclusión que, empacando con bolsas de alta densidad y a una temperatura de 5 °C, se consigue reducir la variación de sólidos solubles en 1.8 °Brix, así como también una variación de acidez en 0.2 %, lo que nos indica que podemos ampliar el tiempo de vida útil en los tomates, a esas condiciones.

Palabras clave: CIELab, tonalidad, saturación, luminosidad.

Abstract

In the present thesis, the color was evaluated in the CIELab color space, which shows considerable changes in the 3 temperature conditions, but better results are obtained at 5 ° C, with the highest density packaging. The evolution of the color of the tomato samples during 10 days of storage was observed, obtaining a variation in its luminosity (L *) equal to 12.23, a variation of Saturation (C) of 0.403 that is not significant and a variation of the Tonality (H *) of 27.8224, concluding that the best experiment is sample 2.

For brix (° Bx) variations in stored tomatoes at refrigeration temperatures of 5, 10 and 15 ° C, when packed in bags of high density and low density polyethylene, for which We conclude that, by packing with high density bags and at a temperature of 5 ° C, we can reduce the variation of soluble solids by 1.8 ° Brix, as well as a variation of acidity by 0.2%, which indicates that we can Extend the shelf life of tomatoes under those conditions.

Keywords: CIELab, hue, saturation, lightness.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

La maduración organoléptica es la etapa en la cual muchos productos hortofrutícolas alcanzan las características de color, tamaño, textura, aroma y sabor que esperan los consumidores. Este proceso inicia generalmente al final de la maduración fisiológica del fruto, antes de la senescencia, dando lugar a diferentes transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas que determinan su calidad y vida útil, por ende características aceptables o inaceptables para el consumidor. Una de las alteraciones que presentan la mayoría de los frutos es el cambio del color, de forma y de algunas propiedades físicas y mecánicas (Marín et al., 2003).

La comercialización del tomate, está determinada primeramente por la aceptación del tamaño de los frutos y el color (Riquelme-Ballesteros 1995). En la industria de productos derivados del tomate, tales como ketchup y otros tipos de salsas, reviste interés el intervalo de color óptimo que puede ayudar a las agroindustrias de tomate, a incrementar la calidad de sus productos para los consumidores. Para estos productos, demasiado rojo o demasiado marrón es indeseable (Claybon y Barringer 2002).

El color de los tomates pueden deberse a distintos factores además de los fisiológicos, como por ejemplo, el exceso de sol en la etapa pos cosecha, o el sol directo en los frutos puede causar quemaduras en los tomates, con manchas humedecidas y rugosas de color grisáceo. En otros casos, los tomates verdes tienen manchas grisáceas en su piel mientras que el interior está descolorido, así mismo los tomates maduros tienen partes verdes o marrones en su interior. Esto es ocasionado por exceso de sombra, temperaturas frías durante la época de maduración,

suelos encharcados y compactos, exceso de nitrógeno, deficiencia de potasio o varias enfermedades como el virus del mosaico (Plantea, 2015)

Es por ello es necesario conocer los parámetros de calidad como es el color, para poder seleccionar y clasificar de acuerdo a estándares cuantitativos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuán significativo es el cambio de color del epicarpio de tomate (*Solanum lycopersicum*) cuantificado en el espacio cromático CIELAB, para variar sus propiedades fisicoquímicas, en el proceso de maduración?

1.3. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se realizó en la Planta Piloto de Procesos Agroindustriales, de la Universidad Señor de Sipán, ubicada en el Km 5 de la carretera a Pimentel, Chiclayo - Lambayeque, así como también en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Los tres aspectos principales para la aceptación de un alimento son el color, sabor y textura, siendo el color la propiedad óptica más importante en los alimentos. Muchos colorimetristas opinan que el color es el más importante, puesto que si un producto no tuviese una buena presencia colorimétrica, el consumidor no podría llegar nunca a juzgar los otros dos aspectos (Domene M. y Segura M., 2014).

La importancia del control colorimétrico en alimentos se debe, entre otros, al uso del color como índice de valor económico. Por ejemplo, la madurez óptima de los tomates está asociada con el desarrollo óptimo del

color y del sabor. Puesto que es más fácil medir el color que el sabor, se utiliza el color como medida del valor de un lote (Campos y col., 1997).

En los vegetales desempeñan dos funciones esenciales: son pigmentos accesorios del proceso de fotosíntesis y proporcionan fotoprotección (Southon y Faulks, 2001). El tomate y los productos derivados del tomate son la mejor fuente de licopeno, y constituyen una fuente importante de carotenoides en la dieta humana. Los carotenoides son un conjunto de compuestos relacionados estructuralmente que proporcionan color en la naturaleza (Goula y Adamopoulos, 2005).

1.5. Limitaciones de la investigación

Las dificultades en la investigación se dieron básicamente por la morfología del fruto, por la superficie irregular de los tomates, tamaño y su forma desigual. La manipulación desde la cosecha y su transporte hasta los centro de abastos puede ser causas de daños mecánicos que influyen en la maduración del fruto.

1.6. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar el color del epicarpio de tomate (*solanum lycopersicum*) en el espacio cromático CIELAB, en relación a sus propiedades fisicoquímicas, en el proceso de maduración.

Objetivos Específicos

Determinar la variación de Luminosidad L^* , Saturación C y Tonalidad h^* , del sistema cromático CIELab, en el epicarpio de tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, en el proceso de maduración.

Analizar el cambio en los grados brix del tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, en almacenamiento.

Comparar la variación de acidez del tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios:

La Universidad de Costa Rica, en su Centro de Investigaciones Agronómicas se realizó el siguiente trabajo de investigación: Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum Mill.*) con sistema de visión computarizada durante la maduración; desarrollado por los autores: Padrón C., Padrón G., Montes A., Oropeza R. (2011) quienes en el resumen afirman:

Se estudió la evolución del color de muestras de tomates durante la maduración a temperatura ambiente y otras en refrigeración, mediante Sistema de Visión Computarizada (SVC). El SVC lo constituye un escenario iluminado, una cámara digital CCD y un computador (Laptop) ambos calibrados. El procesamiento digital de las imágenes se llevó a cabo con el software Adobe® Photoshop® CS3 Extended, con los cuales generaron imágenes promediadas en coordenadas L^* , a^* y b^* . La relación a^*/b^* y las coordenadas polares c^* y h^0 , que presentaron diferencias estadísticas significativas entre las muestras determinadas ($p < 0,05$). (p.01)

Este trabajo de investigación tiene un aporte muy importante al haber encontrado una diferencia significativa en las muestras, al utilizar el sistema CIE Lab, lo cual también aplica en nuestra investigación, donde discutiremos y confrontaremos los resultados hallados. (p.01)

En la Universidad de Costa Rica, se realizó también la investigación, denominada: Sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE-L*A*B*; por el siguiente autor: Padrón C.

Para obtener imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE-L*a*b* se realizó el montaje de un escenario de iluminación. Se seleccionó una cámara digital CCD y se establecieron condiciones para la captación de imágenes. Se determinó el color de 23 muestras de alimentos. Se emplearon técnicas de preprocesamiento, segmentación por regiones y promediado de imágenes, mediante el software Adobe® Photoshop® CS3 Extended y se compararon con un instrumento de referencia. Se determinó coincidencias y diferencias entre las imágenes obtenidas, las apreciaciones de los observadores y valores de coordenadas de color señaladas en la literatura en lo relativo a la luminosidad y el carácter negativo o positivo de las coordenadas a* y b*. El procedimiento utilizado permitió la obtención de imágenes de muestras de alimentos uniformes y no uniformes de colores claros y oscuros, promediadas en coordenadas CIE-L*a*b*; presentó aplicaciones en la comparación de variaciones de color entre muestras distintas o no de un mismo alimento, en la evaluación de estados de maduración de cultivos, en la transformación de resultados de coordenadas de color de otros estudios a imágenes y puede ser implementado en la determinación de características físicas de calidad en muestras de alimentos.(p.01)

Esta investigación nos aporta a nuestra investigación, en saber como interpretar las coordenadas CIELab.

En la Universidad de Córdoba, en Departamento de Ingeniería de Alimentos, de la Facultad de Ingenierías, se realizó la investigación titulada: Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales, desarrollado por los siguientes autores: Torres R., Montes E, Pérez O. y Andrade R., quienes en su resumen refieren:

Se ha determinado la relación del color y estado de madurez con las propiedades físicoquímicas de frutas tropicales (mango puerco y corazón, maracuyá, papaya y plátano). El color fue medido a partir de un sistema de adquisición de imágenes, expresado en el espacio cromático CIELAB. El pH e índice de madurez presentaron buen ajuste a modelos lineales y polinómicos con los parámetros de color. El pH aumentó levemente con el incremento del estado de madurez, mientras que la acidez titulable disminuye en el mango, maracuyá y papaya, debido al efecto amortiguador del ácido cítrico. En el plátano el pH disminuye con el aumento del estado de madurez y la acidez titulable aumenta. Esto ocurre como resultado de la degradación de almidones en azúcares reductores y su conversión en ácido pirúvico. (p.01)

Esta investigación nos aporta en cuanto significativo es la relación entre el color y las características físicoquímicas; el color está relacionada directamente con la maduración de los frutos y sus otras características organolépticas.

La Universidad Nacional de Colombia con Sede Medellín, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias se desarrolló la investigación denominada: Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica* L.) Durante su Desarrollo y Maduración, por los autores: Carvajal J., Aristizábal I., Oliveros C. y Mejía J. (2011), quienes en su resumen refieren:

Obtener estándares del color del fruto de café durante su desarrollo y maduración es necesario para diferentes procesos relacionados con la cosecha y poscosecha de este producto. Las coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* y h^* en la representación de color CIELab y la reflectancia en el espectro visible (400-700 nm) fueron medidas sobre tres

diferentes puntos de la epidermis del fruto de *Coffea arabica*, var. Colombia. La medición se realizó cada siete días, desde 182 hasta 238 días después de la antesis (DDA), utilizando un espectrofotómetro de esfera, con el objetivo de determinar cuantitativamente el color del fruto en diferentes estados de desarrollo. Los resultados obtenidos indican que los frutos de diferentes días de maduración presentan diferencias de color definidas por la luminosidad, las coordenadas cromáticas y la cantidad de luz reflejada por la superficie del epicarpio, dependiendo de la región del espectro visible analizada. A través de las coordenadas cromáticas a^* y h^* y de varias longitudes de onda luminosa reflejadas se pueden diferenciar frutos de café de 31, 32, 33 y 34 semanas de desarrollo. El croma b^* no permite diferenciar los frutos pintones de los maduros. La saturación C^* puede discriminar algunos estados de desarrollo pero no permite establecer diferencias entre los estados inmaduros. Las longitudes de onda 520, 570 y 580 nm permiten discriminar significativamente nueve estados diferentes de desarrollo del fruto. El conocimiento de la colorimetría de los frutos de café puede ser usado para el diseño de sistemas de recolección y clasificación post-cosecha, y para la adecuada discriminación entre diferentes estados de desarrollo del fruto, los cuales están relacionados con la calidad de la bebida y con la productividad. (p.01)

Este artículo aporta a nuestra investigación a determinar las coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* y h^* en la representación de color CIELab y la reflectancia en el espectro visible.

2.2. Estado del arte

En 1976, la CIE propuso el espacio de color CIELAB, también llamado espacio de color CIE 1976 (CIE 1976 color space) como una aproximación a un espacio de color uniforme (Munsell es la referencia

estándar). El espacio de color CIELAB es una transformación matemática del espacio XYZ en el cual se fija un blanco de referencia y cuyos valores de triestímulo son (X_n, Y_n, Z_n) . Ese blanco de referencia puede ser, por ejemplo una fuente luminosa, el iluminante al que se haya adaptado el observador, un difusor perfecto o el color neutro más reflectante o transmisor de un medio de reproducción (entonces es(media-relative)) (Hunter Labs, 1996).

El CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB) es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Fue desarrollado específicamente con este propósito por la Commission Internationale d'Eclairage (Comisión Internacional de la Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE. Los asteriscos (*) que siguen a cada letra forman parte del nombre, ya que representan L^* , a^* y b^* , de L , a y b . Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad de color (L^* , $L^*=0$ rendimientos negro y $L^*=100$ indica blanca), su posición entre rojo y verde (a^* , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo) y su posición entre amarillo y azul (b^* , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo) (Dan Margulis, 1994)

El modelo de color Lab ha sido creado para servir como un dispositivo independiente modelo para ser utilizado como referencia. Por eso es crucial darse cuenta de que las representaciones visuales de la plena gama de colores en este modelo nunca son exactas. Están ahí solo para ayudar en el concepto, pero son intrínsecamente inexactas. El modelo de color Lab es tridimensional y solo puede ser representado adecuadamente en un espacio tridimensional (Adams, E. Q., 1942).

Parámetros de Calidad Externa en la Industria Agroalimentaria

Calidad proviene del latín *qualitas* que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Actualmente se asocia a grado de excelencia, superioridad o idoneidad para un uso particular, en definitiva

se puede decir que un producto tiene calidad cuando supera o cumple unos valores normalizados establecidos que han sido valorados objetiva o subjetivamente. La determinación de calidad en frutas y hortalizas ha ido evolucionando según las exigencias de mercado, en la actualidad las mediciones instrumentales se han preferido a las sensoriales ya que permiten automatización, objetividad y menor variabilidad a la vez que el establecimiento de normas estándares entre investigadores, industria y consumidores. En la actualidad la calidad de los productos agroalimentarios se convierten en el principal factor de preferencia del consumidor, lo que ha supuesto un cambio de tendencia debido, en gran parte, al mayor poder adquisitivo de la sociedad. Por esta razón es necesario tener en cuenta que quien tiene la última palabra en la calidad es el consumidor ya que de él va a depender la aceptación final del producto hortícola, en este sentido cada vez son más considerados los atributos organolépticos, nutricionales y saludables (Fundación Cajamar, 2014).

El destino o uso también puede determinar distintos criterios de calidad para un mismo producto. Por ejemplo, el tomate para el consumo en fresco es valorado fundamentalmente por su uniformidad, madurez y ausencia de defectos, mientras que la calidad para puré de tomate, está dada por el color, la viscosidad y el rendimiento industrial como materia prima, por eso se utilizan calidades para uso específico como calidad nutritiva, calidad industrial, calidad de exportación, calidad comestible, etc. Esta es la razón principal que nos mueve a publicar una serie de fichas de transferencia que normalicen la medida y cuantificación de dichas variables. En esta primera ficha abordaremos los parámetros de calidad externa (Fundación Cajamar, 2014).

Parámetros que Determinan la Calidad Externa: Medidas Morfométricas

Son aquellas que sirven para caracterizar el tamaño y la forma del fruto. Son peso, longitud, espesor de pared, curvatura de fruto y diámetros

ecuatoriales y axiales. Todos son parámetros que van a conformar y caracterizar la geometría del fruto u hortaliza en estudio, es decir, masa, forma, calibre y homogeneidad en el tamaño (Fundación Cajamar, 2014).

2.3. Bases teórico científicas

Generalidades del fruto

El tomate

Solanum lycopersicum, conocido comúnmente como tomate, tomatera o jitomate, es una especie de la familia de las solanáceas originaria de Centro y Sudamérica y su uso como comida se originó en México. El origen del nombre proviene de la palabra Náhuatl (lengua Mexica), tomatl. Apareció por primera vez en la impresión en 1595. Es cultivada en todo el mundo para su consumo tanto fresco como procesado de diferentes modos (salsa, puré, zumo, deshidratado, enlatado). El fruto (el tomate propiamente dicho), es una baya generalmente de forma sub-esférica, globosa o alargada y, habitualmente, de unos 8 centímetros de diámetro, cortamente glanduloso-pubescente y verde cuando inmadura y que toma generalmente un color rojo intenso con la maduración. Las semillas tienen 2,5 - 3 por 2 mm, son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa (Solanaceae Source, 2011).

Taxonomía y Morfología

Familia

Solanaceae.

Especie

Lycopersicon esculentum Mill. El tomate cultivado corresponde, básicamente, a *L. esculentum*, aunque también se cultiva una fracción de la variedad botánica cerasiforme y de *Lycopersicon pimpinellifolium* ("cherry", "cereza", o "de cóctel"). El mejoramiento ha generado muchas variedades distintas para fines muy específicos (Calleja R., P. 2009).

Planta

El tomate puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado (Esquinas-Alcázar, J. y Nuez V., F. 1995).

Sistema radical

El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Giacconi M, V. y Escaff G., M. 2004).

Tallo principal

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un

grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales, como se muestra en la Figura 2.1 (Magoon, C. E. 1969).



Figura 2.1
Tallo del tomate
Fuente: *Escalona V., 2009*

Hojas

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo, como se muestra en la Figura 2.2 (Calleja R., P. 2009).

Flor

La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de

igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”,. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Esquinas-Alcázar, J. y Nuez V., F. 1995).



Figura 2.2
Hoja del tomate
Fuente: *Escalona V., 2009*

Fruto

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas, como se muestra en la Figura 2.3 (Giacconi M, V. y Escaff G., M. 2004).

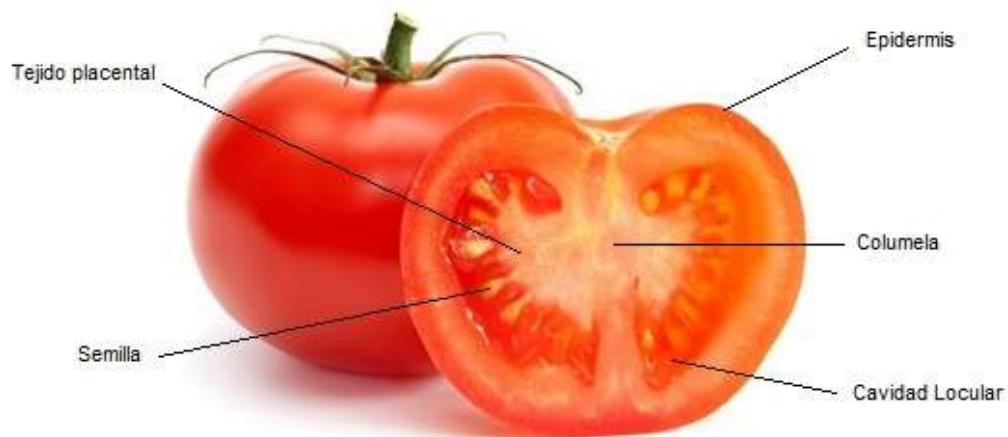


Figura 2.3

Fruto del tomate

Fuente: Escalona V., 2009

Composición y valor nutricional

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías. De hecho, 100 gramos de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico. El tomate es una fuente importante de ciertos minerales (como el potasio y el magnesio). De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la C. Presenta también carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora del organismo humano. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C. En la tabla de la derecha se provee información sobre los principales constituyentes nutritivos del tomate (Hammerschmidt, D.; Franklin, M. (2005).

Variedades de Tomate

El tomate es una hortaliza con gran diversidad, hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior (sabor, textura, dureza), entre otras, hay variedades destinadas para consumo fresco y otras para procesado industrial y dentro de este grupo, muchas especializaciones del producto. Las preferencias por un tipo determinado son muy variadas y van en función del país, tipo de población, uso al que se destina, etc. En general las características más apreciadas en el tomate para consumo en fresco son el color y el sabor. (Aranceta, J. 2006)

Las preferencias cambian también según las costumbres de cada país, por ejemplo, los japoneses y chinos gustan de tomates con baja acidez porque los suelen consumir como fruta, pero en la mayoría de países tropicales, donde los tomates se usan cocinados, se acepta una alta acidez. En Estados Unidos el tomate en fresco no tiene tanta importancia como en Europa y además el consumidor americano es menos exigente que el europeo, por lo que predomina el tomate sin entutorar, con recolección mecánica, que nunca alcanza la calidad y presentación que exigen los mercados europeos. Dentro de este último mercado hay también tendencias claramente definidas. Así, en los países mediterráneos (Portugal, España e Italia) y el sureste francés se venden tomates asurcados, aunque con una tendencia en los últimos años hacia tomates lisos. En los restantes países se muestra una amplia preferencia hacia este último tipo de tomate (Biggs, M. 2004).

En general son más apreciados los tomates grandes para ensaladas y bocadillos. Los sistemas de clasificación de acuerdo al tamaño del fruto son adoptados sobre todo en los países desarrollados, mientras que en los países en vías de desarrollo esta característica no constituye una limitación para su comercialización. La forma es otra característica con marcadas diferencias en cuanto a preferencias en los dos grupos de

países. En general se prefieren los tomates redondos, sin embargo, la población rural en países como Filipinas y Ecuador esta acostumbrada a consumir tomates achatados de forma irregular. Las preferencias por el color son extremadamente variables dependiendo de los países, de la estación y del uso al que se destina. En Taiwán los tomates se recolectan cuando empieza el viraje de color y se venden antes de alcanzar la madurez, prefiriendo un tomate con hombros marcados y con el color rojo subiendo progresivamente desde el extremo pistilar al peduncular. Los tomates con hombros verdes también tienen buena aceptación en Brasil y Colombia por su desigual maduración. En Europa y Norteamérica son mas apreciados los tomates rojos en la madurez, pero hay excepciones. En determinadas áreas de EEUU se producen tomates de color rosa. También en Japón y Corea se vende este tipo de tomates, aunque no sean los prioritarios (Díez, M.J. 1995.).

La creación de nueva variedades ha adquirido gran incremento en los últimos años, como resultado de nuevas técnicas, de nuevas exigencias agrícolas e industriales y de problemas derivados de la presencia de nuevas enfermedades y plagas. En la actualidad existe un permanente reemplazo de buenas variedades por otras con mejores atributos, y el ritmo de cambio es tan dinámico que se hace difícil componer una lista de las variedades en uso. De ahí la importancia de consultar a los técnicos que conocen el área sobre cual variedad usar para un objetivo específico, en un lugar determinado (Giaconi,V. y Escaff,M. 2004).

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se pueden clasificar en dos grupos, las de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente. Desde la base del tallo, en forma alternada van apareciendo hojas y en torno a la novena hoja hace su aparición el primer racimo, luego siguen 3 hojas más y aparece el segundo racimo, y así continua indefinidamente. También aparecen, en

las axilas formadas por el tallo y los pecíolos de las hojas, nuevos brotes que seguirán el mismo patrón que el tallo principal, pero que generalmente son removidos según el sistema de poda que se aplique. En tanto las variedades de crecimiento determinado, los tallos terminan en un ramillete floral que marca el punto donde se termina el crecimiento, por eso se les denomina también como variedades de “autopoda” y los racimos aparecen cada 2 hojas. No obstante lo anterior, algunas variedades muestran comportamiento intermedio y se les denomina variedades semideterminadas, pero son las menos. Otra forma de clasificar las variedades de tomate corresponde al uso que se le va a dar, por ejemplo hay variedades específicas para uso industrial, y dentro de este grupo las hay para jugos, puré, pastas y concentrado; para enlatados de tomate natural enteros y pelados, para salsas, deshidratado, tomate confitado, en polvo y encurtido (Giaconi,V. y Escaff,M. 2004).

En estas variedades de uso industrial se privilegia aquellas que tienen incorporado el gene “joinless” que facilita el desprendimiento del fruto sin el pedúnculo, lo que permite la cosecha mecanizada, las de crecimiento determinado para concentrar la producción y hacer una sola cosecha, y características del fruto como color rojo intenso y uniforme, firme, elevado contenido de sólidos, alta viscosidad, pH inferior a 4,5 y moderada acidez. Por otra parte, están las variedades para consumo en estado fresco, y éstas se pueden agrupar en aquellas que se cultiven bajo invernadero y las que se cultivarán al aire libre. Además destacan las variedades para producción de tomates en racimo, como las variedades de larga vida (Maroto, J. V. 2000).

De acuerdo a su constitución genética hay dos grandes grupos, las variedades estándares, donde en su formación no hay un manejo de la polinización, en consecuencia las plantas son fundamentalmente homocigotas, y por otro lado las variedades híbridas donde está claramente definida la constitución genética de los padres y la polinización es controlada para asegurar la heterocigosis. En la actualidad, este grupo,

a pesar de tener un importante mayor costo la semilla se ha impuesto por sobre las variedades estándares, por su mayor rendimiento, mejores características de la planta y superior calidad de sus frutos. La investigación orientada al mejoramiento de las variedades de tomate para introducirles resistencias o tolerancias a determinadas enfermedades y a agentes bióticos o abióticos que afectan el desarrollo de las plantas, ha tenido notables progresos, y está utilizando cierta nomenclatura como se muestra a continuación (Maroto, J. V. 2000) :

- V *Verticillium albo-atrum*
- F1 *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* raza 1
- F2 *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* raza 2
- ASC *Alternaria solani*
- Ph *Phytophthora infestans*
- C1 *Cladosporium fulvum* raza A
- C2 *Cladosporium fulvum* razas AB
- C3 *Cladosporium fulvum* razas ABC
- C4 *Cladosporium fulvum* razas ABCD
- C5 *Cladosporium fulvum* razas ABCDE
- P *Pyrenochaeta lycopersici*
- St *Stemphyllium solani*
- N *Meloidogyne* sp.
- TMV Tobacco mosaic virus
- ToMV Tomato mosaic virus
- TYLC Tomato yellow leaf curl
- TSWV Tomato spotted wilt virus
- Pto *Pseudomona syringae* pv. *tomato*
- Sal Salinidad
- Wi Plateado o "silvering"

Madurez y cosecha

El primer paso en la vida postcosecha de un fruto de tomate es el momento de la cosecha. Para los frutos de tomate destinados a consumo en fresco la cosecha se realiza manualmente, por lo que la decisión de si el producto ha alcanzado la madurez correcta para la cosecha depende del criterio del cosechador. La madurez del tomate al momento de la cosecha determina su vida de almacenamiento y calidad, y afecta la forma en que deben ser manipulados, transportados y comercializados. Por lo tanto, en tecnología postcosecha es esencial comprender el significado y forma de medir la madurez del fruto. El significado del término maduro, el conocimiento de métodos para la determinación y aplicación de un índice de madurez satisfactorio se muestran en la Tabla 1. Los frutos deben ser cosechados con una madurez adecuada, con un mínimo daño y pérdidas, y tan rápidamente como sea posible y a un mínimo costo (Escalona V., 2009).

Tabla 2.1.

Cambios de color durante la maduración de tomate.

Estado de desarrollo de color	Clasificación USDA	L*	a*	b*	Chroma	Hue
Verde-sazón	1	62.7	-16.0	34.4	37.9	115.0
Irrupción del color (Breaker)	2	55.8	-3.5	33.0	33.2	83.9
Cambiante	4	49.6	16.6	30.9	35.0	61.8
Rosado	5	46.2	24.3	27.0	36.3	48.0
Roja: listo para consumo	6	41.8	26.4	23.1	35.1	41.3
Rojo oscuro; sobremaduro	-	39.6	27.5	20.7	34.4	37.0

Fuente: Kader, 2002.

En el momento de la cosecha, del 5 al 10% de los frutos deben tener color rosado o amarillo, éstos se envasan como frutos “maduros en planta”. La cosecha de los tomates en este momento maximiza la proporción de los frutos verde-maduros que pueden madurar y alcanzar la calidad aceptable para consumo y minimizar la cosecha de frutos inmaduros. Aunque los frutos inmaduros son capaces de responder al tratamiento con etileno para madurar, tienen una calidad inferior debido a que alcanzan bajos contenidos de azúcares y ácidos. En algunas variedades de tomate en racimos pueden no tener una calidad uniforme en el estado maduro debido a las diferencias de madurez entre los frutos del racimo. Los frutos con menor desarrollo deben tener por los menos algo de color externo (‘breaker’ como mínimo) en el momento de la cosecha del racimo, como se muestra en la Tabla 2.2. La mayoría de los frutos maduros se deberían transportar hacia el packing a granel en cajas de campo (Kader, A. 2002)

Tabla 2.2

Escala de madurez en tomates

Valor	Estado	Descripción
1	Verde	Totalmente verde (claro a oscuro) pero maduro
2	Breaker	Principalmente aparición externa de color rosa, rojo o amarillo; no más de 10%
3	Cambiando	Sobre 10 % pero menos de 30 % rojo, rosa o amarillo
4	Rosado	Sobre 30 % pero menos de 60 % rosado o rojo
5	Rojo (ligero)	Sobre 60 % pero menos de 90 % rojo
6	Rojo	Sobre 90 % rojo; deseable para consumo.

Fuente: *Kader, 2002.*

Acondicionamiento, selección y embalaje

En muchos casos las operaciones de selección, clasificación, clasificación por tamaño, envasado y paletizado se llevan a cabo en el campo. Posteriormente los productos se transportan a las instalaciones de enfriamiento. Las unidades móviles de envasado (carros con cintas transportadoras) se llevan al campo cuando los tomates muestran un color externo (maduro en planta). Los costos de este tipo de manejo reducen en el número de operaciones y la manipulación del producto siendo menores que en un packing. Sin embargo el envasado en el campo no se emplea cuando se requiere una clasificación por color y tamaño. Para tomates de invernadero o tomates madurados en planta, se puede utilizar un sistema simplificado de manejo para minimizar los pasos de manipulación aproximándose a las operaciones del envasado en campo. Para mantener los tomates unidos a los racimos, la manipulación debe ser mínima. Los racimos son cortados cuidadosamente y colocados en cajas, de las cuales posteriormente se seleccionan y envasan (Escalona V., 2009).

Selección

En algunos procesos de clasificación se pueden utilizar seleccionadores electrónicos para separar frutos verde-maduros de los maduros o para frutos en diferentes etapas del proceso de maduración. Después de realizar una selección por defectos y color, los frutos se separan en varias categorías por tamaño. La clasificación se puede hacer por diámetro con clasificadores de banda o por peso (Snowdon A. 1991).

Envasado y paletizado

Comúnmente los tomates verde-maduros y rosados se colocan en los envases de envío, por peso o volumen. Los tomates se envasan por número de piezas y se clasifican por tamaño durante la misma operación.

En las operaciones con volúmenes grandes, las cajas terminadas se paletizan (Escalona V., 2009).

Enfriamiento

Para tomates se puede utilizar enfriamiento por aire forzado (figura 1). Mientras mayor es el tiempo de retraso desde la cosecha hasta el enfriamiento por aire forzado pueden producirse una excesiva pérdida de agua deshidratación. El enfriamiento por vacío con aire forzado en ocasiones se utiliza en EEUU. para volúmenes pequeños de tomate "cherry". Las cajas paletizadas debe alcanzar la temperatura recomendada antes de que sean cargados para su transporte al mercado de destino (Kader, A. 2002).

Manejo de la temperatura

Un buen manejo de la temperatura controla efectivamente el proceso de maduración de los tomates maduros. Los tomates son susceptibles al daño por frío a temperaturas de almacenamiento por debajo de 10°C. El daño por frío es acumulativo y su severidad depende del estado de madurez del fruto, temperatura y la duración del almacenamiento. Bajo temperaturas que causan daño por frío, el tomate desarrolla un color pobre, bajo sabor y aumento de las pudriciones. Las temperaturas óptimas para el almacenamiento a corto plazo y transporte son: - Tomates verde-sazón: 12,5° a 15°C. - Tomates parcialmente o totalmente maduros: 10° a 12,5°C. El rango óptimo de humedad relativa es de 85-90% (Snowdon A. 1991).

Daños mecánicos

Los vehículos cargados de frutos provenientes del campo deben estacionarse en áreas techadas para evitar que el producto se caliente. Los frutos pueden descargarse manualmente o en bandas

transportadoras (tomate verde-maduro), o bien, descargarse en agua dentro de tanques con agua corriente para reducir daños físicos. Un daño mecánico considerable se presenta en las operaciones de descarga en seco: magullamiento, raspaduras, abrasiones y fracturas. El agua en los tanques de descarga debe ser clorada y la temperatura debe ser ligeramente mayor que la temperatura del producto para prevenir la absorción de agua y organismos que provoquen pudrición del producto. Una operación puede tener dos tanques separados por un sistema de aspersión de agua limpia para mejorar la sanidad del manejo (Escalona V., 2009).

Maduración de tomates

Para una maduración controlada y uniforme de tomates verde-maduros, se aplica frecuentemente un tratamiento con etileno (unas 100 ppm) a una temperatura de 12,5° a 25°C; entre más alta sea la temperatura, más rápido será el proceso de maduración. A temperaturas superiores a 30°C se inhibe el desarrollo del color rojo (síntesis de licopeno) de los tomates. Los frutos madurados a una temperatura superior a 25°C serán menos firmes que los madurados a 15° a 20°C. Los tomates se pueden mantener a 20°C con una humedad relativa ambiente elevada hasta 3 días. Después que el tomate alcanza un estado mínimo de color rojo, el tratamiento con etileno no aumenta el proceso de maduración. El etileno puede aplicarse tanto en el punto de embarque como en el de recepción del producto, aunque generalmente se considera que la calidad de la fruta es mejor si se aplica etileno durante el transporte al poco tiempo después de la cosecha. Los tomates podrían ser tratados antes o después del envasado, pero la mayoría son tratados después. Una ventaja de tratarlos antes del envasado es que las condiciones de temperatura elevada favorecen el desarrollo de microorganismos causantes de pudriciones en los frutos, lo que permitiría su eliminación antes del envasado final. El envasar después del tratamiento con etileno permite alcanzar color uniforme dentro del envase (Kader, A. 2002).

Pudriciones

Las pudriciones en tomates es un problema común que ocurre durante su manejo. La mayoría de los organismos causantes de pudriciones aprovechan la entrada al tejido sano a través de heridas causadas por daño mecánico (*Geotrichum*, *Rhizopus*, etc.) (figura 2). Además los frutos dañados por frío presentan una mayor incidencia de *Alternaria* sp (Snowdon A. 1991).

Tratamientos de postcosecha alternativos

Los tratamientos de acondicionamiento que se aplican antes del almacenamiento, tratamientos térmicos, calentamientos intermitentes y la irradiación han sido evaluados por su eficacia para reducir el daño por frío o las pudriciones. A pesar de que tales tratamientos pueden ser parcialmente efectivos, la mejor opción es evitar la exposición prolongada de los frutos a temperaturas que causan daño por frío (Escalona V., 2009).

Cadena de distribución

La capacidad para llevar al mercado de destino con frutos de alta calidad requiere de la atención en detalle de las operaciones desde las prácticas culturales en el campo hasta que el fruto es consumido. La protección y cuidado de los frutos es fundamental, tanto en la producción y cosecha como en el manejo postcosecha con el propósito de evitar las causas inmediatas del deterioro (golpes, heridas, suciedad, etc.) y disminuir aquellas que pueden ocurrir después en los canales de distribución (Kader, A. 2002).

Envases

Los materiales y tipos de envase para los productos hortofrutícolas y en especial para tomate deben diseñarse de tamaño adecuado para que los productos sean fácilmente comercializados y distribuidos. La función del envase es proteger los frutos contra daños durante la distribución manteniendo su forma y resistencia inicial durante periodos prolongados bajo condiciones de humedad relativa alta. A veces los envases están diseñados para facilitar el rápido enfriamiento de los productos desde el campo hasta las temperaturas bajas de almacenamiento o transporte permitiendo la remoción continúa del calor producido por los frutos. Los envases deben adaptarse a operaciones con grandes volúmenes, proporcionar información y ser atractivos al consumidor (Snowdon A. 1991).

Almacenamiento y comercialización

La comercialización ordenada de las mercancías perecederas a menudo requiere de algún almacenamiento. De esta forma se controlan las fluctuaciones entre el producto cosechado y las ventas; para algunos productos se utiliza el almacenamiento a largo plazo para prolongar la comercialización más allá del término de la cosecha. Los objetivos del almacenamiento son: - Disminuir la actividad biológica del producto mediante el mantenimiento de la temperatura más baja que no le cause daño por congelación o por frío. - Disminuir el crecimiento y la propagación de los microorganismos mediante el mantenimiento de las temperaturas bajas con una elevada HR. - Reducir la pérdida de humedad del producto y el consecuente marchitamiento y arrugamiento por reducción de la diferencia de la temperatura entre el producto y el aire y el mantenimiento de la humedad alta en la cámara de almacenamiento. - Reducir la susceptibilidad al daño por el gas etileno (Escalona V., 2009).

El color

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Se considera un concepto psicofísico, relacionado al mismo tiempo con la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de una fuente luminosa (Heredia, 2009). Wyszecki y Stiles (1982) dan una definición precisa del color percibido: “es el aspecto de la percepción visual por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión del mismo tamaño, forma y estructura, causada por diferencias en la composición espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador”. No es por lo tanto una propiedad intrínseca del objeto que transmite o refleja la radiación luminosa, pues basta con cambiar la fuente para modificar el estímulo producido. Depende de la distribución espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador. Es un atributo de apariencia de los productos; su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos (Abdullah y col. 2004). Diversas industrias miden el color de sus productos: la industria del papel, la textil, de colorantes y pinturas, construcción, automóviles, medicamentos y alimentos (Julleta Delmoro 2010).

En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua en las carnes (CRA), cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto, desverdización de cítricos (ICC), conservación en atmósferas controladas, tostación del

café y clasificación de huevos de gallina en blancos o castaños, para satisfacción del ama de casa (Delmoro J, Muñoz D., 2010).

Colorimetría

El color es una cuestión de percepción y de interpretación subjetiva. Incluso si varias personas observan un mismo objeto (en este caso, una manzana), obtendrán referencias y experiencias distintas y expresarán absolutamente el mismo color con palabras completamente diferentes. La gran variedad de formas para expresar un color hace que la descripción de un color concreto a alguien resulte extraordinariamente difícil y vaga. Si describimos el color de una manzana a alguien como "rojo fuego", ¿podemos esperar que la persona en cuestión sea capaz de reproducir ese color de una forma exacta? La expresión verbal del color es muy complicada y difícil. Sin embargo, si hubiera un método estándar mediante el cual todos pudiéramos expresar y comprender los colores de un modo preciso, la comunicación de los colores sería mucho más sencilla, fácil y exacta. Dicha comunicación precisa de los colores eliminaría los problemas relacionados con el color.

El modelo de color Lab ha sido creado para servir como modelo de referencia. Por eso es crucial para darse cuenta de que las representaciones visuales nunca son exactas. El modelo de color Lab sólo puede ser representado adecuadamente en un espacio tridimensional, como se muestra en la Figura 2.1.

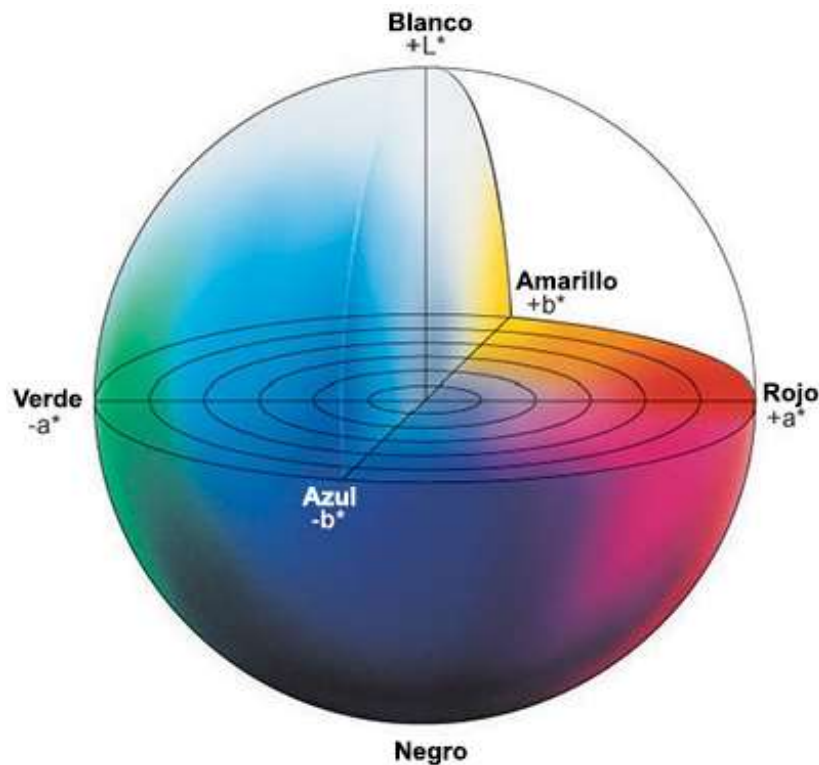


Figura 2.4

Espacio cromático CIE Lab (L^* , a^* , b^*)

Fuente: *Konica Minolta*, 2015

(<http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>)

Las palabras para expresar los colores han ido cambiando con los tiempos. Si consideramos el rojo, por ejemplo, estaríamos hablando de "bermellón", "cinabrio", "carmesí", "rosa", "fresa" o "escarlata", por mencionar tan sólo algunos términos. Éstos se llaman nombres de colores "comunes". El análisis de la condición del color y la adición de adjetivos, como pueden ser "claro", "apagado" y "profundo", nos permiten describir el color de una forma un poco más precisa. Los términos como, por ejemplo, "rojo claro" utilizados por el hombre de la portada se denominan nombres de colores sistemáticos. Aunque existe una gran variedad de modos para describir el color, las diferentes personas que oigan "carmesí" o "rojo claro" seguirán interpretando dichas expresiones de formas diferentes. Por consiguiente, la expresión verbal de los colores sigue sin ser lo bastante precisa.

El color puede definirse y medirse por comparación con un patrón que se acepta como referencia, o a través de la medición instrumental de las partes constituyentes de ese color, como cantidades relativas de cada longitud de onda que, sumadas, producen el color, este se considera como un fenómeno de la superficie de un objeto opaco. La superficie de la carne roja refleja la luz en muchos ángulos, creando una reflectancia difusa de varias longitudes de onda, que son funciones de color del objeto. Es debido a la reflectancia difusa de varias longitudes de onda, que son funciones del color del objeto. Es debido a la reflectancia difusa de la luz incidente que se puede hacer una descripción física del color real de la carne, por medio de métodos colorimétricos.

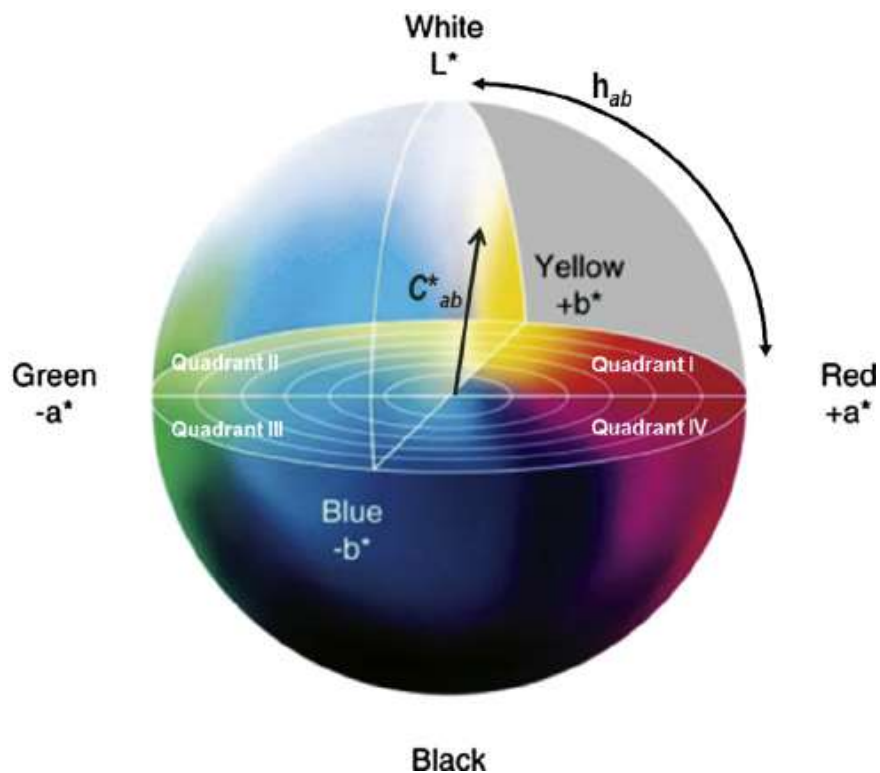


Figura 2.5

Espacio cromático CIELab (C, h^*)

Fuente: *Researchgate*, 2015

(https://www.researchgate.net/figure/256973328_fig1_Fig-1-The-CIELAB-sphere)

En la Figura 2.2 se muestra las coordenadas cromáticas a^* y b^* , así como también la Luminosidad (L^*), la Tonalidad (h^*) y la Saturación (C^*).

Los parámetros saturación (C) y ángulo de tinta o tonalidad (h*) se determinaron de acuerdo con el procedimiento propuesto por González (1993), definido por las ecuaciones (2.1 y 2.2) siguientes:

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2.1)$$

$$h^* = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2.2)$$

En que,

C: Saturación;

h*: Ángulo de tinta o tonalidad;

a*: Coordenada colorimétrica del eje verde al rojo;

b*: Coordenada colorimétrica del eje azul al amarillo.

2.4. Definición de términos básicos

Epicarpio

El epicarpio (del griego epi "sobre" + karpós "fruto", a veces denominado exocarpio o exocarpo de exo, "exterior") es la parte del pericarpio que suele proteger al resto del fruto del exterior. El epicarpio forma la epidermis protectora del fruto que, a menudo, contiene glándulas con esencias y pigmentos. En muchas frutas se llama comúnmente piel. El epicarpio tiene como componente principal material celulósico pero también contiene otros componentes, tales como aceites esenciales, ceras de parafina, esteroides y triterpenoides, ácidos grasos, pigmentos (carotenoides, flavonoides), principios amargos y enzimas (Hickey, M.; King, C., 2001).

Lycopeno

El licopeno del neolatín *lycopersicum*, la especie tomate, es un caroteno rojo brillante y pigmento carotenoide y fitoquímico que se encuentra en los tomates y otras frutas y verduras de color rojo, como las zanahorias rojas, sandías, y papayas, aunque no en las fresas, pimientos rojos, o cerezas. Aunque el licopeno es químicamente un caroteno, no tiene actividad de vitamina A. Los alimentos que no son de color rojo también pueden contener licopeno, como las habas café o el perejil. En las plantas, algas y otros organismos fotosintéticos, el licopeno es un intermediario importante en la biosíntesis de muchos carotenoides, incluyendo el beta caroteno, que es responsable de la pigmentación amarilla, naranja, o roja, la fotosíntesis, y la foto-protección. Como todos los carotenoides, el licopeno es un hidrocarburo poliinsaturado, es decir, un alqueno no sustituido. Estructuralmente, el licopeno es un tetraterpeno y ensamblado a partir de ocho unidades de isopreno que se componen enteramente de carbono e hidrógeno. Es insoluble en agua. Los once dobles enlaces conjugados del licopeno le dan su color rojo intenso y su actividad antioxidante. Debido a su fuerte color y no toxicidad, el licopeno es un colorante alimentario útil (registrado como E160d) y está aprobado para el uso en los EE.UU., Australia y Nueva Zelanda (registrado como 160d) y la UE (Global B2B Marketplace. EC21. 2015.)

El licopeno es uno de los primeros carotenoides que aparecen en la síntesis de este tipo de compuestos, constituyendo la base molecular para la síntesis de los restantes carotenoides. El licopeno es un carotenoide de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono. La fórmula molecular del licopeno (C₄₀H₅₆, PM = 536.88) fue determinada por primera vez por Willstatter y Escher en 1910, los cuales presentaron el licopeno como un isómero de los carotenos. El licopeno es un carotenoide altamente lipofílico que se caracteriza por carecer de anillos cíclicos y poseer un gran número

de dobles enlaces conjugados. Su obtención por síntesis química aún no está totalmente establecida y, a diferencia de otros carotenoides como el β -caroteno producido a gran escala por síntesis, el licopeno se obtiene fundamentalmente a partir de fuentes naturales, hongos y especialmente de tomates. Sin embargo, los sistemas de extracción son costosos y el licopeno presenta una baja estabilidad, lo que ha limitado su utilización como colorante alimenticio (Nutrition Data, 2014).

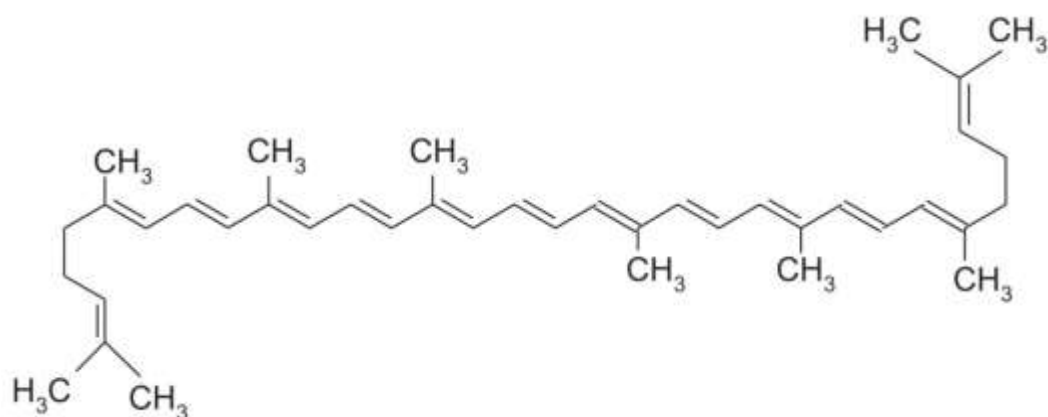


Figura 2.3

Estructura química del licopeno predominante en los vegetales

Fuente: *María Jesús Periago, 2001.*

Espacio cromático CIELab

Un espacio de color puede ser descripto como un método para expresar el color de un objeto usando algún tipo de anotación, como pueden ser los números. La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente. El espacio de color L*a*b*, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto. Este espacio de color es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar

inconsistencias, y expresar precisamente sus resultados a otros en términos numéricos (Konica Minolta, 2016).

Atmósferas modificadas o controladas

Las atmósferas controladas o modificadas contienen niveles más bajos de O_2 y mayores de CO_2 que el aire. Mediante el uso de estas tecnologías se consigue reducir la respiración de la fruta, retrasando por tanto la maduración. Cuando la modificación de las atmósferas se realiza manteniendo un control más o menos exacto de la concentración gaseosa dentro de cierto rango, recibe el nombre de atmósfera controlada. Si por el contrario se utiliza una mezcla de gases resultante del intercambio gaseoso del envase en equilibrio con la respiración del producto, la técnica se denomina atmósfera modificada. Ésta se consigue realizando vacío y reinyectando posteriormente la mezcla adecuada de gases, de tal manera que la atmósfera que se consigue en el envase va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y respuesta del producto. Los arándanos pueden conservarse, manteniendo una adecuada refrigeración y en atmósferas controladas del 10-12% CO_2 y aproximadamente 10% O_2 , por un periodo de 6 a 9 semanas, dependiendo del cultivar y del estado de madurez inicial del fruto. Uno de los inconvenientes que presenta el uso de esta tecnología es su alto costo. No obstante, la aplicación de atmósfera controlada se hace indispensable cuando se requiere almacenar la fruta por periodos superiores a 3 semanas. El empleo de atmósferas modificadas en la conservación de los frutos se ha incrementado en los últimos años en los países desarrollados. Una de las razones es que esta tecnología puede aplicarse a diversos tamaños de envase, desde palets completos hasta pequeños formatos individuales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los niveles de O_2 y CO_2 alcanzados en el interior del envase deben encontrarse dentro del rango recomendado para esta fruta. (García Rubio, JC. 2010).

Post Cosecha y Comercialización

Una vez cosechada la fruta proveniente de pequeños y medianos productores, tanto para mercado interno como para su comercialización al exterior, es enviada a los centros de empaque. Los centros de empaque, en su gran mayoría pertenecen a capitales extranjeros, los cuales también poseen sus propias plantaciones y cosechan con la misma modalidad que los productores de la zona. Las hortalizas como el tomate no pueden ser cosechados si no han llegado a un crecimiento casi completo, mientras vegetales de hoja y tallo son cosechados antes de su completo crecimiento y maduración. Es conveniente recordar que la cosecha se efectúa normalmente antes de que la fruta o vegetal alcance su madurez completa o lo que se llama comúnmente, el estado "pintón" o de madurez comercial. Esto permite acopiar, manipular y comercializar el producto con menores riesgos de deterioro y llegará a manos del consumidor final en un estado de madurez exquisito, esto cobra mayor importancia cuando se envían productos frescos a mercados distantes. Se puede sugerir que una fruta está fisiológicamente madura cuando puede seguir madurando normalmente después de cosechada. La determinación del momento oportuno de la cosecha es difícil, por lo que se recurre a criterios basados en la experiencia (tiempo transcurrido, variedad, condiciones climáticas, color, tamaño, sabor, aroma) y a criterios técnicos (acidez, contenido de azúcar, textura, contenido de almidón, colorimetría), (UNALM, 2010).

Temperatura de refrigeración

El frío es una de las técnicas más ampliamente utilizada en el mundo para minimizar el deterioro postcosecha de frutas y hortalizas frescas, reduciendo además su deshidratación y desarrollo de enfermedades.

Las frutas tropicales y subtropicales son susceptibles de sufrir alteraciones fisiológicas en un rango de temperatura de aproximadamente 5 a 14 °C. Los síntomas más comunes son fallas en la maduración, desarrollo de sabores y aromas atípicos, decoloración, ennegrecimiento y

deterioro de los tejidos, e incremento de la susceptibilidad del producto al ataque de patógenos secundarios. (Arias C. y Toledo J., FAO, 2007).

Luminosidad (L*)

Los colores pueden dividirse en colores claros y oscuros cuando se compara su luminosidad L* (lo claros que son). Tomemos, por ejemplo, los amarillos de un limón y un pomelo. Sin duda, el amarillo del limón es mucho más claro. ¿Cómo compararíamos el amarillo de un limón y el rojo de una cereza? De nuevo, el amarillo del limón es más claro, ¿no? La luminosidad puede medirse independientemente del tono, (Konica Minolta, 2003)

Saturación (C)

Volviendo al amarillo, ¿cómo compararía los amarillos de un limón y de una pera Podríamos decir que el amarillo del limón es más claro, pero de un modo más exacto en este caso, es más vivo, mientras que el amarillo de la pera es apagado. Ésta es otra gran diferencia, pero esta vez de saturación del color o viveza. Este atributo es completamente independiente de los de tono y luminosidad, (Konica Minolta, 2003).

Tonalidad (h*)

Las manzanas son rojas, los limones amarillos, el cielo azul; eso es lo que todos pensamos del color en el lenguaje diario. El tono es el término utilizado en el mundo del color para las clasificaciones de rojo, amarillo, azul, etc. Asimismo, aunque el amarillo y el rojo son dos tonos completamente diferentes, la mezcla de ambos da como resultado naranja (llamado en algunas ocasiones amarillo-rojo), la mezcla de amarillo y verde da amarillo-verde, la mezcla de azul y verde da azul-verde y así sucesivamente, (Konica Minolta, 2003)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

Esta es investigación es de tipo cuantitativa. La cuantificación de los resultados serán obtenidos mediante cálculos matemáticos, en sus respectivas unidades de estudio, como es el tiempo, el peso e indicadores colorimétricos, entre otros.

Según su contexto la investigación será de laboratorio, lo que conlleva a realizar un apropiado manejo de las variables o condiciones de trabajo para obtención de buenos resultados.

Diseño de la investigación

La presente investigación será experimental, cuyos procedimientos se realizarán de acuerdo, a métodos o marchas ya establecidas para ser aplicadas en nuestras variables independientes, aplicando un diseño factorial.

3.2. Población y Muestra

Población

Los Tomates para la presente investigación será de la zona, específicamente del distrito de Chongoyape. Los cuales se encontraban en un estadio de madurez, verde.

Muestra

El Muestreo aplicado será de tipo intencional o de conveniencia, donde este tipo de muestra se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras "representativas" mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.

También en este tipo de muestreo suele darse, que el investigador seleccione directa e intencionadamente los elementos de la población.

3.3. Hipótesis

H₁: El cambio de color de los tomates en el proceso de maduración, tienen una relación directa con sus características fisicoquímicas como grados brix, acidez y color, y no será significativo si se almacena a 5°, en un empaque de alta densidad durante dos semanas.

H₀: El cambio de color de los tomates en el proceso de maduración, tiene una relación, con sus características fisicoquímicas como grados brix y acidez, y será significativo si se almacena a temperaturas mayores de 5°, en empaque de baja densidad durante, menos de dos semanas.

3.4. Variables

Variable independiente

Temperatura de refrigeración: de 5, 10 y 15 °C

Tipo de empaque: Polietileno de Baja y Alta densidad

Variable dependiente

Grados brix (°Bx)

Acidez (%)

Luminosidad (L*)

Saturación (C)

Tonalidad (h)

3.5. Operacionalización

En el Tabla 3.1., se detalla la Operacionalización de las variables.

Tabla 3.1

Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Temperatura de Refrigeración	5, 10 y 15	°C	Medición de temperatura con Termómetro digital.
Tipo de empaque	Polietileno de Baja y Alta densidad	Densidad del empaque	Envasado a presión atmosférica en bandejas con bolsas de polietileno
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores ítems o respuestas	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Grados brix		° Brix	Análisis de sólidos solubles, con refractómetro
Acidez	Variables	%	Análisis de acidez, con titulador automático
Luminosidad	Respuesta	L*	
Saturación		C	Análisis de color en la escala CIELab, con colorímetro.
Tonalidad		h	

En la tabla 4.2. siguiente se detalla la Matriz de Operacionalización en la que se observa las variables independientes así como sus rangos experimentales, para la obtención de las variables respuesta, como son: las variaciones en grados brix ($\Delta^{\circ}\text{Bx}$), porcentaje de Acidez ($\Delta\%$) y las variaciones de los parámetros CIELab.

Tabla 3.2.
Variables respuestas de cada tratamiento

Muestras	Temperatura de Refrigeración	Tipo de empaque	Grados brix $\Delta^{\circ}\text{Bx}$	Acidez $\Delta\%$	CIELab		
					ΔL^*	ΔC	Δh
1	5	B. D.*	B ₁	A ₁	L ₁	C ₁	h ₁
2	5	A. D.*	B ₂	A ₂	L ₂	C ₂	h ₂
3	15	A. D.*	B ₃	A ₃	L ₃	C ₃	h ₃
4	15	B. D.*	B ₄	A ₄	L ₄	C ₄	h ₄
5	10	B. D.*	B ₅	A ₅	L ₅	C ₅	h ₅
6	10	A. D.*	B ₆	A ₆	L ₆	C ₆	h ₆

Fuente: *Software Desing Expert*

Nota: B.D.* Baja Densidad, A.D.* Alta Densidad

3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Abordaje metodológico

Es la forma como se va a resolver el problema formulado, para ello conocemos que la investigación es experimental, con la cual se tiene el control de las variables independiente, lo cual puede variar en la forma que sea más apropiada, para el alcance de los objetivos.

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas usadas para el análisis Físico y Químico en la Materia Prima y Producto Final, se menciona a continuación:

Análisis de sólidos solubles (Determinación de Grados Brix)

Este análisis nos da a conocer los sólidos solubles totales, en la cual podemos aplicar el refractómetro como instrumento primordial para la determinación de los sólidos solubles totales. El estado de madurez que posean los productos hortofrutícolas al ser cosechados, es especialmente importante para su manejo, transportación y comercialización ya que repercute directamente en su calidad y potencial de almacenamiento. De aquí el estudio de los conceptos de madurez y calidad, lo que significan que son aspectos centrales para la tecnología postcosecha.

Como los azúcares son los componentes mayoritarios en el zumo de la fruta, el análisis de sólidos solubles puede utilizarse como un estimador del contenido en azúcares en la muestra. La técnica más común de medición de este parámetro, basada en la refractometría, requiere de instrumentos relativamente baratos, aunque las medidas no se pueden realizar en campo cómodamente. Para este método es necesario el siguiente material de laboratorio:

- 1 mortero
- 1 Vaso de precipitados de 250 ml
- 1 Pipeta Pasteur
- 1 refractómetro ABBE o equivalente

El método incluye los siguientes pasos: 1) Corte de la fruta en gajos e introducción en un mortero. El zumo obtenido se deposita en el vaso de precipitados de 250 ml. 2) Toma una muestra del zumo con la pipeta Pasteur para depositarlo, en forma de gotas, sobre el prisma del refractómetro. 3) Medición a través del ocular, ajustando la sombra en el punto medio de la

cruz para leer en la escala numerada superior el índice de refracción. El valor leído se anota en grados Brix. 4) La lectura irá siempre acompañada de la temperatura a la que se ha realizado. 5) Conversión del índice de refracción a la medición estándar de 20 °C utilizando una tabla de conversión ya estipulada. En la Figura 3.4 podemos ver el refractómetro de la casa ATC empleado para el análisis de sólidos solubles en las diferentes variedades analizadas.

La escala de los refractómetros ATC está hecha para que indique el valor correcto cuando estemos tomando muestras a una temperatura ambiente de unos 20 °C. Por lo tanto hay que aplicar un factor de corrección, ya que la temperatura del laboratorio oscila entre unos 21 - 23 °C. Otra posibilidad es calibrar el aparato a la temperatura de trabajo.



Figura 3.1

Refractómetro de marca ATC.

Determinación de Acidez (%)

En alimentos el grado de acidez indica el contenido en ácidos libres. Se determina mediante una valoración (volumetría) con un reactivo básico. El resultado se expresa como el

porcentaje (%) del ácido predominante en el material. Ej.: En aceites es el % en ácido oleico, en zumo de frutas es el % en ácido cítrico, en leche es el % en ácido láctico, etc. El procedimiento es el siguiente: 1. Añadir 50 mL de muestra perfectamente homogeneizada en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Armar el equipo como se ve en la Figura 3.1. 2. Adicionar 0.5 mL de indicador de fenolftaleína y titular con solución de hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosa permanente por lo menos 30 segundos (se recomienda emplear siempre una cantidad constante de indicador ya que su concentración puede influir en los resultados). 3. Si la muestra es oscura o colorida, será necesario después de agregar agua, titular con ayuda de un potenciómetro a un pH de 8.3. 4. Si la muestra presenta gas este debe de ser eliminado mediante la aplicación de agitación vigorosa y calentamiento suave.

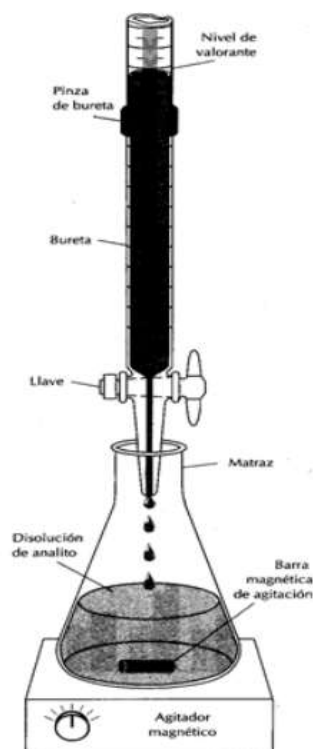


Figura 3.2

Equipo de titulación

Fuente: *Calderón P. Rocío, 2011.*

Análisis colorimétrico CIELAB

El análisis de color es más que una expresión numérica. Normalmente es un análisis de la igualdad o diferencia de un color al compararlo con una norma establecida. CIELab, que se emplean para comparar los colores de dos objetos.

La colorimetría es el único de los métodos físico-químicos que no requiere la destrucción de la muestra. Para realizar la medición se utiliza un aparato calibrado denominado colorímetro. En el caso de variedades rojas se realizan mediciones de color tanto en las zonas más coloreadas como en las menos coloreadas. En cambio, en las variedades verdes y amarillas se miden varios puntos y se hace la media. La función del colorímetro es describir la coloración de la epidermis de la pieza de fruta objeto de la medición. Para ello devuelve tres parámetros, L^* , a^* , b^* , siguiendo el estándar C.I.E. $L^*a^*b^*$ (apertura de diámetro 8 mm, plato blanco de referencia, iluminación estándar D65 y observador a 10°). La luminosidad viene descrita por L^* . El color negro presenta una luminosidad de 0 mientras que el blanco presenta una luminosidad de 100. Los parámetros a^* y b^* se utilizan para evaluar la saturación y el tono. La saturación nos da la pureza de un color y el tono es el color propiamente dicho. Para el cálculo se utilizan las expresiones 3.1, 3.2 y 3.3:

$$\text{Saturación} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.1)$$

$$\text{Tono en variedades rojas} = \arctg b/a \quad (3.2)$$

$$\text{Tono en variedades verdes y amarillas} = a^* + b^* \quad (3.3)$$

En este trabajo se ha utilizado un colorímetro triestímulo Minolta CR-200, cuyo precio ya no es tan asequible como el de los instrumentos utilizados en las técnicas físicoquímicas descritas

anteriormente. El procedimiento que se debe seguir para realizar la medida es el siguiente: 1) Coger el colorímetro y borrar todos los datos de medidas anteriores 2) Calibrar el instrumento. Para ello es necesario colocar el cabezal de medida sobre el plato de calibración e invocar a la función “Calibrate” hasta que el aparato indique que está preparado. 3) Poner al sistema en modo medida apretando el botón “measure” 4) Realizar la medida sobre la superficie de la muestra a medir 5) Anotar los valores de los parámetros L^* , a^* , b^*



Figura 3.3
CM-5 Spectrophotometer
Fuente: *Konica Minolta*

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

Para nuestra recopilación de datos usamos el software Desing Expert, la cual nos proporciona una matriz de variables independientes y dependientes, donde se tuvo que llenar en las celdas para cada experimento, como se muestra en la figura siguiente:

Std	Run	Block	Factor 1 A Temperature °C	Factor 2 B Envase Tipo	Response 1 Grados Brx °Bx	Response 2 Acidez %	Response 3 Luminosidad L*	Response 4 Saturación C	Response 5 Tonalidad N
	1	Block 1	5	Baja Denesdad	2.1	2.2	14.25	0.205361	32.3439
	2	Block 1	5	Alta Denesdad	1.8	1.9	12.23	0.403947	26.5842
	3	Block 1	15	Alta Denesdad	3.2	2.8	18.94	3.02066	40.7983
	4	Block 1	15	Baja Denesdad	3.7	3.2	18.88	3.14852	43.1643
	5	Block 1	10	Baja Denesdad	2.7	2.4	16.23	1.9614	36.7195
	6	Block 1	10	Alta Denesdad	2.5	2.1	15.48	0.023372	35.0798

Figura 3.4

Matriz del diseño de D-Optimal

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 3.6 se muestra la matriz del diseño D-Optimal, que es el diseño elegido para nuestros datos, donde se recopilaran en las celdas establecidas. En la Figura 3.7 se muestra el resumen de la recopilación de datos, para ser procesados por el software.

Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Levels
A	Temperatura	°C	Categorical	5	15	3
B	Envase	Tipo	Categorical	Baja Denesdad	Alta Denesdad	2

Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.
Y1	Grados Brx	°Bx	6	Factorial	1.88	3.78	2.67	0.64
Y2	Acidez	%	6	Factorial	1.96	3.28	2.43	0.44
Y3	Luminosidad	L*	6	Factorial	12.23	19.88	16.54	2.57
Y4	Saturación	C	6	Factorial	0.29	3.15	1.62	1.17
Y5	Tonalidad	N	6	Factorial	26.58	43.18	35.78	5.44

Figura 3.5

Matriz del diseño de D-Optimal

Fuente: *Software Desing Expert*

3.7. Procedimiento para la recolección de datos.

La presente investigación parte desde la recepción de la materia prima, luego una selección para eliminar los tomates en mal estado, posteriormente se realizó el lavado para eliminar partículas en la superficie del fruto. Una vez limpio los tomates se procede a la etapa de desinfección para eliminar microorganismos presentes en el fruto y eliminación del agua con un drenado, seguidamente el envasado y almacenamiento, como se muestra en la Figura 3.8.

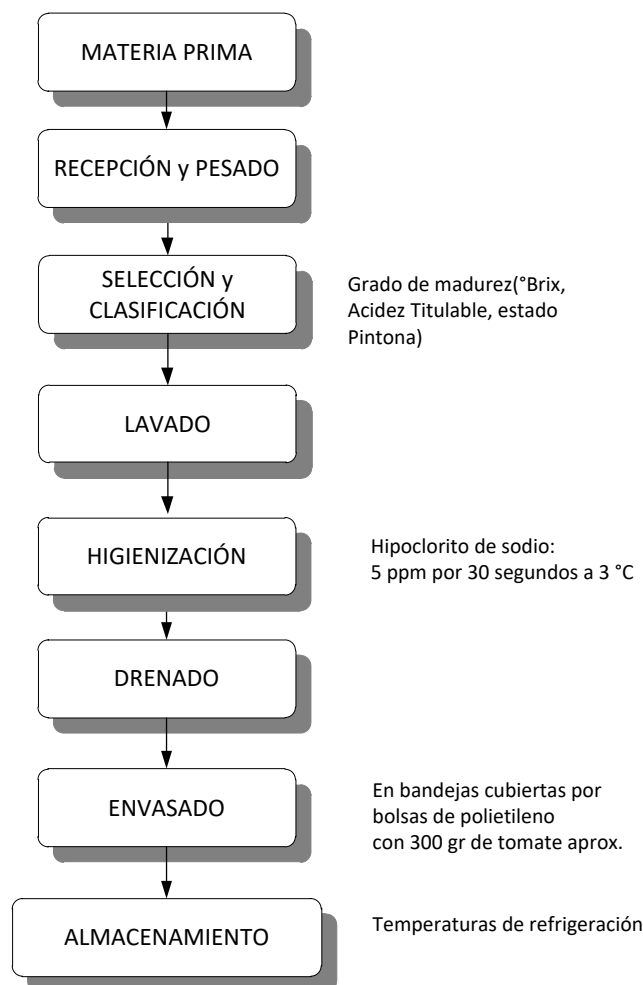


Figura 3.6

Diagrama de flujo para el procesamiento del tomate fresco.

Procedimiento de acondicionamiento del Tomate Fresco

Recepción

La recepción es la operación donde se registra la procedencia de la materia prima, tiempo de cosecha y proveedor. Así mismo la cantidad de tomate que se evaluará.

Selección

En esta operación se eliminara los tomates que no están aptos a ser evaluados en la investigación; donde se retiran los tomates maduros, picados o que tengan otros daños físicos como golpes o ralladuras.

Clasificación

Esta operación es muy importante para identificar a la materia prima por sus características físicas de la materia prima como son los °Brix, la acidez titulable y el estadio de madurez, etc.

Higienización

La higienización es la operación que tiene como fin reducir la carga microbiana dela superficie de los tomates, empleando una concentración de 20 ppm de Hipoclorito de Sodio, por un tiempo de 30 segundos, a 5 °C de temperatura..

Drenado

En la operación de drenado, eliminamos toda la cantidad de agua que se encuentra en el epicarpio del tomate, en esta operación debemos

de tener mucho cuidado de no dejar gotas de agua, para evitar recontaminación de los frutos.

Envasado

El envasado se realiza en bandejas de 300 g, recubiertas con polietileno de alta y baja densidad y selladas en una atmosfera modificada pasiva.

Almacenamiento.

El almacenamiento se realiza a una temperatura de 5, 10 y 15 °C en una cámara de refrigeración, con una humedad relativa no menor del 60 %, con la ayuda de un higrómetro. Como se muestra en la Figura 3.8, siguiente:

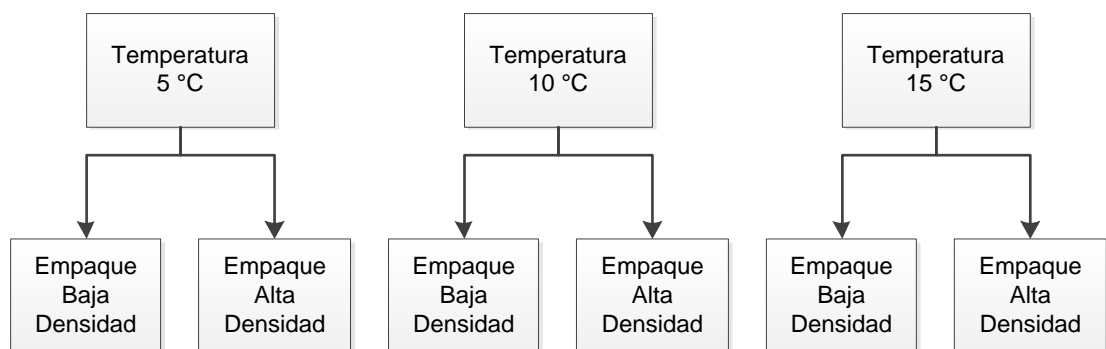


Figura 3.8.

Diagrama de procedimiento experimental

3.8. Análisis estadístico e interpretación de los datos

3.8.1. Plan de análisis estadístico de datos

En el Tabla 2.3, se detalle el plan de análisis estadístico para procesamiento de los datos. Donde se evaluó los niveles de Temperatura de refrigeración como variables numéricas y el tipo de empaque como variables categóricas; para ello tenemos 12 muestras que fueron obtenidas utilizando el software estadístico Desing expert.

Tabla 3.3

Elaboración de variables según paquete estadístico Dising-Expert, de la versión 7 (DX7)

Muestras	Temperatura de Refrigeración	Tipo de empaque
1	5	Baja Densidad
2	5	Alta Densidad
3	15	Alta Densidad
4	15	Baja Densidad
5	10	Baja Densidad
6	10	Alta Densidad

Fuente: *Software Desing Expert*

3.9. Criterios éticos

Respeto a la propiedad intelectual

El presente proyecto cumple con los requerimientos establecidos por OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) según nociones básicas sobre derecho de autor y derechos conexos, que protege los intereses de los creadores dándoles derechos de propiedad sobre sus creaciones, por lo cual cada texto extraído de libros, tesis, artículos, que

hemos tomado para redactar el mencionado estudio ha sido citado debidamente.

Beneficencia

El propósito de indicado estudio se fundamenta en el aporte y beneficios que trae consigo la producción a nivel ambiental, económico y social. A nivel agroindustrial contribuirá al mejoramiento de los procesos pos cosecha, presentes en los sectores de la cadena productiva. Así mismo personalmente ayudará a afianzar nuestro desarrollo profesional debido a que estaremos aplicando las bases y conocimientos prácticos adquiridos a lo largo del proceso de aprendizaje en la Universidad Señor de Sipán.

Respeto a la dignidad humana

Para el desarrollo del presente estudio se tomará en cuenta el respeto a cada una de las personas que participen en el proceso, además de ello estaremos dispuestos a cumplir con todos los deberes estipulados según el reglamentos de la Universidad Señor de Sipán.

3.10. Criterio de rigor científico

La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo durante el cual mantiene una calidad adecuada siempre que se garanticen las condiciones de conservación que se indican en el etiquetado. La vida útil depende tanto de las propias características de los alimentos como de las técnicas de conservación de los mismos.

Los estudios de vida útil aportan datos sobre cuánto tiempo un producto puede conservar inalteradas sus propiedades y es capaz de mantener su calidad desde el momento en el que el consumidor abre el envase.

En este sentido, la normativa establece la realización de estudios de vida útil para asegurar la ausencia de riesgos microbiológicos e identificar los cambios sensoriales en determinados alimentos. A continuación se explica algunos de los métodos con los que contamos para estimar la vida útil de un producto de alimentación.

La producción mundial de frutas tropicales en el año 2010 fue de aproximadamente 62 millones de toneladas, y se estima que para el 2017 la producción ascenderá a 92,1 millones de toneladas. La variedad dominante fue el mango con el 36% de la producción mundial de frutas tropicales, seguido de la piña, papaya, aguacate, guayaba y maracuyá. Los volúmenes del comercio indican que América Latina y el Caribe realizó el 61% de las exportaciones mundiales de las principales frutas tropicales frescas, mientras que el Lejano Oriente y África le correspondió el 22 y 10%, respectivamente (FAO, 2012; Torres et al., 2012).

Los principales parámetros de calidad de las frutas y hortalizas son el peso seco, sólidos solubles, acidez titulable, pH, color y dureza. Generalmente las frutas y hortalizas, se consumen con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando la fruta ha alcanzado por completo el color deseado (característico de madurez), pero antes del ablandamiento excesivo. Por tanto, el color en estas frutas es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida pos cosecha y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. El color amarillo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Bruhn, 2007; Fraser et al., 1994).

Un gran número de procesos fisicoquímicos se llevan a cabo en las frutas durante el almacenamiento, período en el cual la calidad de la mayoría de frutas y hortalizas se ve severamente afectada por las pérdidas de agua, que dependen de la temperatura y de la humedad

relativa. Sin embargo, el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad y la cantidad de cambios fisicoquímicos en frutos es altamente dependiente del cultivar, el tiempo de exposición y las condiciones de cosecha (Casierra y Aguilar, 2008; Moccia et al., 2006).

La caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las frutas se realizan con equipos y procedimientos especializados y personal entrenado, lo que genera altos costo de análisis. Sin embargo, estas se pueden relacionar con atributos o propiedades fáciles de medir y que no impliquen análisis destructivos, como por ejemplo el color (Segnini et al., 1999; Abdullah et al., 2001).

El color se puede analizar rápidamente por un sistema de adquisición de imágenes (Mendoza et al., 2006), también conocidas como sistemas de visión computacional (SVC). El SVC ha sido utilizado para identificar, clasificar, evaluar y detectar defectos en frutas, verduras, carnes, productos de panadería, y productos preparados, como chips de papas fritas (Pedreschi et al., 2004). Aunque para la medida del color, actualmente están disponibles colorímetros comerciales en espacio LAB, los cuales ahora tienen muchas ventajas en su uso, practicidad y rapidez en el análisis.

Criterios a tener en cuenta a los productos envasados y almacenados en fresco:

Temperatura del producto terminado

Se recomienda que, para obtener productos terminados a temperatura igual o inferior a 4 °C, a) las materias primas se almacenen a temperaturas inferiores a 6 °C; b) se limite al máximo las estancias de productos intermedios por encima de 10 °C; c) enfriar el producto hasta 4 °C antes de envasar; d) mantener temperaturas inferiores a 4 °C a partir del almacenamiento de producto terminado.

Riesgos de contaminación física y química de los productos

Se recomienda realizar auditorías regulares del estado de las instalaciones para identificar riesgos potenciales de contaminación, aplicando las acciones correctivas pertinentes para minimizar dichos riesgos.

Calidad del proceso y del producto

Se recomienda la utilización de equipos de registro de temperaturas en tiempo real continuo conectados a un sistema de alarma de fallos adecuado.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y gráficos:

Tabla 4.1

Resultados promedios de los tratamientos para los grados brix (°Bx)

Días	MUESTRAS (°Bx)					
	M 1	M2	M3	M4	M5	M6
1	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2	7.6	7.5	7.6	8	7.6	7.7
3	7.5	7.6	7.7	8.2	7.7	8
4	7.8	8	8.3	9	7.9	8.3
5	8.1	8.1	8.5	9.4	8.4	8.5
6	8.6	8.5	9	9.5	8.9	8.8
7	9	9	9.5	10	9.2	9.1
8	9.4	9.1	10.2	10.2	9.6	9.4
9	9.5	9.2	10.7	10.8	10	9.9
10	9.6	9.3	10.7	11.2	10.2	10
11	9.8	9.4	11	11.3	10.3	10.2
12	9.9	9.3	11.2	11.3	10.5	10.1

De la tabla 4.1, se eligieron las muestras del 10 día las cuales presentan características de una madurez comercial muy homogénea, entre los días de almacenamiento, para los grados brix.

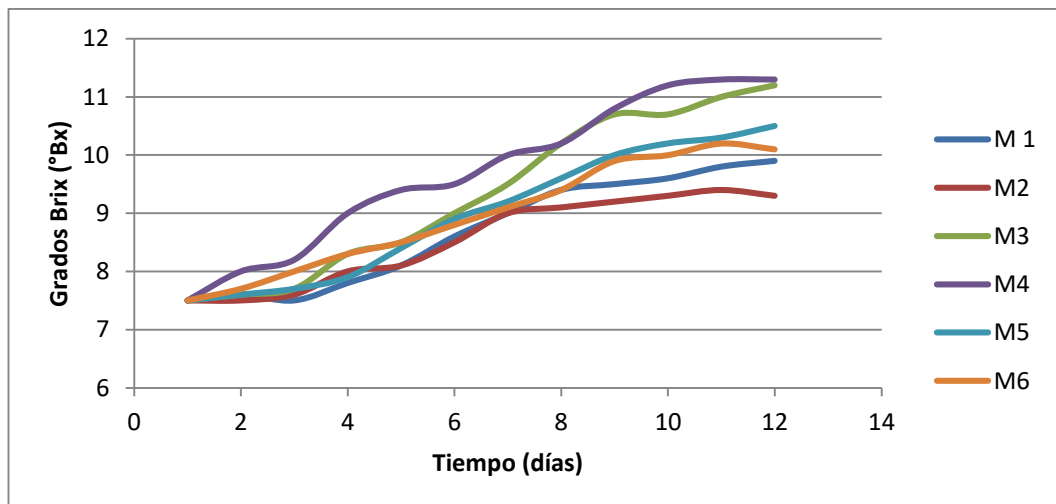


Figura 4.1

Resultados gráficos de los tratamientos para los grados brix (°Bx)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2

Resultados promedios de los tratamientos para la acidez (%)

Dias	MUESTRAS (%Acidez)					
	M 1	M2	M3	M4	M5	M6
1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2	0.57	0.58	0.56	0.54	0.55	0.56
3	0.55	0.57	0.53	0.52	0.51	0.56
4	0.53	0.54	0.52	0.47	0.51	0.53
5	0.51	0.52	0.49	0.45	0.47	0.5
6	0.48	0.49	0.47	0.42	0.44	0.47
7	0.45	0.46	0.44	0.4	0.43	0.44
8	0.43	0.44	0.43	0.38	0.4	0.43
9	0.41	0.42	0.4	0.34	0.38	0.42
10	0.39	0.4	0.38	0.33	0.36	0.39
11	0.38	0.39	0.38	0.33	0.36	0.38
12	0.37	0.4	0.36	0.32	0.35	0.37

De la tabla 4.2, se eligieron las muestras del 10 día las cuales presentan características de una madurez comercial muy homogénea, entre los días de almacenamiento, para la acidez (%)

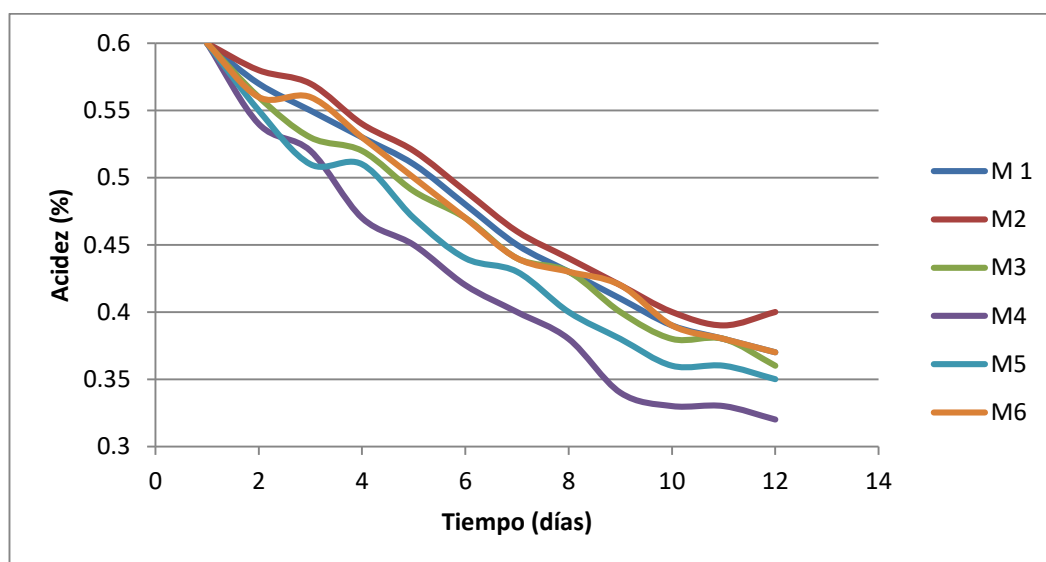


Figura 4.2

Resultados gráficos de los tratamientos para la acidez (%)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3

Resultados promedios de los tratamientos para la luminosidad L*

Días	MUESTRAS (L*)					
	M 1	M2	M3	M4	M5	M6
1	54.99	54.99	54.99	54.99	54.99	54.99
2	56.12	57.21	57.24	58.35	56.27	55.18
3	58.31	59.41	59.68	60.78	58.84	57.74
4	60.02	60.31	61.32	62.53	60.52	59.24
5	61.25	61.11	63.41	64.75	62.75	62.59
6	63.41	62.89	65.32	66.48	64.69	64.48
7	65.24	64.24	67.14	68.35	66.24	66.84
8	67.23	65.6	69.32	70.78	68.32	67.79
9	68.12	66.21	71.23	72.68	70.42	69.48
10	69.24	67.22	73.93	74.67	71.22	70.47
11	69.31	67.42	74.21	74.76	73.12	72.41
12	69.23	67.89	73.87	75.24	72.24	71.35

De la tabla 4.3, se eligieron las muestras del 10 día las cuales presentan características de una madurez comercial muy homogénea, entre los días de almacenamiento, para la luminosidad L*

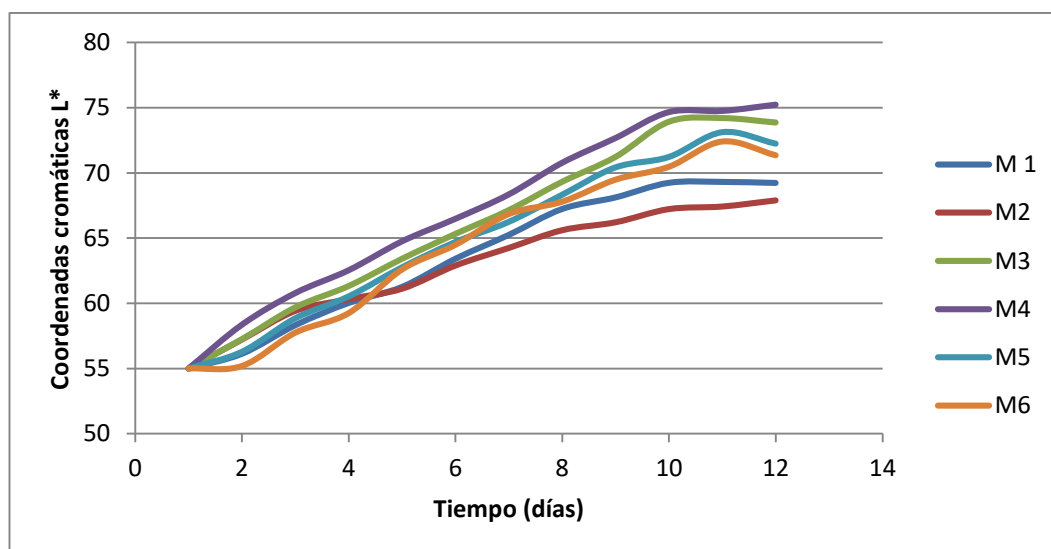


Figura 4.3

Resultados gráficos de los tratamientos para la luminosidad L*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4

Resultados promedios de los tratamientos para el eje cromático a*

Días	MUESTRAS (a*)					
	M 1	M2	M3	M4	M5	M6
1	26.98	26.98	26.98	26.98	26.98	26.98
2	22.36	22.5	21.24	18.52	20.35	20.35
3	20.45	20.14	18.25	17.26	17.96	18.63
4	18.24	18.25	16.24	14.78	16.45	16.21
5	15.63	17.63	14.36	12.42	14.85	14.85
6	14.25	16.45	12.36	9.78	12.63	13.12
7	13.62	16.01	9.58	9.05	11.97	12.23
8	12.97	14.52	7.95	6.51	9.96	10.51
9	11.25	14.21	7.45	5.62	8.96	9.21
10	10.26	13.74	5.44	3.86	7.94	8.74
11	10.16	13.34	5.32	3.54	7.35	8.62
12	9.54	12.14	4.71	2.25	6.69	7.55

De la tabla 4.4, se eligieron las muestras del 10 día las cuales presentan características de una madurez comercial muy homogénea, entre los días de almacenamiento, para el eje cromático a*.

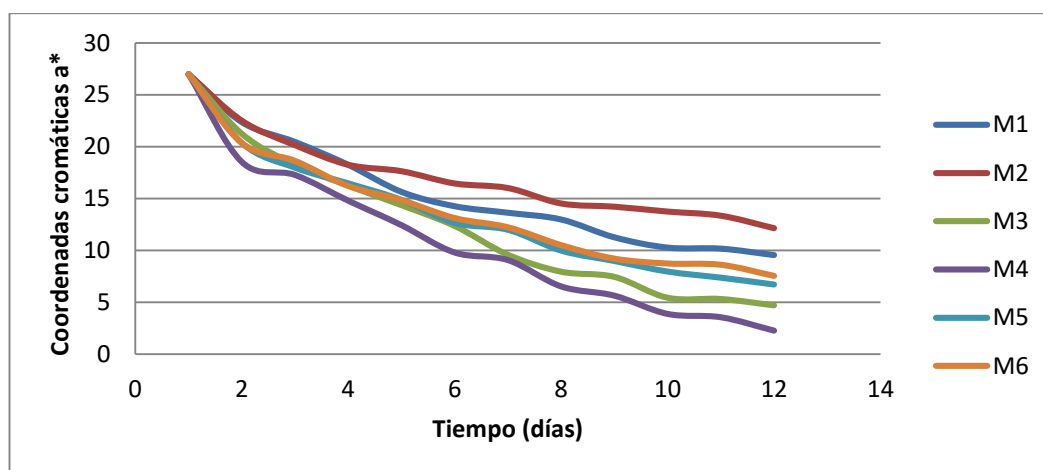


Figura 4.4

Resultados gráficos de los tratamientos para el eje cromático a*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.5

Resultados promedios de los tratamientos para el eje cromático b*

Días	MUESTRAS (b*)					
	M 1	M2	M3	M4	M5	M6
1	23.58	23.58	23.58	23.58	23.58	23.58
2	24.38	24.13	24.52	25.64	25.41	23.89
3	25.01	25.82	26.54	27.41	26.24	24.25
4	26.54	26.35	27.82	28.54	27.56	25.69
5	28.34	27.54	30.41	31.62	29.45	27.36
6	29.23	28.75	31.98	32.75	30.25	28.79
7	30.51	29.74	32.64	33.54	31.24	29.65
8	32.78	32.47	35.68	35.98	34.45	33.41
9	33.05	32.87	37.64	37.12	36.08	34.4
10	34.63	33.53	38.47	38.79	36.95	35.66
11	34.69	33.76	38.52	38.63	36.98	35.78
12	34.26	33.81	38.47	38.76	35.54	35.88

De la tabla 4.5, se eligieron las muestras del 10 día las cuales presentan características de una madurez comercial muy homogénea, entre los días de almacenamiento, para el eje cromático b*.

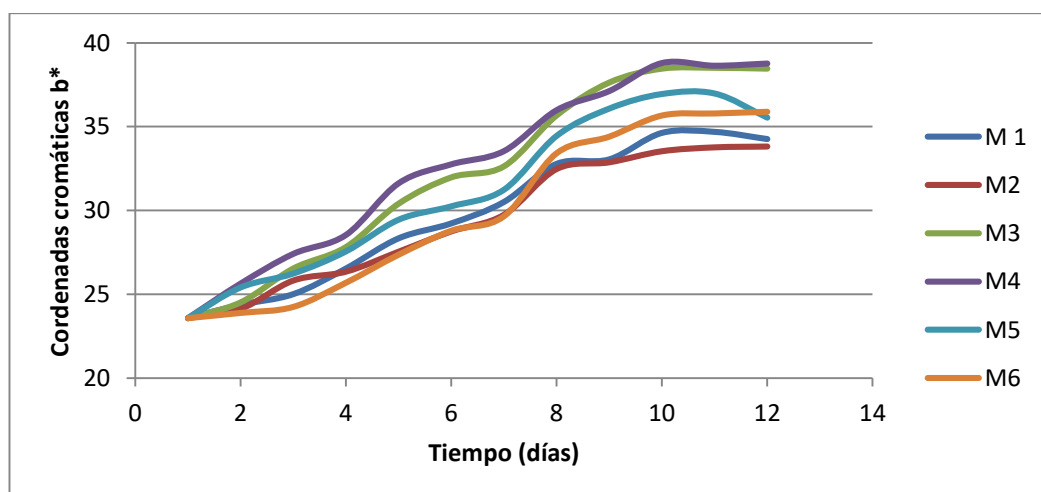


Figura 4.5

Resultados gráficos de los tratamientos para el eje cromático b*.

Fuente: Elaboración propia.

En el Tabla 4.6. se describe las respuestas para cada muestra o tratamiento, en términos de variación de la acidez (%), variación de los grados brix (°Brix) y la variación de L* a* b* CIELab.

La Muestra Patrón tuvo las siguientes características a los 0 días de almacenamiento:

Grados Brix (°Bx) = 7.5

Porcentaje de acidez (%) = 0.6 %

Valor de L* = 54.99

Valor de C = 35.832

Valor de h = 41.153

Tabla 4.6

Variaciones de acidez (%), variación de grados brix (°Brix) y variación del color en términos de L, C y h*.*

M	Variación	Variación	Variación CIELab								
	Grados brix	Acidez	Li	Lf	ΔL^*	Ci	Cf	ΔC	hi	hf	Δh^*
	$\Delta^\circ Bx$	$\Delta\%$									
1	2.1	0.21	54.99	69.24	14.25	35.832	36.118	0.286	41.153	73.497	32.344
2	1.8	0.2	54.99	67.22	12.23	35.832	36.236	0.404	41.153	67.717	26.564
3	3.2	0.22	54.99	73.93	18.94	35.832	38.853	3.021	41.153	81.951	40.798
4	3.7	0.27	54.99	74.67	19.68	35.832	38.982	3.150	41.153	84.317	43.164
5	2.7	0.24	54.99	71.22	16.23	35.832	37.793	1.961	41.153	77.872	36.720
6	2.5	0.21	54.99	70.47	15.48	35.832	36.715	0.883	41.153	76.229	35.076

Nota: M: muestra, i: inicial, f: final

Tabla 4.7
Variables respuestas de cada tratamiento después de 10 días de almacenamiento

Muestras	Temperatura de Refrigeración	Tipo de empaque	Variación °brix	Variación %Acidez	Variación CIELab		
			$\Delta^{\circ}\text{Bx}$	$\Delta\% \text{Ac.}$	ΔL^*	ΔC	Δh
1	5	Baja Densidad	2.1	0.21	14.25	0.285	32.344
2	5	Alta Densidad	1.8	0.2	12.23	0.403	26.564
3	15	Alta Densidad	3.2	0.22	18.94	3.02	40.798
4	15	Baja Densidad	3.7	0.27	19.68	3.149	43.164
5	10	Baja Densidad	2.7	0.24	16.23	1.961	36.719
6	10	Alta Densidad	2.5	0.21	15.48	0.883	35.075

Fuente: *Software Desing Expert*

Una vez llenada la matriz anterior, con nuestras variables respuestas: variación de los Grados brix, Variación del Porcentaje de Acidez y Variación de la Luminosidad; pudimos analizarlos estadísticamente, determinando su análisis de varianza (ANOVA), así como sus coeficientes estadísticos como son: Desviación estándar (Std. Dev), R^2 (R-Squared), Promedio (Mean), Coeficiente de variación (C.V. %), entre otros.

Evaluación de los Grados °Brix

Tabla 4.8

Análisis de varianza para la Evaluación de Grados Brix

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	2.43	3	0.81	69.429	0.0142	signif
A-Temperatura	2.263	2	1.1317	97	0.0102	
B-Empaque	0.167	1	0.1667	14.286	0.0634	
Residual	0.023	2	0.0117			
Cor Total	2.453	5				

Fuente: *Software Desing Expert*

Podemos concluir con el Tabla 4.6, con la penúltima columna, donde el valor-p para el modelo es de 0.0142 y es menor a la significancia prefijada $\alpha = 0.05$ (que quiere decir que para valores menores a 0.05, el modelo empleado es significativo) , donde se rechaza H_0 y se acepta el modelo que se ha elegido, la cual es “Main effects” (Modelo de efectos principales), donde la variable A-Temperatura es significativa porque 0.0102 es menor a 0.05, pero para el caso de B-Empaque, no es significativa ya que 0.0634 es mayor a 0.05.

Tabla 4.9

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo, para la evaluación de los Grados Brix (°Bx)

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.108012	R-Squared	0.990489
Mean	2.666666	Adj R-Squared	0.976222
C.V. %	4.050462	Pred R-Squared	0.914402
PRESS	0.21	Adeq Precision	20.7880

Fuente: *Software Desing Expert*

El valor Predicho de R^2 de 0.914402 es aproximadamente igual al valor Ajustado de R^2 de 0.976222. El valor de la precisión Adecuada de

20.7880, mayor de 4, significa que el modelo es adecuado para el diseño como se muestra en el Tabla 4.7.

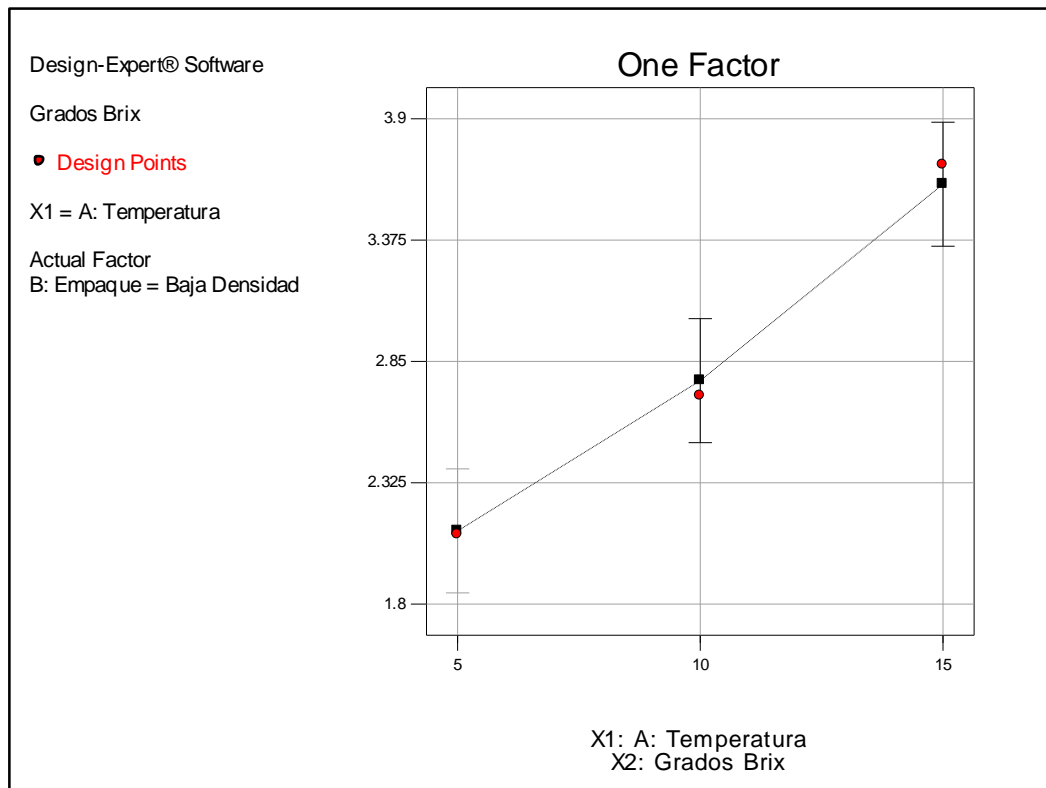


Figura 4.6

Modelo grafico para el factor A:Temperatura (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.5, se visualiza el factor A: Temperatura, en sus 3 niveles: 5°C, 10°C y 15°C. donde se puede apreciar un valor mas pequeño, proximo a 2°Bx a una temperatura de 5°C; mientras q a una temperatura media de 10° C, se observa una variación de grados brix cercanos a 2.8 °Bx. Por ultimo obseervamos que a 15°C, llegamos a un valor cercano a 3.7 °Bx.

Se puede deducir que a menor temperatura podremos obtener una menor variación de los grados brix, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro factor es en empaque lo que podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y compara nuestras respuestas.

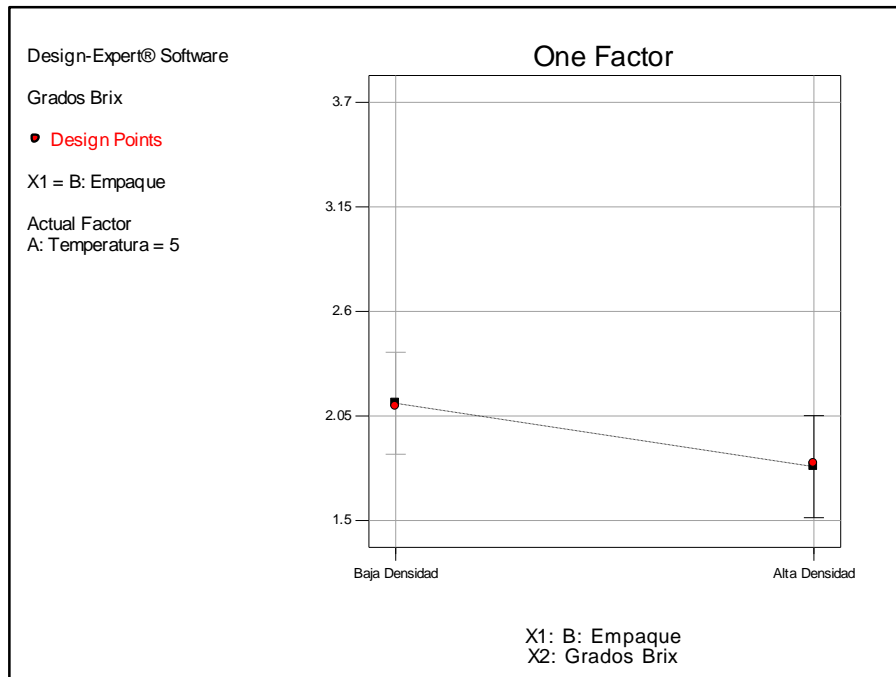


Figura 4.7

Modelo gráfico para el factor B:Empaque (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.2 se observa la variación de grados brix, evaluando a los dos tipos de empaque, uno de baja densidad y otro alta densidad, donde llegamos a ver que usando un empaque de baja densidad , la variación de grados brix llega hasta niveles cercanos a 2.1 °Brix, mientras que utilizando un empaque de alta densidad, podremos obtener variaciones cercanos a 1.8 ° Brix.

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, podremos obtener una menor variación de los grados brix, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro lado de la investigación es la interacción de los dos factores, y lo podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

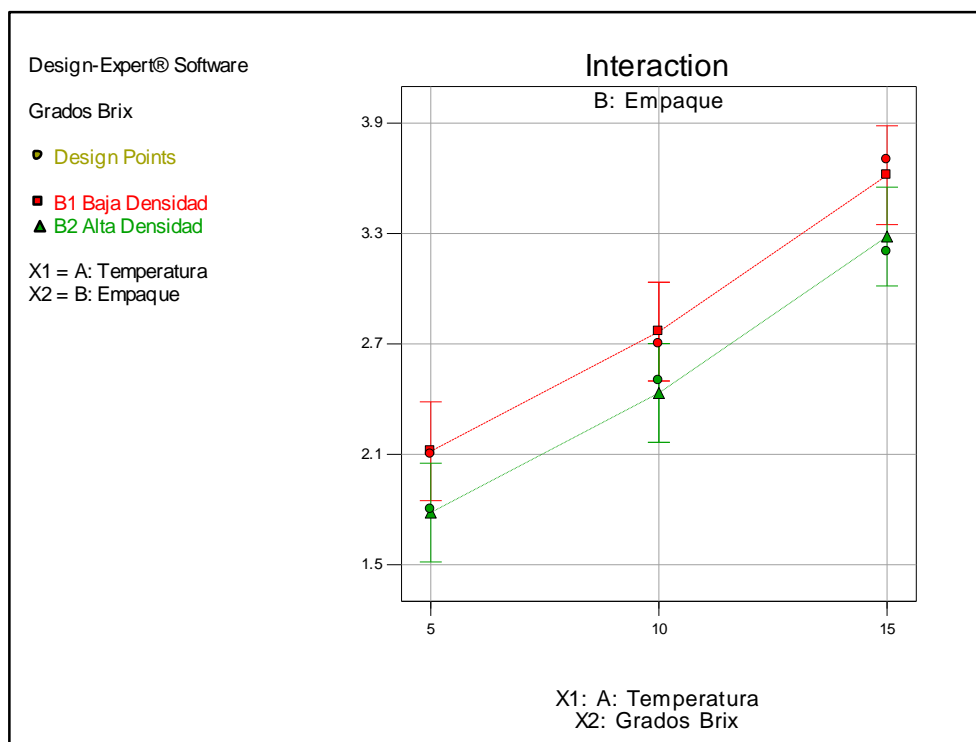


Figura 4.8

Gráfico de interacción de los dos factores

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.7, se puede comparar la interacción de los dos factores, en el caso de la temperatura, para sus tres niveles (5, 10 y 15 °C), y para el caso del Tipo de empaque; de baja densidad (color rojo) y de Alta densidad (color verde).

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, con una temperatuta menor, podremos obtener una menor variación de los grados brix, aproximadamente de 1.8 °Brix , conservando mejor los tomates y por ende una mayor vida útil al producto.

Luego del análisis de los dos factores, lo podemos ver en la representación grafica de diagrama de barras de la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

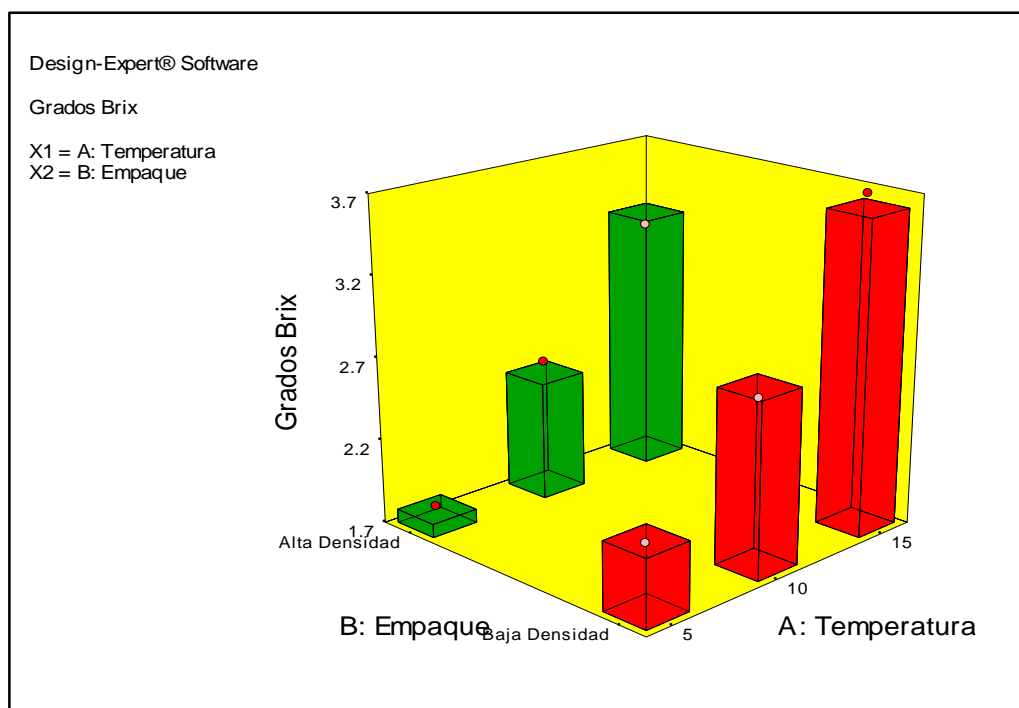


Figura 4.9

Gráfico de barras para la variable respuesta °Bx.

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.8, gráfico de barras, podemos ver que obtenemos una menor variación de los grados Brix, al someter a los tomates a 5 °C , usando un empaque de Alta densidad. Además podemos ver que mientras aumentamos la temperatura hasta 15 °C , la variación de los grados brix aumenta significativamente, lo mismo si utilizamos un empaque de baja densidad.

Evaluación de la Acidez

Tabla 4.10

Análisis de varianza para la Evaluación de la Acidez

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	signif
Model	1.170	3	0.390	234	0.0043	signif
A-Temperatura	1.003	2	0.502	301	0.0033	
B-Empaque	0.167	1	0.167	100	0.0099	
Residual	0.003	2	0.002			
Cor Total	1.173	5				

Podemos concluir con el Tabla 4.8, con la penúltima columna, donde el valor-p para el modelo es de 0.0043 y es menor a la significancia prefijada $\alpha = 0.05$, donde se rechaza H_0 y se acepta el modelo que se ha elegido, la cual es “Main effects” (Modelo de efectos principales) donde las variable A-Temperatura y B-Empaque son significativa porque 0.0033 y 0.0099, respectivamente son menores a 0.05, para ambos casos.

Tabla 4.11

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Evaluación de la Acidez

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.0408	R-Squared	0.9972
Mean	2.4333	Adj R-Squared	0.9929
C.V. %	1.6777	Pred R-Squared	0.9744
PRESS	0.0300	Adeq Precision	38.5000

Fuente: *Software Desing Expert*

El valor Predicho de R^2 de 0.9744 es aproximadamente igual al valor Ajustado de R^2 de 0.9929. El valor de la precisión Adecuada de 38.5000, mayor de 4, significa que el modelo es adecuado para el diseño como se muestra en el Tabla 4.9.

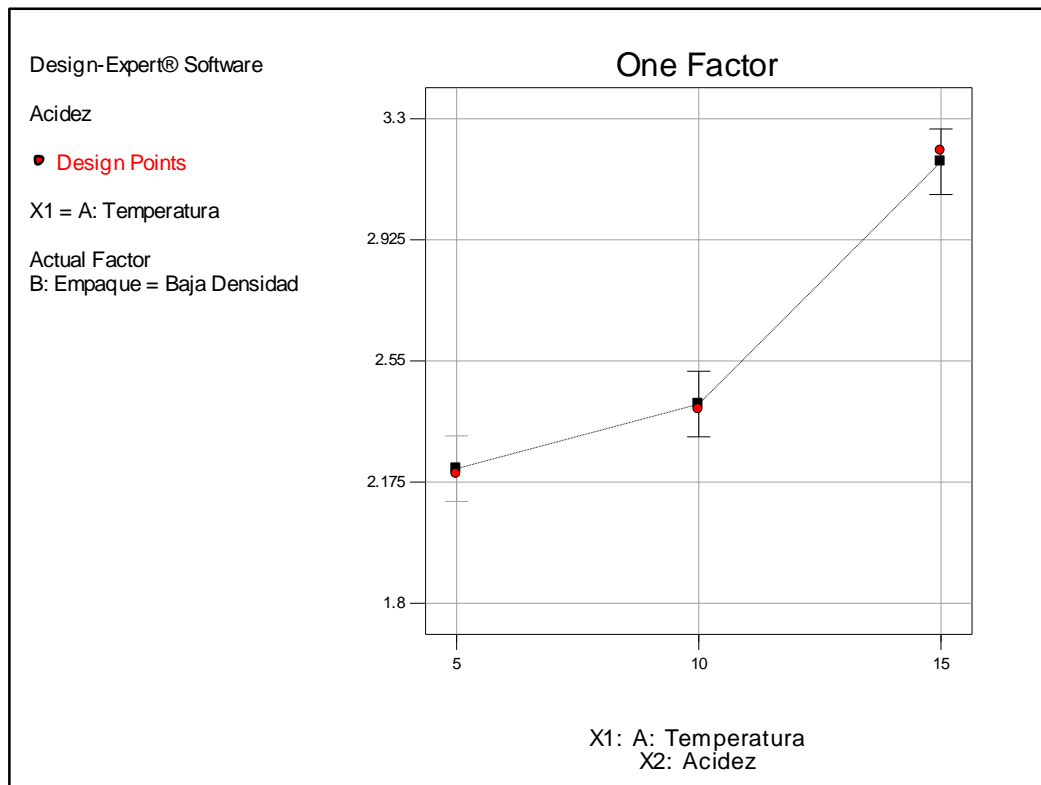


Figura 4.10

Modelo grafico para el factor A:Temperatura (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.9, se visualiza el factor A: Temperatura, en sus 3 niveles, ha 5°C, 10°C y 15°C. donde se puede apreciar una variación más pequeña, proximo a 2.1 % de acidez y a una temperatura de 5°C; mientras q a una temperatura media de 10° C, se observa una variación del % de acidez cercanos a 2.8 % de acidez. Por ultimo obseervamos que a 15°C, llegamos a un valor cercano a 3.6 °Bx.

Se puede desucir que a menor temperatura podremos obtener una menor variación de la acidez, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro factor es en empaque lo que podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y compara nuestras respuestas.

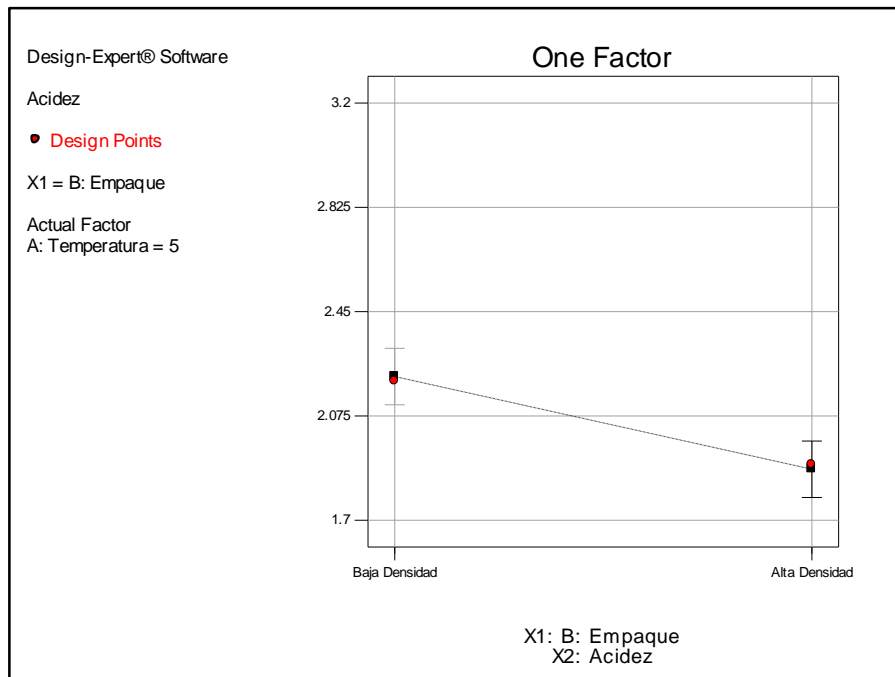


Figura 4.11

Modelo grafico para el factor B:Empaque (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.10 se observa la variación del % de acidez, evaluando a los dos tipos de empaque, uno de baja densidad y otro alta densidad, donde llegamos a ver que usando un empaque de baja densidad , la variación de % de acidez llega hasta niveles cercanos a 2.1 % de acidez, mientras que utilizando un empaque de alta densidad, podremos obtener variaciones cercana 1.9 % de acidez

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, osea mas alta, podremos obtener una menor variación de la acidez, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro lado de la investigación es la interacción de los dos factores, y lo podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

Design-Expert® Software

Acidez

● Design Points

■ B1 Baja Densidad

▲ B2 Alta Densidad

X1 = A: Temperatura

X2 = B: Empaque

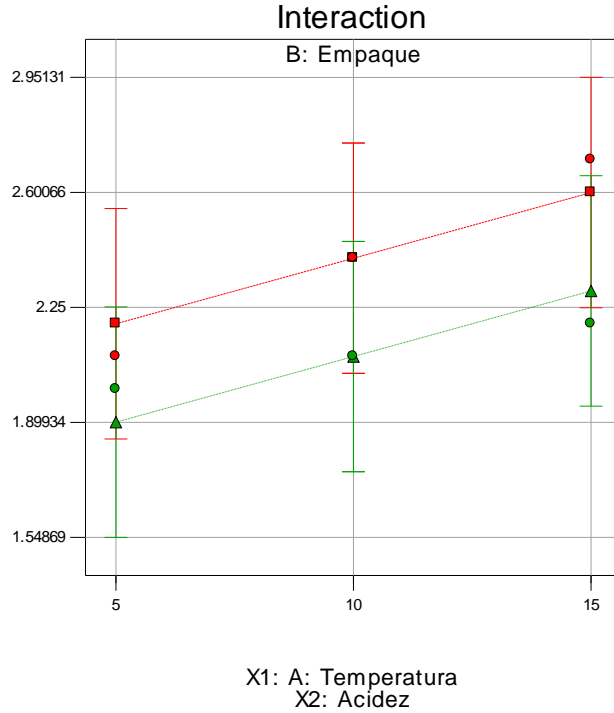


Figura 4.12

Gráfico de interacción de los dos factores

Fuente: *Software Design Expert*

En la Figura 4.11, se puede comparar la interacción de los dos factores, en el caso de la temperatura, para sus tres niveles (5, 10 y 15 °C), y para el caso del Tipo de empaque; de baja densidad (color rojo) y de Alta densidad (color verde).

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, con una temperatura menor, podremos obtener una menor variación de la acidez, aproximadamente de 1.89 % de acidez, conservando mejor los tomates y por ende una mayor vida útil al producto.

Luego del análisis de los dos factores, lo podemos ver en la representación grafica de diagrama de barras de la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

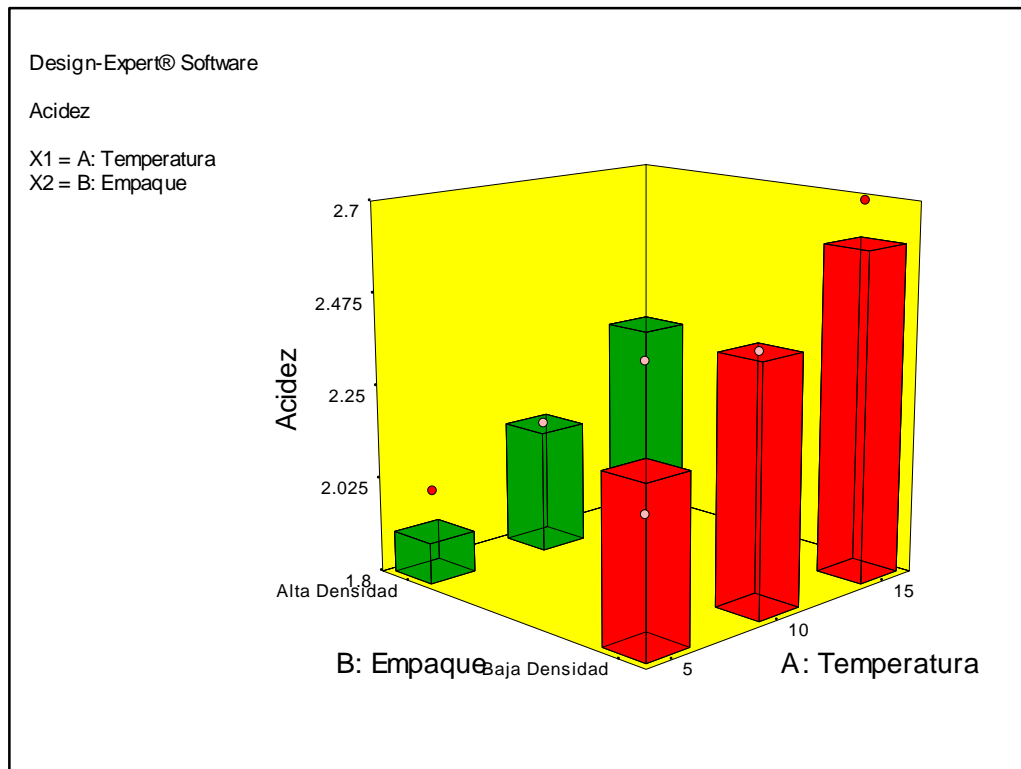


Figura 4.13

Gráfico de barras para la variable respuesta Acidez

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.8, gráfico de barras, podemos ver que obtenemos una menor variación de la acidez, al someter a los tomates a 5 °C , usando un empaque de Alta densidad. Además podemos ver que mientras aumentamos la temperatura hasta 15 °C , la variación de la acidez aumenta significativamente, lo mismo si utilizamos y empaque de baja densidad.

Evaluación de la Luminosidad (L*), Saturación (C) y Tonalidad (h)

En la tabla 4.10 se detalla los valores de L*, C y h que representan la luminosidad, saturación y la tonalidad respectivamente. Los parámetros saturación (C) y ángulo de tinta o tonalidad (h*) se determinaron de acuerdo con el procedimiento propuesto por Gonçález (1993), definido por las ecuaciones (4.1 y 4.2) siguientes:

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4.1)$$

$$h^* = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4.2)$$

Donde:

C: Saturación;

h*: Ángulo de tinta o tonalidad;

a*: Coordenada colorimétrica del eje verde al rojo;

b*: Coordenada colorimétrica del eje azul al amarillo.

Tabla 4.12

Variación de la Luminosidad (L), Saturación (C) y Tonalidad (h*)*

Muestras	Temperatura de Refrigeración	Tipo de empaque	Variación en el espacio cromático CIELab		
			ΔL^*	ΔC	Δh^*
1	5	Baja Densidad	14.25	0.285861059	32.3438573
2	5	Alta Densidad	12.23	0.40394724	26.5641563
3	15	Alta Densidad	18.94	3.020664493	40.7983056
4	15	Baja Densidad	19.68	3.149517695	43.1642615
5	10	Baja Densidad	16.23	1.961402513	36.7195008
6	10	Alta Densidad	15.48	0.883371593	35.0757831

Fuente: Elaboración propia

Evaluación Estadística de la Luminosidad (L*)

Tabla 4.13

Análisis de varianza para la Evaluación de la Luminosidad

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	39.133	3	13.044	48.144	0.0204	signific
A-Temperatura	37.080	2	18.540	68.426	0.0144	
B-Empaque	2.053	1	2.0534	7.5783	0.1105	
Residual	0.542	2	0.271			
Cor Total	39.675	5				

Fuente: *Software Desing Expert*

Podemos concluir con el Tabla 4.11, con la penúltima columna, donde el valor-p para el modelo es de 0.0204 y es menor a la significancia prefijada $\alpha = 0.05$, donde se rechaza H_0 y se acepta el modelo que se ha elegido, la cual es “Main effects” (Modelo de efectos principales) donde las variable A-Temperatura y B-Empaque son significativa porque 0.0144, pero para el caso de B-Empaque, no es significativa ya que 0.1105 es mayor a 0.05.

Tabla 4.14

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Luminosidad

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.52053	R-Squared	0.9863
Mean	16.13500	Adj R-Squared	0.9659
C.V. %	3.22608	Pred R-Squared	0.8771
PRESS	4.87710	Adeq Precision	17.0349

Fuente: *Software Desing Expert*

El valor Predicho de R^2 de 0.8771 es aproximadamente igual al valor Ajustado de R^2 de 0.9659. El valor de la precisión Adecuada de 17.0349, mayor de 4, significa que el modelo es adecuado para el diseño como se muestra en el Tabla 4.12.

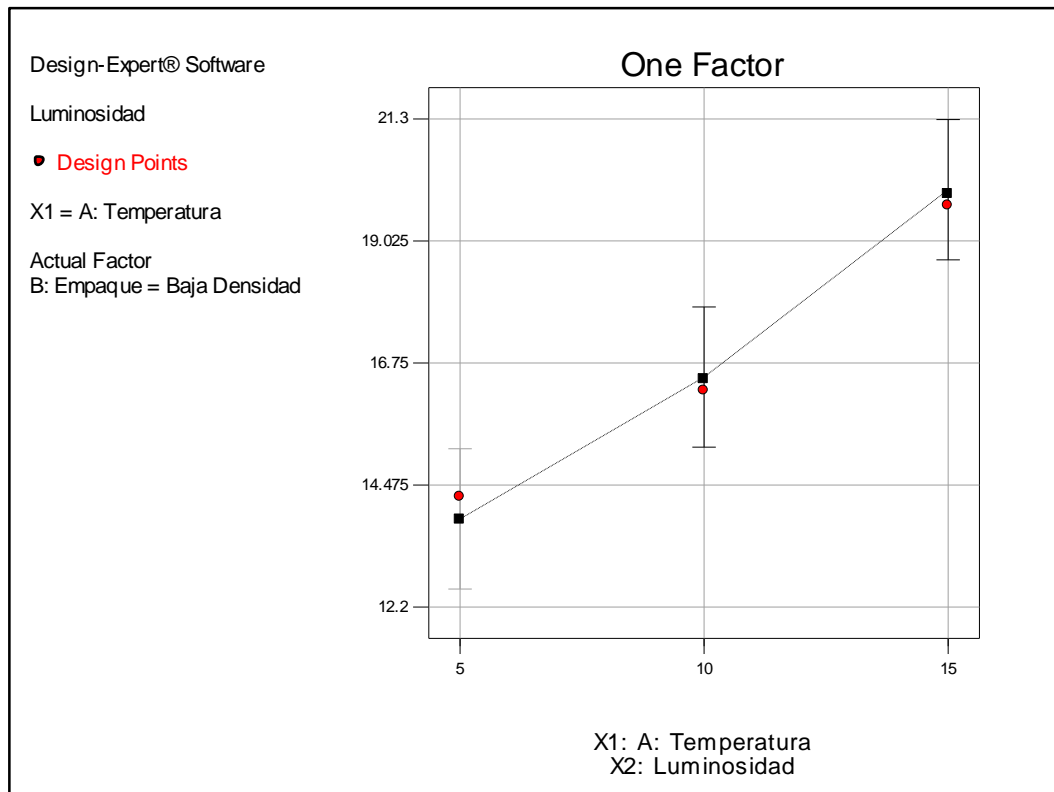


Figura 4.14

Modelo grafico para el factor A: Temperatura (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.14, se visualiza el factor A: Temperatura, en sus 3 niveles: 5°C, 10°C y 15°C. donde se puede apreciar un valor más pequeño, proximo 13.5 de luminosidad a una temperatura de 5°C; mientras que a una temperatura media de 10° C, se observa una variación de Luminosidad de 16. Por ultimo obseervamos que a 15°C, llegamos a un valor cercano a 20 de Luminosidad.

Se puede desucir que a menor temperatura podremos obtener una menor variación de la Luminosidad., conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro factor es en empaque lo que podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y compara nuestras respuestas.

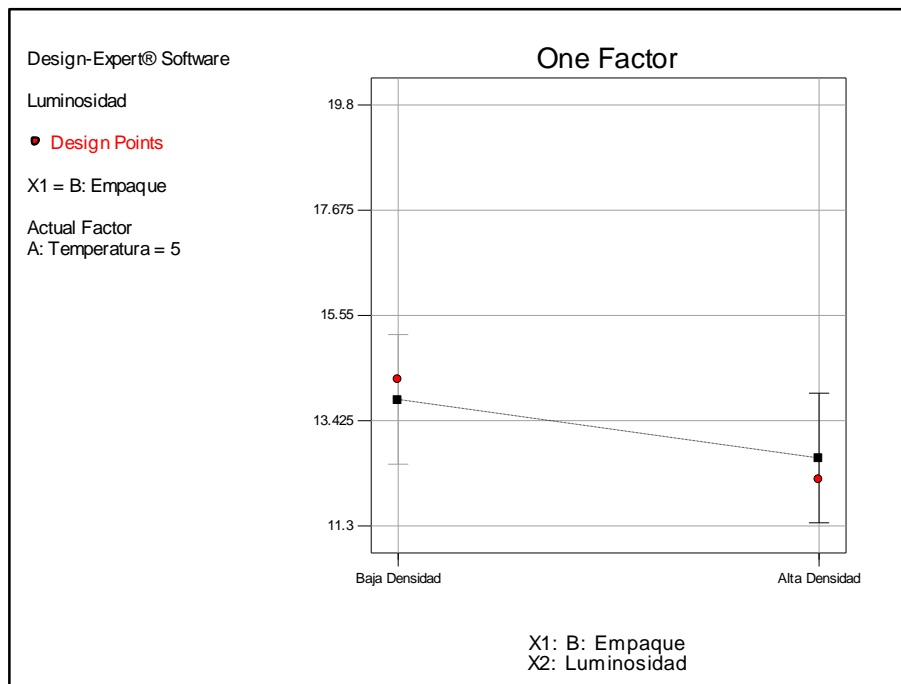


Figura 4.15

Modelo grafico para el factor B:Empaque (Un factor)

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.15 se observa la variación de Luminosidad, evaluando a los dos tipos de empaque, uno de baja densidad y otro alta densidad, donde llegamos a ver que usando un empaque de baja densidad , la variación de Luminosidad llega hasta niveles cercanos 13.5, mientras que utilizando un empaque de alta densidad, podremos obtener variaciones cercanos a 12.5 de Luminosidad..

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, podremos obtener una menor variación de Luminosidad, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

Por otro lado de la investigación es la interacción de los dos factores, y lo podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

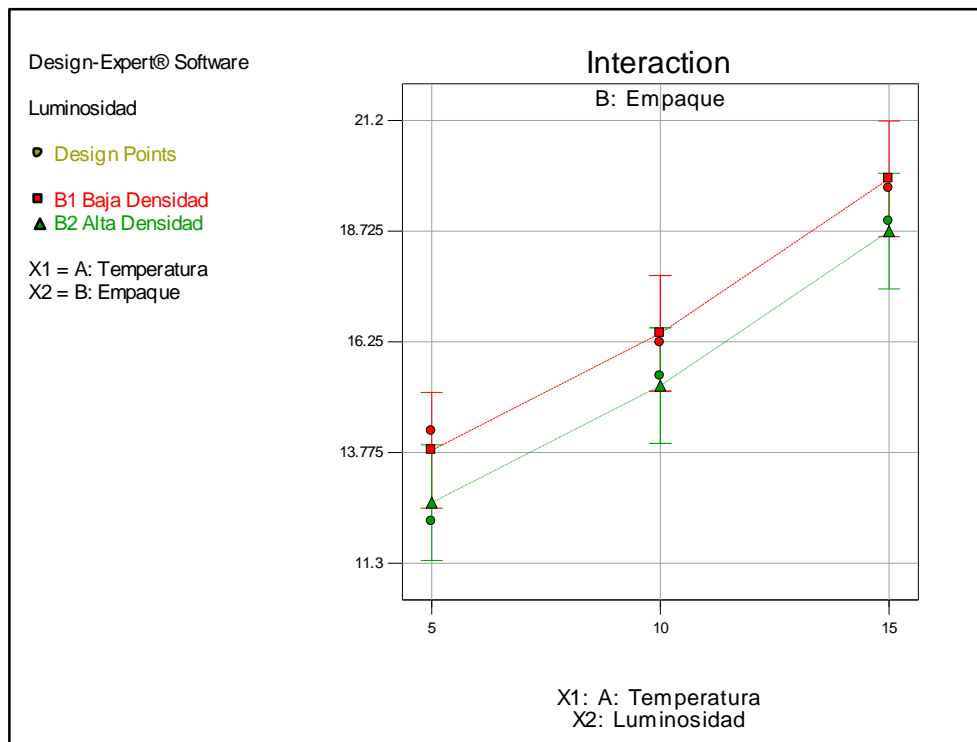


Figura 4.16

Gráfico de interacción de los dos factores

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.16, se puede comparar la interacción de los dos factores, en el caso de la temperatura, para sus tres niveles (5, 10 y 15 °C), y para el caso del Tipo de empaque; de baja densidad (color rojo) y de Alta densidad (color verde).

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, con una temperatura menor, podremos obtener una menor variación de la luminosidad, aproximadamente de 12.5 , conservando mejor los tomates y por ende una mayor vida útil al producto.

Luego del análisis de los dos factores, lo podemos ver en la representación grafica de diagrama de barras de la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

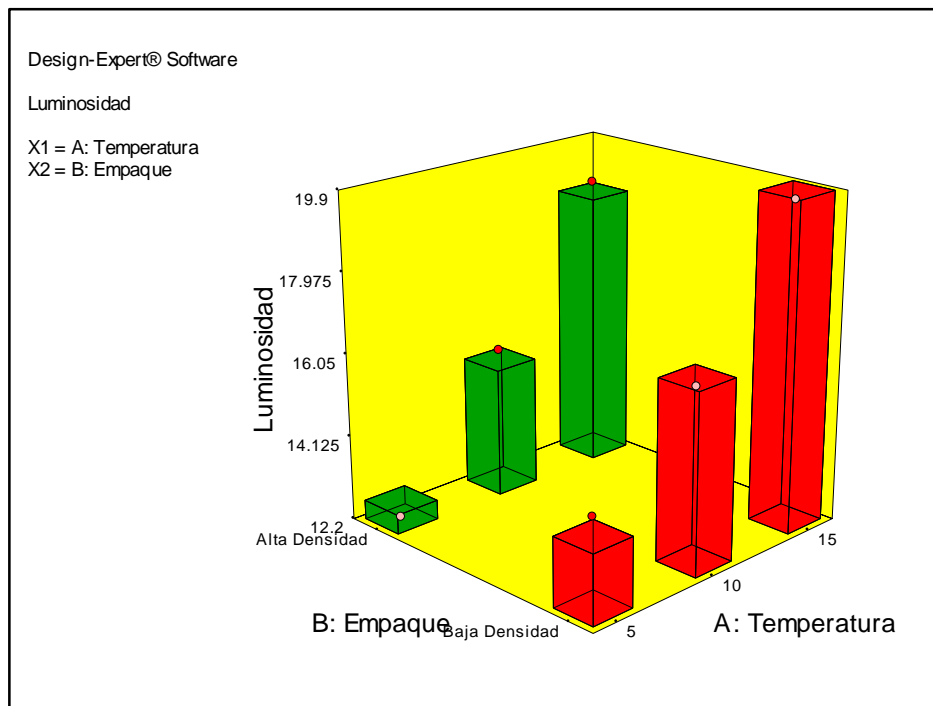


Figura 4.17

Gráfico de barras para la variable respuesta luminosidad.

Fuente: Software Desing Expert

En la Figura 4.17, gráfico de barras, podemos ver que obtenemos una menor variación de la Luminosidad, al someter a los tomates a 5 °C, usando un empaque de Alta densidad. Además podemos ver que mientras aumentamos la temperatura hasta 15 °C , la variación de la luminosidad aumenta significativamente, lo mismo si utilizamos un empaque de baja densidad.

Evaluación Estadística de la Saturación (C)

Tabla 4.15

Análisis de varianza para la Evaluación de la Saturación

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	7.820	3	2.607	13.074	0.0719	not signific
A-Temperatura	7.623	2	3.811	19.115	0.0497	
B-Empaque	0.198	1	0.198	0.990	0.4244	
Residual	0.399	2	0.199			
Cor Total	8.219	5				

Podemos concluir con el Tabla 4.9, con la penúltima columna, donde el valor-p para el modelo es de 0.0719 y es mayor a la significancia prefijada $\alpha = 0.05$, donde se acepta H_0 y se no se acepta el modelo que se ha elegido, así también la variable A-Temperatura es significativa, por tener un valor de 0.0497 y B-Empaque no es significativa porque es 0.4244, es mayor a 0.05.

Evaluación Estadística de la Tonalidad (h)

Tabla 4.16

Análisis de varianza para la Evaluación de la Tonalidad

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	172.948	3	57.649	23.625	0.0409	signific
A-Temperatura	156.976	2	78.488	32.165	0.0302	
B-Empaque	15.972	1	15.972	6.546	0.1248	
Residual	4.880	2	2.440			
Cor Total	177.828	5				

Podemos observar en el Tabla 4.10, donde se evalúa la tonalidad, que en la penúltima columna, donde el valor-p para el modelo es de 0.0409 y es menor a la significancia prefijada $\alpha = 0.05$, donde se rechaza H_0 y se acepta el modelo que se ha elegido, la cual es “Main effects” (Modelo de efectos principales) donde las variable A-Temperatura y B-

Empaque son significativas, porque 0.0144 es menor a 0.05, pero para el caso de B-Empaque, no es significativa ya que 0.1248 es mayor a 0.05.

Tabla 4.17

Resumen de los coeficientes estadístico del modelo para la Tonalidad

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	1.562	R-Squared	0.973
Mean	35.778	Adj R-Squared	0.931
C.V. %	4.366	Pred R-Squared	0.753
PRESS	43.922	Adeq Precision	12.380

El valor Predicho de R^2 de 0.973 es aproximadamente igual al valor Ajustado de R^2 de 0.931. El valor de la precisión Adecuada de 12.380, mayor de 4, significa que el modelo es adecuado para el diseño como se muestra en el Tabla 4.15.

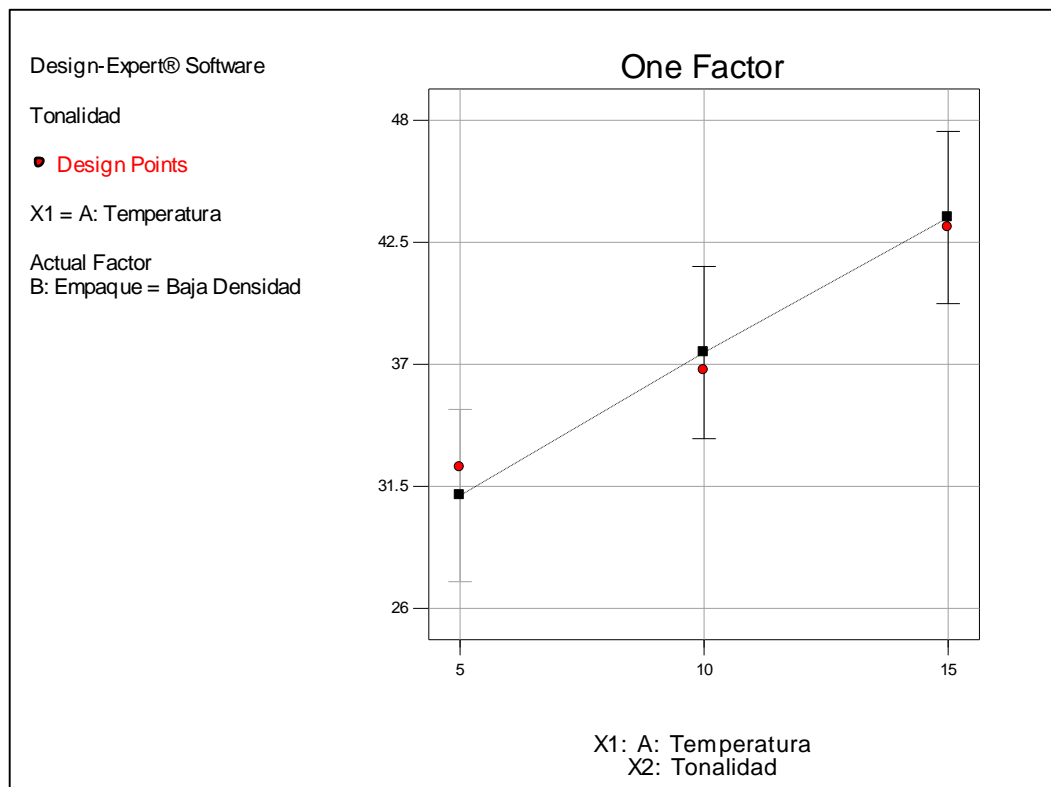


Figura 4.18

Modelo grafico para el factor A: Temperatura (Un factor)

En la Figura 4.13, se visualiza el factor A: Temperatura, en sus 3 niveles: 5°C, 10°C y 15°C. donde se puede apreciar un valor más pequeño, proximo 31.5 de tonalidad a una temperatura de 5°C; mientras que a una temperatura media de 10° C, se observa una variación de Tonalidad de 38. Por ultimo obseervamos que a 15°C, llegamos a un valor cercano a 43 de tonalidad.

Se puede desucir que a menor temperatura podremos obtener una menor variación de la Tonalidad., conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

El otro factor es en empaque lo que podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

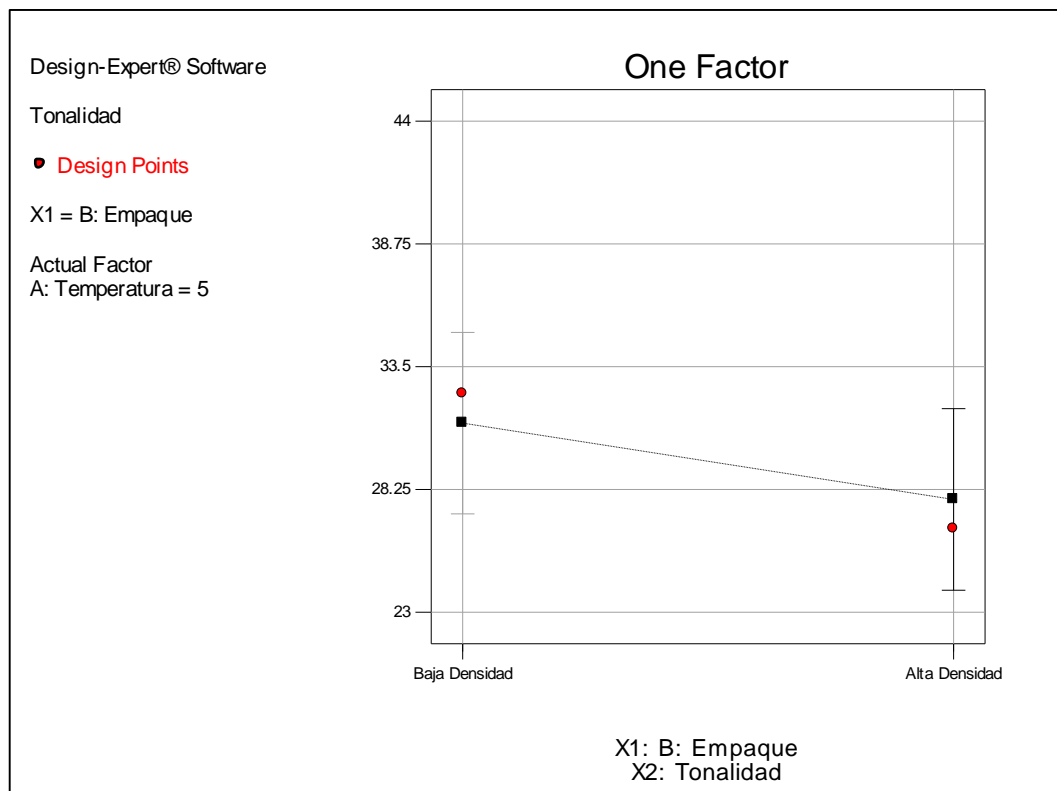


Figura 4.19

Modelo grafico para el factor B:Empaque (Un factor)

En la Figura 4.19 se observa la variación de Tonalidad, evaluando a los dos tipos de empaque, uno de baja densidad y otro alta densidad, donde llegamos a ver que usando un empaque de baja densidad , la variación de Tonalidad llega hasta niveles cercanos 30, mientras que utilizando un empaque de alta densidad, podremos obtener variaciones cercanos a 27 de Tonalidad..

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, podremos obtener una menor variación de tonalidad, conservando mejor los tomates y darles una mayor vida util al producto.

Por otro lado de la investigación es la interacción de los dos factores, y lo podemos ver en la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

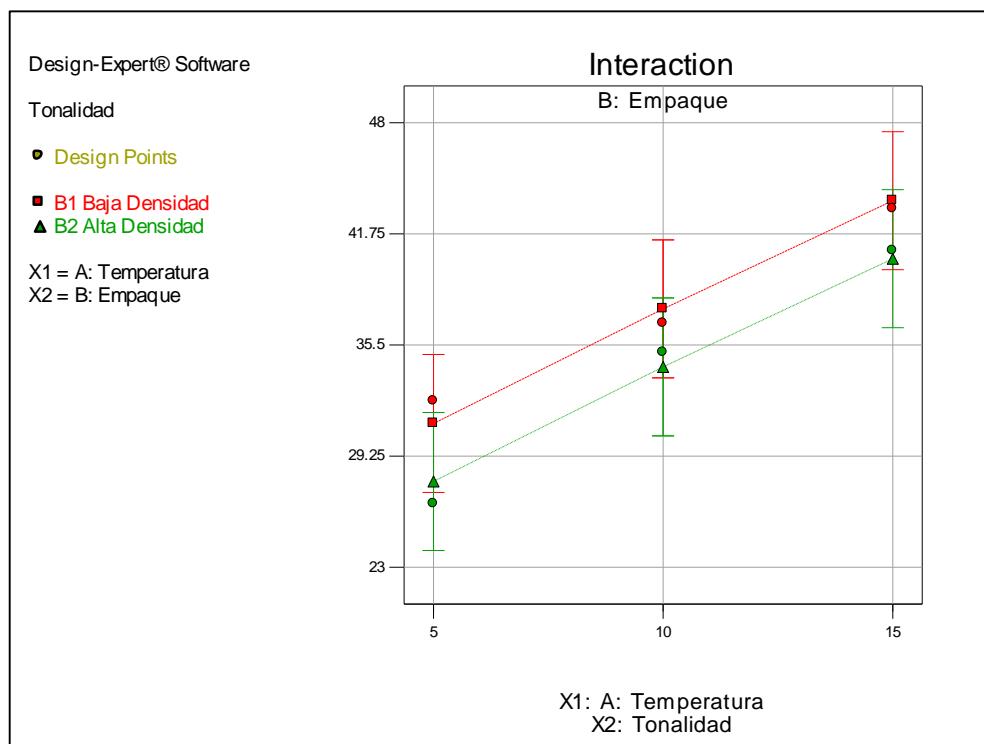


Figura 4.20

Gráfico de interacción de los dos factores

En la Figura 4.20, se puede comparar la interacción de los dos factores, en el caso de la temperatura, para sus tres niveles (5, 10 y 15 °C), y para el caso del Tipo de empaque; de baja densidad (color rojo) y de Alta densidad (color verde).

Se puede deducir que si usamos un empaque de mayor densidad, o sea mas alta, con una temperatura menor, podremos obtener una menor variación de la tonalidad, aproximadamente de 25 , conservando mejor los tomates y por ende una mayor vida útil al producto.

Luego del análisis de los dos factores, lo podemos ver en la representación gráfica del diagrama de barras de la siguiente figura, para poder analizar y comparar nuestras respuestas.

Design-Expert® Software

Tonalidad

X1 = A: Temperatura

X2 = B: Empaque

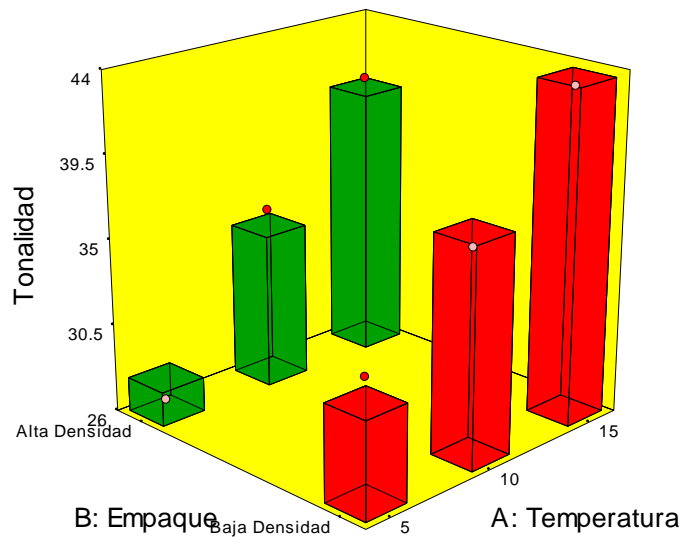


Figura 4.21

Gráfico de barras para la variable respuesta Tonalidad.

Fuente: *Software Desing Expert*

En la Figura 4.16, gráfico de barras, podemos ver que obtenemos una menor variación de la Tonalidad, al someter a los tomates a 5 °C, usando un empaque de Alta densidad. Además podemos ver que mientras aumentamos la temperatura hasta 15 °C , la variación de la luminosidad aumenta significativamente, lo mismo si utilizamos un empaque de baja densidad.

4.2. Discusión y Resultados

La escala Brix mide la concentración de sólidos solubles disueltos en una mezcla, pero debido a la prevalencia de azúcares, pectinas y aminoácidos orgánicos en los sólidos solubles de jugos de frutas y verduras, los valores Brix representan un estimado del contenido de azúcar. Estos valores pueden ayudar a seleccionar la variedad o a programar la cosecha, y sirven de guía para otros aspectos de la producción de cultivos, incluyendo riego, fertilización y manejo poscosecha. Los valores de grados Brix pueden ser utilizados para mejorar prácticas en distintas etapas de producción del cultivo. Así, los productores utilizan los valores de grados Brix para evaluar el punto de madurez de la cosecha; los gerentes encargados de las frutas y verduras frescas en restaurantes y tiendas de abarrotes los utilizan como indicadores de la calidad potencial de los productos; los compradores de productos agrícolas miden de manera rutinaria los grados Brix de los cultivos frescos y almacenados antes de ser transformados en productos alimenticios. Es importante recordar que tanto los sólidos solubles como los azúcares tienden a aumentar durante el proceso de maduración; mientras que los ácidos tienden a disminuir. Cuando los tomates son cosechados en etapas muy tempranas de maduración se pueden perder los niveles óptimos en la combinación de azúcares, ácidos y compuestos volátiles relacionados con el sabor (Matthew D. Kleinhenz, 2011).

En nuestra evaluación se pudo apreciar la variación en los grados brix del tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de

refrigeración y tipo de empaque, podemos mencionar que se llegó a cambios mínimos almacenando a 5 °C de temperatura y con un empaque de polietileno de alta densidad.

El contenido de sólidos solubles y la acidez titulable variaron durante el almacenamiento. En todos los casos, los valores observados luego de 36 días fueron menores que los iniciales, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Al analizar el cociente entre ambos parámetros y calcular las ecuaciones correspondientes, se obtuvo un alto grado de ajuste. En todos los tratamientos se constató un aumento inicial de la relación, debido, principalmente, a una caída importante en la acidez y a un leve aumento en el contenido de sólidos solubles. Posteriormente, mientras la acidez tendió a estabilizarse, el contenido de sólidos solubles disminuyó, determinando que la relación cayera en forma continua hasta el final del almacenamiento. En cuanto al pH, se observó que el patrón de evolución fue similar para todos los tratamientos no siendo significativas las diferencias. En todos los casos la tendencia inicial fue decreciente para luego incrementarse marcadamente hacia el final del experimento. Tanto el desarrollo del color como la pérdida de firmeza se relacionaron altamente con el contenido de oxígeno de las atmósferas, siendo más efectivas en demorar los cambios aquellas que poseían las menores concentraciones de este gas, lo que también ha sido observado por otros investigadores (Salunke & Wu, 1973).

En la Evaluación de los cambios de la acidez en el tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, en almacenamiento, se pudo conservar mejor sin alteraciones considerables a temperatura de 5° C y empacado con polietileno de alta densidad.

La comercialización del tomate, esta determinada primeramente por la aceptación del tamaño de los frutos y el color (Riquelme-Ballesteros 1995). En la industria de productos derivados del tomate, tales como ketchup y

otros tipos de salsas, reviste interés el intervalo de color óptimo que puede ayudar a las agroindustrias de tomate, a incrementar la calidad de sus productos para los consumidores. Para estos productos, demasiado rojo o demasiado marrón es indeseable (Claybon y Barringer 2002); por ejemplo, pruebas sensoriales de preferencia realizadas en ketchup han revelado que principalmente la luminosidad y el ángulo de tono son responsables de la preferencia por parte de consumidores; ketchup con ángulos de tono >35 fueron menos preferidas mientras que con valores de luminosidad de 32 a 34 obtuvieron mayor aceptación (Intelmann et al. 2005).

La estrecha relación que existe entre la evolución de los pigmentos y su estado de madurez, permite diferenciar con base en los cambios que experimenta el color. Numerosas escalas y cartas de color se han desarrollado para realizar una clasificación subjetiva, de forma gráfica o descriptiva, del estado de maduración en una progresión de tomate verde a tomate rojo.

Por otra parte, para una clasificación objetiva se han diseñado instrumentos portátiles que han permitido ampliar las mediciones que ofrecen exactitud, como los colorímetros Minolta® (Riquelme-Ballesteros 1995), entre ellos el CR- 410T (Konica Minolta Sensing Americas, Inc. NJ, USA) y el espectrofotómetro ColorFlex® Tomato Color Meter (Hunter Associates Laboratory, Inc. VA, USA), Este último mide distintos índices de color en tomates frescos, pastas y salsas, que incluyen además el índice a/b (No a^*/b^*), aparte de ofrecer lecturas en coordenadas de espacios de color Hunter (L, a, b) y CIE (L^* , a^* , b^*), entre otras (HunterLab 2006). No obstante lo anterior se identifica como limitante para el uso de dichos instrumentos el costo de adquisición y mantenimiento.

Los parámetros de color L^* , a^* y b^* en una muestra de alimento, designan: L^* , la luminosidad (0=negro y 100=blanco); a^* , el color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y b^* , el color amarillo

(valores positivos) o azul (valores negativos). Es común encontrar en la literatura, que la determinación del color en muestras de alimentos, se lleve a cabo mediante coordenadas como L^* , a^* y b^* que podrían no identificar el color correcto por errores en la medición, aunando a que las coordenadas señalan el color observado por el investigador y no por el instrumento (por ejemplo, beige claro en una harina), debido a que en la pantalla digital LED de estos instrumentos, presenta solo las coordenadas y no una imagen del color promedio, por lo que no hay manera de verificar si la medición fue correcta en concordancia con lo observado. Los valores de las coordenadas del espacio de color CIE- $L^*a^*b^*$ indicados en instrumentos de medición del color se pueden verificar mediante la inclusión de los mismos en la creación de imágenes del color medido en el software Adobe® Photoshop®. Es necesario indicar, que en la paleta de colores aparecen reguladores Lab con coordenadas L, a y b (sin asterisco) y realmente el modelo es CIE $L^* a^* b^*$, con coordenadas L^* , a^* y b^* ; por lo no se debe confundir con las coordenadas L, a y b de la escala HunterLab.

En el presente trabajo de investigación se evaluó los cambios de color en parámetros CIE $L^* a^* b^*$, en el epicarpio de tomate (*solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, en almacenamiento. Obteniendo una variación en su Luminosidad L^* igual 12.655, a una temperatura de 5 °C y un empaque de alta densidad. Como se ve en la Figura 4.22

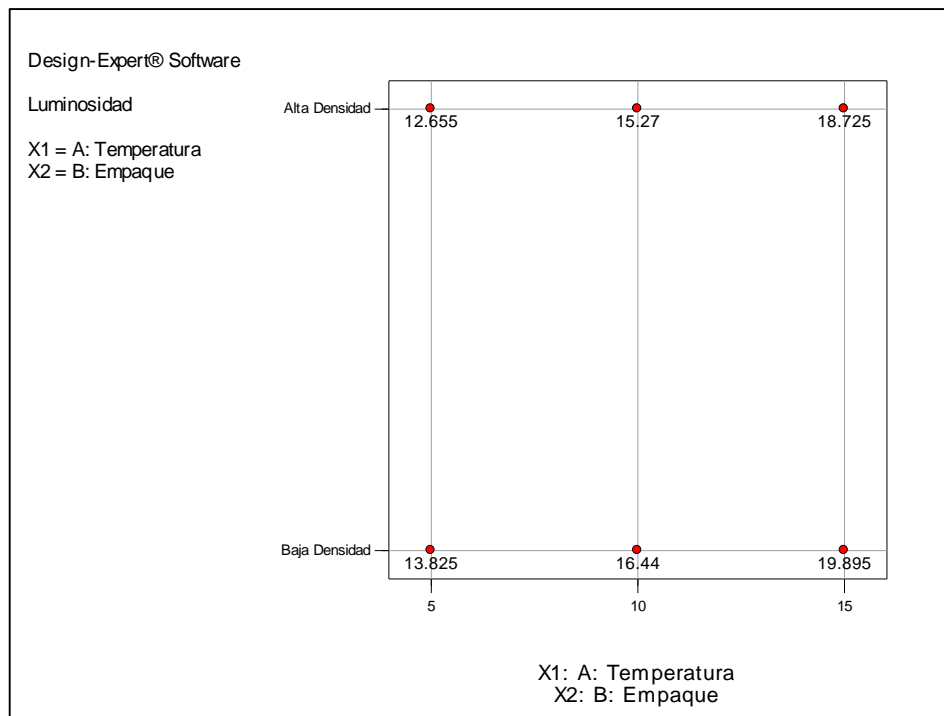


Figura 4.22

Gráfico de barras para la variable respuesta luminosidad.

Fuente: *Software Desing Expert*

Para el caso de la Saturación no es significativo o no es influido por el tipo de empaque ni por la temperatura de almacenamiento en estudio.

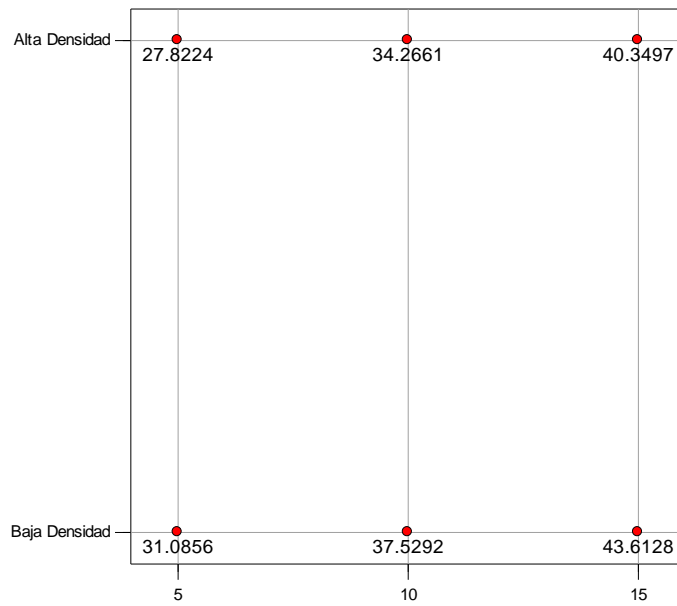
En el caso de la tonalidad se obtuvo una variación (Δh) igual 27.8224, a una temperatura de 5 °C y un empaque de alta densidad. Como se ve en la Figura 4.23

Design-Expert® Software

Tonalidad

X1 = A: Temperatura

X2 = B: Empaque



X1: A: Temperatura
X2: B: Empaque

Figura 4.23

Gráfico de barras para la variable respuesta Tonalidad.

Fuente: *Software Desing Expert*

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó los cambios de color en el sistema cromático CIEL*a*b*, en el epicarpio de tomate (*Solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, y almacenado en 10 días. Obteniendo una variación en su luminosidad (L*) igual 12.23, una variación de la saturación (C) de 0.403 que no es significativa y una variación de la Tonalidad (h*) de 27.8224, siendo la muestra 2, quien tuvo estas variaciones menores en los tratamiento y por ende la de mayor conservación, a una temperatura de 5 °C y en un empaque de alta densidad.

Al realizar la evaluación de la variación en los grados brix del tomate (*solanum lycopersicum*), en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, podemos mencionar que se llegó a cambios mínimos de 1.8 °Bx, almacenando a 5 °C de temperatura por 10 día y con un empaque de polietileno de alta densidad, correspondiente a la muestra 2 del estudio.

En la Evaluación de los cambios de la acidez en el tomate (*solanum lycopersicum*), se llegó a 0.2 %, en función de la temperatura de refrigeración y tipo de empaque, en almacenamiento, se pudo conservar mejor sin alteraciones considerables a temperatura de 5° C por 10 días de almacenamiento y empacado con polietileno de alta densidad.

5.2. Recomendaciones

- Realizar evaluación de tiempo de vida útil, en función del color en la escala CIELab para los tomates frescos.
- Realizar estudio de color en los tomates empleando bio-recubrimientos.
- Realizar comparaciones de color entre variedades de tomates, durante su maduración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANCETA, J. 2006. Fruta, verduras y salud. Elsevier, España. 286 p.
- ARIAS VELÁZQUEZ CIRO J., TOLEDO HEVIA JULIO, 2007. Manual de Manejo Postcosecha de Frutas Tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- BIGGS, M. 2004. El gran libro de las hortalizas. RBA Integral. 258 p.
- Calderón Pascacio Rocío, 2011. Procedimientos de análisis proximales. Instrumentación analítica, ed. H. Universidad Tecnológica de la Selva. Secretaria de Educación Publica.
- CALLEJA R., P. 2009. El Tomate Terapéutico. En: www.infoagro.com/noticias_/2009/3/5562. Consultado en: marzo de 2009.
- DAN MARcGULIS,1994. Photoshop Lab Color: The Canyon Conundrum and Other Adventures in the Most Powerful Colorspace, ISBN 0-321-35678-0.
- DÍEZ, M.J. 1995. Tipos varietales. en El Cultivo del Tomate. Mundi-Prensa, Madrid. 793 p.
- ESCALONA VÍCTOR C. Ing. Agr. Dr. PABLO ALVARADO V. Ing. Agr. M.S. HERNÁN MONARDES M. Ing. Agr. CLAUDIO URBINA Z. Ing. Agr. ALEJANDRA MARTIN B. Ing. (E) Agr. MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum Mill.*) . Facultad de CS. Agronómicas UNIVERSIDAD DE CHILE. 2009.
- ESQUINAS-ALCÁZAR, J. Y NUEZ V., F. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate. F. Nuez ed. Mundi-Prensa. 793 p.
- FUNDACIÓN CAJAMAR, 2014. Negocio Agroalimentario y Cooperativo. <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transfereencia/003-calidad-externa-1401191044.pdf>

- GARCÍA RUBIO, JC. 2010. Conservación del arándano. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5222>
- GIACONI M, V. Y ESCAFF G., M. 2004. Cultivo de hortalizas. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. XV ed. 337 p.
- GIACONI,V. Y ESCAFF,M. 2004. Cultivo de hortalizas. 15ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 337 p.
- GLOBAL B2B MARKETPLACE. EC21. 2015. "Lycopene from Tomato CAS No.: 502-65-8". <http://www.ec21.com>. Fuxing Technology Co., Ltd. Archivado desde el original el 26 de noviembre de 2015.
- GÓMEZ P.A., CAMELO A.F. L. 2002. Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. Horticultura Brasileira 20(1):38-43.
- GONÇALEZ, J.C.; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F.; VALLE, A.T. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. Brasil Florestal, v.20, n.72, p.47-58, 2001. GRIEBELER, C.G.O. Colorimetria da
- GONZALO M.J., BREWER M.T., ANDERSON C., SULLIVAN D., GRAY S., Van Der KNAAP E. 2009. Tomato fruit shape analysis using morphometric and morphology attributes implemented in tomato analyzer software program. Journal of the American Society for Horticultural Science 134(1):77-87.
- GQC. 2010. Graphic Quality Consultancy. Introduction to colour spaces - CIE Lab & LCH. Berkhamsted, Hertfordshire, United Kingdom. Consultado el 10 de setiembre del 2011. Disponible en http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html.
- HAMMERSCHMIDT, D.; FRANKLIN, M. (2005). "About the cover illustration". Journal of Laboratory and Clinical Medicine 146: 251-252.
- HICKEY, M.; KING, C. 2001. The Cambridge Illustrated Glossary of Botanical Terms. Cambridge University Press.
- HUNTERLAB. 2006. ColorFlex Tomato Color Meter user's guide. Consultado el 25 de abril del 2010. Disponible en

<http://www.hunterlab.com/TrainingSupport/UserManuals/ColorFlexTomatoUserGuide>.

- INTELMANN D., JAROS D., ROHM H. 2005. Identification of color optima of commercial tomato catsup. *European Food Research and Technology* 221(5):662-666.
- JULIETA DELMORO, DANIELA MUÑOZ, VICTORIA NADAL, ADRIANA CLEMENTZ, VALERIA PRANZETTI 2010. El color en los Alimentos: Determinación de Color En Mieles. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. <http://www.redalyc.org/html/877/87715116010/>
- KADER, A. 2002. *Tecnologías de productos hortofrutícolas*. 3ª Edición. Publicación 3311. Universidad de California. 580 p.
- KONICA MINOLTA 2003. Konica Minolta Sensing Inc. Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B*. 101 Williams Drive Ramsey, NJ 07446 USA. <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part1/04.html>.
- KONICA MINOLTA 2006-2016. Konica Minolta Sensing Americas, Inc. Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B*. 101 Williams Drive Ramsey, NJ 07446 USA.
- LINDHOUT P. 2005. Genetics and Breeding, pp. 22-23. In: *Tomatoes*. CABI Publishing, United Kingdom. LÓPEZ-CAMELO A.L., GÓMEZ P., ARTÉS F. 2003. Use of a* and b* colour parameters to assess the effect of some growth regulators on carotenoid
- MAGOON, C. E. 1969. *Fruit and Vegetable Facts and Pointers*. United Fresh Fruit and Vegetable Association (UFFVA). 44 p.
- MARÍA JESÚS PERIAGO, 2001. *Propiedades Químicas, Biológicas y Valor Nutritivo del Licopeno*. Area de Conocimiento de Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo 30.071- Murcia (ESPAÑA).
- MAROTO, J. V. 2000. *Horticultura herbácea especial*. Mundi-Prensa, Madrid.

- Matthew D. Kleinhenz y Natalie R. 2011. Extracto del estudio publicado por The Ohio State University: "Using Brix as an Indicator of Vegetable Quality: An Overview of the Practice; Linking Measured Values to Crop Management," por Bumgarner, profesores asociados del Departamento de Ciencias Agrícolas y de Horticultura, OSU.
- NUTRITION DATA, 2014 "Foods highest in lycopene, Nutrition Data, USDA Nutrient Data base, version SR-21". nutritiondata.com. Conde Nast.
- PLANTEA, 2015. Grandes Ideas Para Huertos Pequeños. Plantea en Verde, C/ Colón Nº 12 Bajo, Paiporta (Valencia). <http://blog.planteaenverde.es/>
- SALUNKE, D.K.; WU, M.T. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes of tomato fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, v. 98, n. 1, p. 12-14, Jan. 1973. SALUNKE, D.; DESAI, B. Postharvest biotechnology of fruits. Florida: CRC Press, 1984, 18 p
- SNOWDON A. 1991. Postharvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol II, fe Scientific. Aylesbury England. 416 p.
- SOLANACEAE SOURCE, 2011. A global taxonomic resource for the nightshade family. <http://solanaceaesource.org/>
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. UNALM, 2010. Operaciones Post-Cosecha Y Empaque de Frutas y Hortalizas Frescas. The Research Association for the Paper and Board Printing and Packaging Industries.