

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Ensayos en la obtención de parámetros físicos útiles en cuantificar el efecto del tratamiento térmico sobre la murta (*Ugni molinae* Turcz)

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado
Licenciado en Ingeniería en Alimentos

Juan Bautista Ojeda Nicureo

VALDIVIA-CHILE

2005

PROFESOR PATROCINANTE

Prof. Dr.-Ing. Kong Shun Ah-Hen
Ingeniero en Alimentos, Dipl.-Ing., Dr.-Ing.
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

.....

PROFESORES INFORMANTES

Prof. Bernardo Fraser Leiva
Médico Veterinario, M Sc.
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

.....

Prof. Wilhelm Heimlich Mímica
Químico
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

.....

Quiero dedicar este trabajo por su amor, esfuerzo, apoyo, y comprensión a mis padres

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	Descripción general de la murta (<i>Ugni molinae</i> Turcz)	2
2.2	Determinación y medición de color	3
2.2.1	Medida instrumental de color	4
2.2.2	Medida sensorial de color	6
2.2.3	El color en frutas	6
2.3	Determinación de textura	7
2.4	Evaluación sensorial	13
2.4.1	Laboratorio de pruebas	13
2.4.2.	Muestras	13
2.4.3	Tipos de Jueces y selección	14
2.4.4	Métodos de evaluación	15
3	MATERIAL Y MÉTODO	16
3.1	Lugar de ensayo	16
3.2	Materiales	16
3.2.1	Materia prima	16
3.2.2	Equipos e instrumentos	16
3.3	Métodos	18
3.3.1	Determinación de color	19
3.3.2	Determinación de textura	19
3.3.3	Ensayos complementarios	20

3.4	Diseño experimental	21
3.5	Análisis de los datos	22
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
4.1	Ensayos y mediciones preliminares	23
4.1.1	Características de tamaño de murta	23
4.1.2	Selección de método para determinación de color	25
4.1.3	Selección de método y medición de propiedades de textura mecánica	27
4.2	Aplicación del tratamiento térmico	35
4.2.1	Historial de tratamiento térmico	35
4.2.2	Variación del contenido de sólidos solubles	36
4.2.3	Variación del pH	38
4.2.4	Control de presencia-ausencia de microorganismos	39
4.3	Determinación de color	40
4.4	Medición de propiedades de textura mecánica	43
4.5	Pruebas de evaluación sensorial	57
5	CONCLUSIONES	71
6	RESUMEN	72
	SUMMARY	73
7	BIBLIOGRAFÍA	74
	ANEXO	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Diámetro ecuatorial registrado para diferentes grupos de murta	3
2	Diseño experimental	21
3	Distribución del diámetro ecuatorial en murta (<i>Ugni molinae</i> Turcz)	24
4	Determinación de color en fruto entero descongelado y piel de fruto	26
5	Resultados de aplicación del método 2 de compresión en otras frutas	29
6	Determinación de fuerza máxima de compresión en ensayo preliminar con respecto al calibre	29
7	Sólidos solubles en °Brix en el líquido de cobertura	37
8	Medición de pH del líquido de cobertura en los tratamientos	39
9	Control de presencia o ausencia microorganismos	40
10	Medición de color en el líquido de cobertura	41
11	Medición de color en la piel del fruto tratado térmicamente	42
12	Propiedades mecánicas del fruto descongelado usando el método 1 de compresión	44
13	Propiedades mecánicas del fruto descongelado usando el método 2 de compresión	45
14	Propiedades mecánicas del fruto tratado térmicamente usando el método 1 de compresión	48

15	Medición de propiedades mecánicas usando método 2 de compresión en fruto tratado térmicamente	54
16	Promedio y desviación estándar de fuerza máxima de compresión de cada nivel de tratamiento usando el método 2	55
17	Promedio y desviación estándar de rigidez de cada nivel de tratamiento usando el método 2	56
18	Evaluación sensorial de fruto descongelado	58
19	Calificación de prueba de escala hedónica del producto	59
20	Calificación de prueba de escala hedónica del líquido de cobertura	63
21	Calificación de prueba de escala hedónica en fruto tratado térmicamente	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Análisis de perfil de textura	10
2	Curva de compresión de productos sólidos	11
3	Esquema de aplicación de método 1 (colectivo) de compresión	20
4	Esquema de aplicación de método 2 (Individual) de compresión	21
5	Histograma de frecuencia del diámetro ecuatorial de murta para el lote A (2001)	24
6	Histograma de frecuencia del diámetro ecuatorial de murta para el lote B (2000)	24
7	Esquema de incidencia de la luz entre murta entera y piel de murta	26
8	Comparación de promedios de firmeza con respecto al calibre	30
9	Comparación de promedios de deformación máxima respecto al calibre	30
10	Perfil de distancia versus fuerza en Murta (<i>Ugni Molinae</i> Turcz) usando el método 1 de compresión	33
11	Esquema de funcionamiento de los métodos de compresión	34
12	Historial de tratamiento térmico	35
13	Comparación de promedio de sólidos solubles respecto al lote	37

14	Comparación de promedio de sólidos solubles respecto a la temperatura	38
15	Comparación de promedio de sólidos solubles respecto al tiempo de tratamiento	38
16	Comparación de promedios para lote A y B por prueba de Tukey	49
17	Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la firmeza	49
18	Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la deformación máxima del fruto	49
19	Comparación de promedios por prueba de Tukey respecto a la rigidez para lote A y B	50
20	Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la rigidez usando el método 1	50
21	Comparación de promedios de temperatura por prueba de Tukey respecto a la deformación relativa usando el método 1	50
22	Gráfico de <i>Box and Whisker</i> para firmeza usando el método 2	53
23	Gráfico de <i>Box and Whisker</i> para rigidez usando el método 2	55
24	Comparación de promedios de aceptación para el factor lote en fruto descongelado	57
25	Comparación de promedios de aceptación del producto para los factores lote, temperatura y tiempo	60
26	Interacciones para el producto	61
27	Comparación de promedios de aceptación del líquido de cobertura para el factor lote	64

28	Interacciones para el líquido de cobertura	65
29	Comparación de promedio del fruto respecto del factor lote	66
30	Comparación de promedios del fruto para la temperatura	68
31	Interacciones para la murta sometida a tratamiento térmico	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Instrucciones para evaluación de murta sometida a tratamiento térmico	80
2	Instrucciones para evaluación de murta descongelada no tratada térmicamente	84
3	Escala hedónica	85
4	Carta CIE-XYZ	86
5	Procedimientos de ensayos	87
6	Análisis estadísticos	91

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento, investigación y explotación de los recursos naturales que posee nuestro país ha motivado diversas investigaciones con objeto de conocer la forma más adecuada de aprovechar estos recursos en forma industrial. La industria de alimentos no está ajena a este acontecer, existe el interés de conocer productos autóctonos los cuales podrían llegar a constituir una importante fuente de ingresos generando desarrollo en sectores rurales.

Tal es el caso de la murta o murtilla, de nombre científico “*Ugni molinae* Turcz”. Es un producto agrícola típico del sur de Chile, cuyo procesamiento se realiza principalmente a nivel artesanal. En la actualidad lo que se sabe acerca de esta especie está relacionado con su caracterización agronómica forestal. Por tanto, surge la necesidad de conocer más acerca de su comportamiento durante el procesamiento industrial.

Como **hipótesis** de este estudio se postula que es posible encontrar para la murta (*Ugni molinae* Turcz) parámetros indicadores para cuantificar el efecto del tratamiento térmico”.

Para ello se plantea como **objetivo general** averiguar si parámetros físicos tales como el color, la textura expresada como relación fuerza y deformación, sirven para cuantificar el efecto del tratamiento térmico. Para esto se formula como **objetivos específicos** los siguientes:

- Ensayar métodos para la medición instrumental de textura (propiedades mecánicas) y de color para la murta (*Ugni molinae* Turcz)
- Evaluar el efecto de tratamiento térmico sobre la murta con respecto al color y a la textura expresada como relación de fuerza y deformación
- Evaluar sensorialmente el efecto de los distintos tratamientos térmicos sobre la aceptabilidad con respecto al color comprendido como intensidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descripción general de la murta (*Ugni molinae* Turz.)

La murta o murtillo de nombre científico *Ugni molinae* T., es un arbusto de la familia *Myrtaceae* que crece principalmente entre la VII y X región de Chile (WILCKENS *et al*, 1991). La planta puede ocupar suelos volcánicos y de baja fertilidad pero de buen drenaje (LANDRUM y DONOSO, 1990; CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN CHILE, 1982) reproduciéndose por semillas y crecimiento de raíces (LANDRUM y DONOSO, 1990), lo cual permite extender su cultivo hacia zonas de escasa producción agrícola (VENEGAS *et al*, 1993). Con respecto al clima este es frío mediterráneo y frío marítimo, sin duras heladas con temperaturas promedio que fluctúan entre 10 y 13 °C y pluviosidad entre 500 a 3000 mm (LANDRUM y DONOSO, 1990). El arbusto crece formando matorrales de densidad variable, puede alcanzar una altura de 1,6 metros, con hojas opuestas y persistente, de forma ovoide y puntiaguda de 1 a 7 cm de largo (MUÑOZ citado por LAVIN y SOTOMAYOR, 1987). En el género *Ugni* se ha establecido la existencia de tres especies, la primera *Ugni molinae* con fruto de color rojo y blanco, *Ugni candollei* fruto rojo negruzco con pulpa adherida a la semilla y *Ugni selkirkii* que crece en la isla Juan Fernández. Otra especie con este nombre es *Ugni myrcioides* especie de guayaba que crece en alturas sobre 2500 metros en la zona de la cordillera de los Andes (LANDRUM y DONOSO, 1990). Según LANDRUM y DONOSO (1990) existen tres principales tipos de *Ugni molinae*:

- Rosada y dulce con un promedio de peso de 0,51 gramos y un diámetro de 10,2 mm.
- Blanca, amarilla clara con pintas rosadas, dulzor suave, menos aromática que la rosada, con un peso promedio de 0,43 gramos y un diámetro de 10,4 mm
- Granate, más dura que otros tipos, con un peso promedio de 0,34 gramos y un diámetro de 9,4 mm

En el color se observa la presencia de tres grandes grupos: verde claro a blanco; verde a blanco con tonalidades de rojo y rojo coral hasta casi negro. Sin embargo, se acota la imposibilidad de poder determinar con precisión el color del fruto. Con respecto a las características organolépticas del fruto éste es semejante al *blueberry* (*Vaccinium* spp). Es de color rojo oscuro, amarillo con pintas rosadas, de sabor dulce y aroma similar a la frutilla, pungente similar a la guayaba (*Psidium* guajava L) o especies de *Vaccinium* (LANDRUM y DONOSO, 1990).

La resistencia del fruto se caracteriza por el papel que juega la cutícula la cual es caracterizada como una capa cerosa y firme (HEVIA *et al.*, 1993).

En lo referente a la geometría el fruto es de forma globosa, más ancho que alto, lo cual es mostrado como comparación en los diámetros ecuatorial y polar en donde el diámetro polar posee una menor variación de 4,5 mm a 7,5 mm en cambio el diámetro ecuatorial presenta una variación entre 5 mm y 9 mm (LAVIN y VEGA, 1996).

El tamaño y peso, es de aproximadamente 0,9 centímetros de diámetro y 0,3 gramos de peso (VENEGAS *et al.*, 1993). En el CUADRO 1 se presentan los diámetros registrados de diferentes grupos de murta (VENEGAS *et al.*, 1993; HEVIA, 1993)

CUADRO 1. Diámetro ecuatorial registrado para diferentes grupos de murta.

Descripción del producto	Diámetro ecuatorial	Unidades	Fuente
Producto fresco	0,86 ±0,07	16	VENEGAS (1993)
Almacenado	0,83 ±0,08	80	VENEGAS (1993)
Verde claro a blanco	0,97 ±0,14	-	HEVIA <i>et al.</i> (1993)
Verde a blanco con tonalidades de rojo	1,07 ±0,13	-	HEVIA <i>et al.</i> (1993)
Rojo coral hasta casi negro	1,06 ±0,11	-	HEVIA <i>et al.</i> (1993)

2.2 Determinación y medición de color

El color de un objeto es percibido por el sentido de la vista el cual reside en el ojo humano y presenta una estructura semejante a una cámara fotográfica. El color posee tres características: el **tono** el cual es determinado por la longitud de onda de la luz

reflejada; **intensidad** la cual depende de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento; **brillo** que es dependiente de la cantidad de luz que es reflejada por el objeto (ANZALDUA-MORALES, 1994).

Existen tres colores simples, primarios o básicos y de la combinación de éstos derivan los demás tonos o tintes; la relación entre ellos puede expresarse en el hexágono cromático. Los colores primarios son: rojo, azul y amarillo (ANZALDUA-MORALES, 1994).

Se postula también que el color de un objeto depende de tres factores (SAENZ, 1989):

- Luz incidente o condiciones de iluminación
- Objeto que refleja y transmite la luz
- Visión del observador.

En la actualidad, producto de la investigación y desarrollo en las diversas áreas de las ciencias y artes, se han ideado una serie de sistemas para identificar, medir y describir un color, entre estos sistemas se destaca el sistema CIE. En 1931 la denominada **Commission Internationale de l'Eclairage** (CIE) se reunió en París para normalizar la medida del color; tomando las ideas de FORSIUS, MUNSELL y otros se desarrolló el Sistema CIE. Considerando que el color depende de tres factores: la fuente luminosa, el objeto iluminado y el observador que capta la imagen, la CIE establece su sistema sobre la base de cuatro puntos fundamentales (CALVO, 1989a)

- Fuente estándar de iluminación.
- Condiciones exactas de observación.
- Unidades matemáticas apropiadas.
- Curvas del observador estándar.

2.2.1 Medida instrumental de color. Las medidas instrumentales de color pueden ser divididas en dos tipos: la colorimetría espectrofotométrica y la colorimetría triestímulo (FRANCIS y CLYDESDALE, 1975)

En la **colorimetría espectrofotométrica** se mide el poder de la energía radiante transmitida por una solución y representa la cantidad de un componente en particular

presente en la solución (CALVO, 1989a). Se cuantifica a través de valores de absorbancia o transmitancia de una fuente de luz a longitudes de onda definidas (FRANCIS y CLYDESDALE, 1975)

La **colorimetría triestímulo** según FRANCIS y CLYDESDALE (1975) es el método de mayor elección en la industria de alimentos. Estos reemplazan el método de integración, el cual incorpora la curva del observador estándar. Un colorímetro triestímulo puede ser descrito como una fuente de luz blanca estándar (CIE), la cual es proyectada sobre la superficie de la muestra. La luz reflectada en un ángulo de 45° (reflexión difusa) es medida por una fotocélula previo paso a través de un filtro, el cual puede ser X, Y o Z. Estos filtros simulan las curvas estándar del observador, en otras palabras de la lectura de un colorímetro triestímulo se obtiene el color directamente (FRANCIS y CLYDESDALE, 1975)

Matemáticamente se expresa por las ecuaciones Ec (1a), (1b) y (1c). En la práctica basta calcular dos de ellos, ya que el tercero se deduce de la ecuación $x + y + z = 1$ (CALVO, 1989b).

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad \text{Ec. (1a)}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad \text{Ec. (1b)}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad \text{Ec. (1c)}$$

Posterior al desarrollo del sistema CIE-XYZ (colorimetría triestímulo), se desarrolló el sistema **Hunter**. Tomando como base la teoría de los colores opuestos, se basa en la determinación de tres parámetros los cuales son: **L**, **a** y **b**, donde **L** representa la claridad, **a** y **b** representan a la cromaticidad. En el caso de **a**, corresponde a la relación rojo-verde y en el caso de **b** corresponde a la relación amarillo-azul.

La relación matemática, entre el sistema CIE-XYZ y el sistema Hunter, se expresa por las siguientes ecuaciones:

$$L = 10 Y^{1/2} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$a = \frac{17,5(1,02X - Y)}{Y^{\frac{1}{2}}} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$b = \frac{7(Y - 0,847Z)}{Y^{\frac{1}{2}}} \quad \text{Ec. (4)}$$

El sistema Hunter, posee tanto uso en la industria de alimentos como el sistema CIE-XYZ. Además posee la ventaja de que la representación de los colores es intuitiva, debido a que se basa en la forma de ver del observador (CALVO, 1989c)

2.2.2 Medida sensorial de color. Esta puede realizarse de tres maneras: de forma directa, a través de atlas de color y usando colorímetros visuales. La medida directa como su nombre lo indica, es la más sencilla, se realiza a diario en la vida cotidiana y posee una gran variabilidad. El uso de atlas de color, implica la elección entre diversos tipos de atlas, entre ellos se destacan el atlas de OSTWALD, sistema DIN, diccionario de MAERZ y PAUL. Los colorímetros visuales, en cambio, se dividen en aditivos y sustractivos y son ampliamente usados en la industria de alimentos (CALVO, 1989d)

2.2.3 El color en frutas. El color exhibido por las frutas es uno de los más importantes factores externos (OLMO *et al.*, 2000). Se caracteriza por poseer un color de base o fondo y un color de cubrimiento, el primero viene dado por clorofila y carotenoides de tonos verdes, amarillos y anaranjados. El color de cubrimiento, está dado principalmente por antocianinas, que proporcionan colores rojos y azules. Por ejemplo los limones y manzanas verdes presentan solamente color de fondo, en cambio, ciruelas y frutillas al madurar tienen color de cubrimiento, una mezcla de ambos tipos se da en manzanas rojas y nectarines que presentan ambos tipos de color (BERGER, 1989).

Diversos estudios realizados sobre las antocianinas y sus mecanismos de degradación del color, presente en frutos no procesados y procesados sometidos a tratamiento térmico y congelación, tal como cerezas, diversas clases de *berry* y otras frutas, han mostrado que los factores importantes son: actividad enzimática y no enzimática, combinación

tiempo-temperatura, temperatura de almacenamiento, grado de madurez, presencia de oxígeno, tipo de ácidos orgánicos presentes y pH (AHMED *et al.*, 2002). Al respecto, CHAOVANALIKIT y WROLSTAD (2004), informan una variación de 66% y 87% de la antocianina a los 3 y 6 meses de almacenamiento a $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ en cerezas congeladas sin tratamiento térmico, hecho que puede ser atribuido a la actividad enzimática. Por otro lado, GOLASZEWSKI *et al.* (1998) estudiaron la variación del color del jugo de frutilla pasteurizado por 10 segundos a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y almacenado a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ encontrando una variación de color a las 2 semanas, hecho atribuido a la polimerización de antocianinas y compuestos fenólicos. En cuanto a la combinación tiempo-temperatura LO *et al.* (2002) concluyen que los tratamientos térmicos del tipo *HTST* en escaldado, contribuyen a reducir considerablemente el deterioro durante el almacenamiento, debido a que contribuyen a mantener la composición química del tejido vegetal lo más próximo a su estado original. Para OLMO *et al.* (2000) el grado de madurez que posee una fruta al momento de su cosecha es un factor importante en deterioro físico y organoléptico, en el cual la presencia de oxígeno juega un rol importante en la respiración celular y degradación de ácidos orgánicos presentes (FENNEMA, 1993). Durante la maduración de frutos cítricos se produce un aumento del contenido de sólidos solubles y una disminución de los ácidos orgánicos presentes (OLMO *et al.*, 2000). En cuanto al pH, se observa gran estabilidad de la coloración exhibida por las antocianinas a valores de pH de 1 a 4 (KALT *et al.*, 2000), en el caso de las betalainas presentes en betarragas entre valores de pH de 3 y 7, siendo ambos casos el color exhibido por estos pigmentos dependiente del pH (HERBACH *et al.*, 2004; GARCIA-VIGUERA *et al.*, 1999).

Las ventajas de usar el color como indicador de cambios en frutas es evidente; por ejemplo para reconocer estados de madurez tiene la ventaja de ser una prueba no destructiva y en correlación con otros parámetros, puede dar información acerca del porcentaje sólidos solubles y firmeza (BERGER, 1989).

2.3 Determinación de textura

Según la definición de ANZALDUA-MORALES (1994): “*La textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído,*

y que se manifiesta cuando un alimento sufre deformación". Otros autores la definen como el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor (MATZ citado por WITTIG, 1982). SZCEZESNIAK citado por WITTIG (1982) lo define como la percepción de características mecánicas (resultantes de la presión ejercida por dientes, lengua y paladar), características geométricas (provenientes del tamaño y forma de las partículas) y características relacionadas con las propiedades lubricantes (humedad y grasa). Sin embargo, no se puede referir a la textura de un alimento como un atributo, sino que esta referencia debe ser en sentido plural, es decir, como atributos de textura debido a que involucra una serie de parámetros y clasificaciones según el ámbito al que se haga referencia (ANZALDUA-MORALES, 1994, KRAMER 1964). Según BOURNE (1982) los atributos de textura pueden ser clasificados en tres clases: atributos mecánicos, geométricos y de composición.

Alternativamente a la evaluación sensorial de textura, existe la medición instrumental de textura. La cual fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial, con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de ésta última: la gran variabilidad que puede existir en los resultados, la dificultad en la ejecución de las pruebas y la dificultad en la interpretación de los resultados (BOURNE, 1982). Sin embargo, la evaluación sensorial sigue siendo la mejor forma de apreciar esta propiedad (ANZALDÚA-MORALES, 1984).

Existe una gran variedad de métodos instrumentales de medición de textura, en general, estos pueden clasificarse en tres tipos: **fundamentales**, **empíricos** e **imitativos** (ANZALDUA-MORALES, 1994), pero todos ellos se basan en los siguientes elementos (VOISEY citado por ANZALDUA-MORALES, 1994):

- Una punta de prueba, o sea, un elemento de aplicación del esfuerzo
- Una fuente de movimiento
- Un elemento registrador.

Los métodos **fundamentales** son aquellos en los que se trata de definir lo más

exactamente posible el comportamiento reológico del alimento, establecer las ecuaciones que rigen dicho comportamiento y medir los parámetros y coeficientes involucrados en dichas ecuaciones (ANZALDUA-MORALES y BRENNAN, 1984).

En los métodos **empíricos** se aplica un esfuerzo de cualquier tipo al alimento ya sea compresión, corte, punción, expresión, flexión, o tensión entre otros y se mide la respuesta del alimento. Por lo tanto, en muchas ocasiones no están muy claro los principios teóricos del método, la interpretación de los resultados es completamente empírica en su totalidad y su procedimiento es arbitrario. Generalmente, este tipo de métodos son de carácter destructivos, existiendo también, pruebas no destructivas (BOURNE, 1982).

En los instrumentos **imitativos** se trata de imitar la acción de los dedos, manos, dientes e incluso boca, al deformar un alimento para determinar su textura. Los hay muy sencillos como el diente para medir textura de espagueti y otras pastas (BOURNE, 1982). Uno de los **métodos imitativos** más usados en la determinación de las propiedades mecánicas de textura es el método de Análisis de Perfil de Textura o T.P.A (TUNICK, 2000). Este se caracteriza por permitir evaluar varios parámetros a la vez tal como dureza, cohesividad, elasticidad, fracturabilidad etc. Consiste en comprimir las muestras dos veces consecutivas en un texturómetro. A través de ésta, se obtienen gráficas como la presentada en la FIGURA 1, donde se presenta la variación de **fuerza** en función del tiempo mostrándose tres áreas destacadas (A1, A2 y A3) y tres puntos (A, B y C). El punto A marca el inicio de la primera compresión la cual da origen a las áreas A1 y A3. A1 denota la **dureza** de la muestra medida como la **fuerza** necesaria para lograr una determinada deformación, la cual también puede ser determinada por el área entre el punto A y el pico de la primera curva obteniéndose la energía o trabajo de compresión. La relación entre $A2/A1$ denota la cohesividad y el área A3 denota la adhesividad. El punto B marca el inicio de la segunda compresión, existiendo la relación B-C la cual denota la elasticidad (BOURNE, 1982).

Sin embargo, este método considera que la muestra no sufre ruptura durante la realización debido a que se aplica a ciertos niveles de compresión y la muestra recupera parte de su forma original después de la primera **compresión** a causa de la **elasticidad** y

resistencia (BOURNE, 1982). De acuerdo a esto MÜLLER (1973) define la **resistencia** de un cuerpo como la propiedad en virtud de la cual un cuerpo puede soportar la aplicación de una fuerza sin sufrir ruptura o deformación profunda.

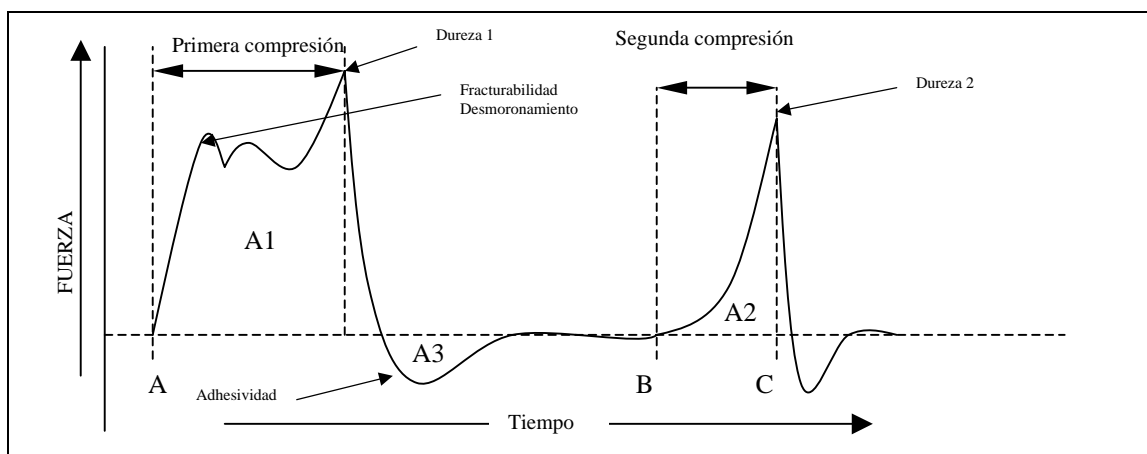


FIGURA 1. Análisis de Perfil de textura

FUENTE: BOURNE (1982).

Por otro lado, la definición de elasticidad se relaciona con la capacidad de un cuerpo de recuperar parte de la forma original después de haber sido sometido a una deformación producto de una fuerza. No obstante, a través de la definición de **resistencia** puede ser definido el término **dureza**, el cual, puede ser expresado como la resistencia a la deformación local de un cuerpo a través de la aplicación de una fuerza sobre una área determinada. Sin embargo, se recomienda usar la relación fuerza/deformación y no puramente la fuerza debido a que sus resultados pueden ser engañosos y presentar gran variación (MÜLLER, 1973). Otra definición de **dureza** desde la perspectiva de la evaluación sensorial, es la entregada por BOURNE (1982) en la cual la describe como: la fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares en el caso de alimentos sólidos y entre el paladar y la lengua en el caso de alimentos semisólidos.

Otra metodología usada es la **compresión** (AK y GUNASEKARAN, 1992; CHAVEZ *et al.*, 2000), en la cual la muestra es sometida a la aplicación de una fuerza a diferentes niveles de compresión, llegando ésta incluso a la ruptura de la misma, registrándose los resultados a través de algún medio electrónico o por medio de gráficas de

fuerza-deformación, como la presentada en la FIGURA 2. Los parámetros medidos usando esta metodología son (HAGER, 1997):

- **Fuerza máxima de compresión** expresada en newton (A), la cual corresponde al punto donde se produce la ruptura de la muestra (pico)
- **Deformación máxima o cohesividad** (C) expresada en mm, la cual corresponde al punto donde se produce la ruptura de la muestra (pico).
- **Rigidez** determinado a partir de la relación de (A/C).
- **Elasticidad** determinado a partir de la relación de (D/E), el cual corresponde a la pendiente de la curva en una zona de deformación determinada (E).

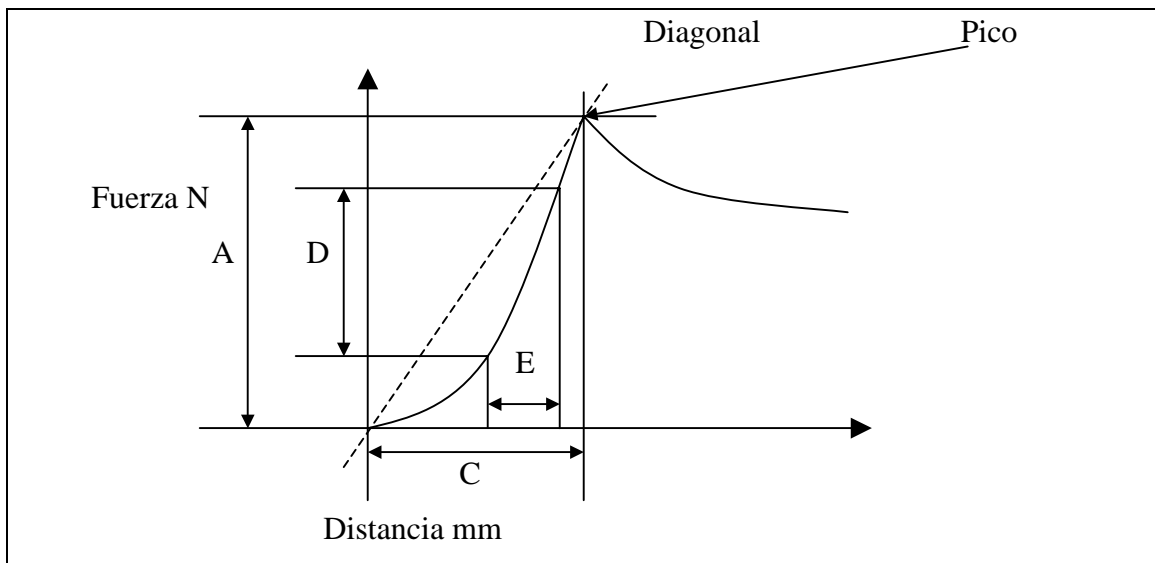


FIGURA 2. Curva de compresión de productos sólidos

FUENTE: Bourne y Catalán citado por HAGER (1997)

A partir de la relación fuerza (A) y deformación (C) expresada como F y dH respectivamente se puede expresar el modelo exponencial tipo ley de potencia expresado por ecuación Ec. (5) (HAGER, 1997):

$$F = K (dH)^n \quad \text{Ec. (5)}$$

Despejando dH, la deformación absoluta se tiene:

$$dH = \left(\frac{F}{K} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \text{Ec. (6)}$$

donde

- F : Fuerza, N
dH : Deformación, mm
K : Medida de rigidez, N/mm
n : Índice de comportamiento, adimensional

n es un índice de comportamiento que define el grado de concavidad y permite describir el comportamiento de la muestra.

$n = 1$, La relación entre F y dH presenta forma lineal.

$n > 1$, La relación entre F y dH presenta concavidad sobre la diagonal y denota la existencia de fuerzas hidrostáticas.

$n < 1$, la relación entre F y dH presenta concavidad bajo la diagonal y denota un comportamiento de la muestra típico de un sólido.

Finalmente los parámetros K y n pueden ser obtenidos aplicando la regresión lineal a los logaritmos de F y dH a partir de la siguiente ecuación Ec. (7)

$$\text{Log (F)} = \text{Log (K)} + n \text{Log (dH)} \quad \text{Ec. (7)}$$

En general la mayoría de los estudios realizados usando estas metodologías están realizados sobre muestras que presentan cierta homogeneidad en su constitución, como por ejemplo: quesos, geles, alimentos formulados, entre otros. No obstante, en el caso de frutos menores como el caso de la zarzamora CHÁVEZ *et al.* (2000) muestran el efecto del epicarpio para prevenir el daño mecánico, así como también, el rol que juega en las propiedades mecánicas del fruto la interacción epicarpio-pulpa. Otro hecho destacado es la marcada diferencia que se da en las mediciones de las propiedades mecánicas de la zarzamora a distintos grados de madurez (CHÁVEZ *et al.* 2000). Sin embargo, se destaca la relación que existe entre tiempo–temperatura de tratamiento y disminución de firmeza. Al respecto LO *et al.* (2002) recomiendan los tratamientos del tipo *HTST*, debido a que inactivan enzimas pécticas y preservan en cierta forma la estructura de la

pared celular. Estudios realizados por ROY *et al.* (2001) reportan una retención en la firmeza de 45% y 50% para tratamientos del tipo *HTST* realizados a 90 y 100 °C respectivamente y una retención de firmeza de 33% y 39,2% para tratamientos del tipo *LTLT* realizados a 70 y 80 °C respectivamente. Otros estudios reportan en general que los tratamientos de escaldado contribuyen a mantener los atributos de textura debido a que activan la enzima pectinmetilesterasa, la cual libera ácidos pectínicos, los cuales interactúan con iones divalentes como el calcio, aumentando la rigidez de las estructuras de los tejidos vegetales formando geles (FENNEMA, 1993). Por otro lado TRUONG *et al.* (1998) reportan que los tratamientos de escaldado del tipo *LTLT* realizados a 62 °C permiten mantener las características de **firmeza** definida como el punto de ruptura y **atributos sensoriales**. Sin embargo, ROY *et al.* (2001) sostienen que lo afirmado por TRUONG *et al.* (1998) no considera el efecto de la actividad enzimática.

2.4 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una ciencia que se define según ANZALDUA–MORALES (1994) como: “*El análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos*”. Para realizar una evaluación sensorial se deben cumplir los siguientes requisitos: laboratorio de pruebas, muestras, jueces, métodos de evaluación y análisis estadístico de los datos obtenidos.

2.4.1 Laboratorio de pruebas. La razón de contar con un laboratorio de degustación es poder controlar todas las condiciones de la investigación, eliminando al máximo las variables que interfieren en los juicios. En general, se recomienda que el laboratorio posea las siguientes dependencias: sala de cabinas individuales, sala para reuniones del panel de degustadores, sala para preparación de las muestras, sala de instrumentos y sala para almacenar muestras (WITTIG, 1982).

2.4.2 Muestras: Con este nombre se designa al producto que será entregado a los jueces para su evaluación. Estas deben ser representativas del producto total. El que

dirige la investigación debe conocer exactamente el problema de que se trate, confeccionando un historial de la muestra, y saber cuáles variables son de menor importancia. Acerca de la muestra interesa su preparación y presentación (WITTIG 1982).

2.4.3 Tipos de jueces y selección. Existen cuatro tipos de jueces cuyas características se detallan a continuación. La utilización de cada tipo de juez dependerá del tipo de prueba a realizar. El **Juez experto**, es aquel que ha sido sometido a un riguroso entrenamiento. Participa en pruebas donde sólo se requiere su respuesta. En el caso del **Juez entrenado**, esta es una persona que tiene bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, en particular que ha recibido enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial y conoce los objetivos acerca de una prueba de evaluación sensorial. El **Juez semientrenado o de laboratorio**, es aquel que ha recibido un entrenamiento teórico similar al de un juez entrenado, realiza pruebas sensoriales con frecuencia, posee suficiente habilidad pero sólo realiza pruebas discriminativas sencillas. Por último el **Juez consumidor**, se trata de personas que no realizan pruebas complejas de evaluación sensorial, es gente común y corriente. Este tipo de jueces se emplea solamente para pruebas afectivas (ANZALDUA-MORALES, 1994).

Para la **selección de jueces** existen diversas metodologías, tal es el caso de la metodología de Caul la cual mide la habilidad de los jueces para reconocer los cuatro gustos básicos (WITTIG, 1982). Otra metodología es la propuesta por ANZALDUA-MORALES (1994) para la evaluación de textura, donde la selección se realiza a través de pruebas de ordenamiento, en la cual los jueces son seleccionados a partir de un grupo estadísticamente homogéneo. En general, existe una concordancia entre distintos autores citados por ANZALDUA-MORALES (1994) con respecto al criterio de selección de jueces, los cuales son habilidad, disponibilidad, interés, desempeño o funcionamiento (CIVILLE y SZCZESNIAK, LARMOND citado por ANZALDUA-MORALES, 1994).

2.4.4 Métodos de evaluación. El tipo de prueba a realizar depende del objetivo que se esté persiguiendo, a este respecto existen tres grandes grupos de pruebas: **afectivas**, **discriminativas** y **descriptivas**. Las pruebas **discriminativas**, corresponden al tipo de prueba donde no se desea conocer la opinión subjetiva de la persona, sino saber si existen diferencias entre dos o más muestras y en algunos casos la magnitud de esa diferencia, (LARMOND citado por ANZALDUA-MORALES, 1994). En este tipo de pruebas se puede usar jueces semientrenados, cuando son pruebas sencillas como dúo-trío. En el caso de las pruebas **descriptivas**, se trata de medir propiedades de un alimento de forma objetiva, se trata de saber cual es la magnitud de la diferencia más que la detección de la misma.

Las pruebas **afectivas**, son aquellas en que el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta o si lo acepta o lo rechaza, estas pruebas son las que presentan una mayor complejidad en su análisis debido a su gran variabilidad. Para realizar este tipo de pruebas, es necesario contar con un número mínimo de veinticinco a treinta jueces no entrenados. Entre las pruebas afectivas, se destaca la prueba de escala hedónica, debido a que permite evaluar dos o más muestras a la vez, de acuerdo al grado de satisfacción o placer que produce la evaluación de un alimento. La prueba se realiza usando una escala de calificaciones en número comprendido entre 3 puntos a 9 puntos, estas escalas pueden ser verbales o gráficas dependiendo del tipo de juez utilizado(ver anexo 3). Sin embargo, se recomienda que la escala posea un número impar de calificaciones con un punto central, por otra parte, cuando se evalúan más de dos muestras se recomienda usar una escala de mas de tres puntos y no mayor a nueve puntos a objeto de evitar errores de tendencia central, el cual, se caracteriza por la calificación de los jueces en torno al centro de la escala y por otro lado evitar ambigüedad entre las calificaciones de una escala cuando se usa un número elevado de calificaciones (ANZALDUA-MORALES, 1994).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Lugar de ensayo

Este estudio se realizó en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, ICYTAL, de la Universidad Austral de Chile, Valdivia.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima. Se trabajó con dos lotes de murta (*Ugni Molinae* Turcz) adquiridos en el mercado local, feria fluvial Valdivia. Procedentes de la zona de Punucapa correspondientes a las cosechas de los años 2001 y 2000, denominados lote A y lote B respectivamente. Cuyas cantidades fueron 12 kg para el lote A y 5 kg para el lote B, los cuales fueron congelados y almacenados a temperaturas entre -15 y -18 °C, por períodos de 1 año 3 meses para el lote B y 3 meses para el lote A.

3.2.2 **Equipos e instrumentos.** En este estudio se utilizaron equipos y dependencias del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Austral de Chile, estos se encuentran mencionados a continuación, sin embargo, destacan el texturómetro universal INSTRON modelo 1011; los colorímetros para sólidos y líquido Dr Lange y la sala de evaluación sensorial del laboratorio de referencia. La descripción de los procedimientos de cada ensayo se encuentra presente en anexo 5.

Métodos de compresión 1 (colectivo) y 2 (individual).

- Toalla de papel absorbente
- Texturómetro universal INSTRON
- Tapa prensa Krammer (método 1)
- Émbolo de aluminio (diámetro 3,16 pulgadas) (método 1)
- Émbolo de plástico (1,5 cm) (método 2)

- Toalla de papel absorbente (método 2)

Determinación de color en el líquido de cobertura

- Filtro de papel Advantec MFS (NO 1 11.0 cm, porosidad 20 a 25 μm)
- Embudo plástico
- Tubo de ensayo de 20 ml.
- Gradilla.
- Cubeta plástica de 1 cm de lado
- Toalla de papel absorbente
- Colorímetro para líquido Dr Lange

Determinación de color en sólido piel de murta y fruto entero.

- Cuchillo
- Tabla para picar
- Colador plástico
- Mortero
- Piedra para moler
- Agua desmineralizada
- Cubeta de vidrio circular
- Toalla de papel absorbente
- Colorímetro para sólido Dr. Lange

Panel de evaluación sensorial

- Toalla de papel absorbente
- Planilla de evaluación (ver anexo)
- Planilla instructiva (ver anexo)
- Vasos plásticos capacidad 26 ml y
- Frasco conservero de capacidad 25 ml

Medición de pH

- Medidor de pH
- Toalla de papel absorbente
- Agua destilada y
- Vaso plástico chico

Medición de sólidos solubles en la fase líquida.

- Refractómetro
- Toalla de papel absorbente y
- Agua destilada

Medición del diámetro ecuatorial en murta

- Pie de metro Mitutoyo (precisión total de acuerdo a la norma JIS 87507)
- Balanza granataria
- Toalla de papel absorbente

3.3 Métodos.

Para este estudio las muestras de ambos lotes fueron seleccionadas de acuerdo al estado físico, desechándose aquella fruta en mal estado (rota o con proceso de autólisis). Posteriormente el lote A (2001) fue sometido a congelación y analizado 3 meses después junto con el lote B (2000). En paralelo se realizaron algunas mediciones en ensayos preliminares a objeto de obtener datos acerca del comportamiento de la murta (*Ugni molinae* Turcz), tanto con respecto al color como textura (fuerza-deformación) de la murta. Posteriormente se aplicó el tratamiento térmico de acuerdo al diseño experimental. Para esto las muestras fueron preparadas usando la relación fruto:agua-1:2 en peso, de acuerdo a los procedimientos mencionados más adelante.

En todos los casos se registró la temperatura de tratamiento a través del uso de termocuplas tipo T (cobre-constantan) cuyos datos fueron almacenados en un dispositivo electrónico de registro de 2 canales. El tratamiento térmico fue realizado en un baño termoregulado construido para tal efecto, las muestras fueron colocadas una vez que la temperatura del baño estaba de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental

(60, 75 y 90 °C) y retiradas a los 5, 30 y 60 minutos de tratamiento completando así cada nivel de tratamiento. Para la determinación de fuerza y deformación en fruto descongelado no sometido a tratamiento térmico se procedió de forma similar salvo la no-aplicación del tratamiento térmico; en el caso de la determinación de color se procedió a descongelar el producto y posteriormente se realizaron las mediciones.

3.3.1 Determinación de color. Para la **determinación de color** se pesó 2,5 g de murta, los cuales fueron dispuestos en frascos conserveros de 25 ml a los cuales se le agregó 5 ml de agua destilada a temperatura entre 80 a 90 °C a objeto de generar vacío. Posteriormente los frascos fueron sellados y sometidos a tratamiento térmico de acuerdo al diseño experimental. Acto seguido las muestras fueron enfriadas y almacenadas por un lapso de 10 días a temperatura ambiente con el objeto de que el medio de cobertura y la fruta llegaran al equilibrio. Cumplido este período, se procedió a evaluar las muestras en forma instrumental y sensorial, usando colorímetros para sólido y líquido Dr. Lange, para el fruto y medio de cobertura respectivamente. Sensorialmente a través de prueba afectiva con escala hedónica de nueve puntos con el objetivo de obtener antecedentes acerca de la aceptación del color, comprendido como intensidad del color de los distintos tratamientos en el **producto** (murta más líquido de cobertura), **murta** y **líquido de cobertura**. De forma similar, se realizó evaluación sensorial a través de prueba de escala hedónica en fruto descongelado no sometido a tratamiento térmico, además de mediciones de color en fruto entero y piel del fruto.

3.3.2 Determinación de textura. Para la **determinación de textura** (fuerza-deformación) se pesó 5 g de murta de calibre 9 mm de diámetro ecuatorial, los cuales fueron dispuestos en tubos de ensayo de 20 ml a los cuales se le agregó 10 ml de agua destilada, los cuales posteriormente fueron sometidos a tratamiento térmico, enfriados a temperatura ambiente y analizados a las 24 horas después usando texturómetro universal Instron a través de dos procedimientos denominados método 1 (colectivo) y método 2 (individual) de compresión basados en los métodos de compresión (HAGER, 1997) y perfil de textura global (BOURNE, 1982), cuyos esquemas se encuentran descritos en

las FIGURAS 3 y 4. En forma paralela se realizó mediciones a frutos sin tratamiento con el objetivo de obtener datos de mediciones acerca del estado del producto antes de ser sometido a tratamiento térmico.

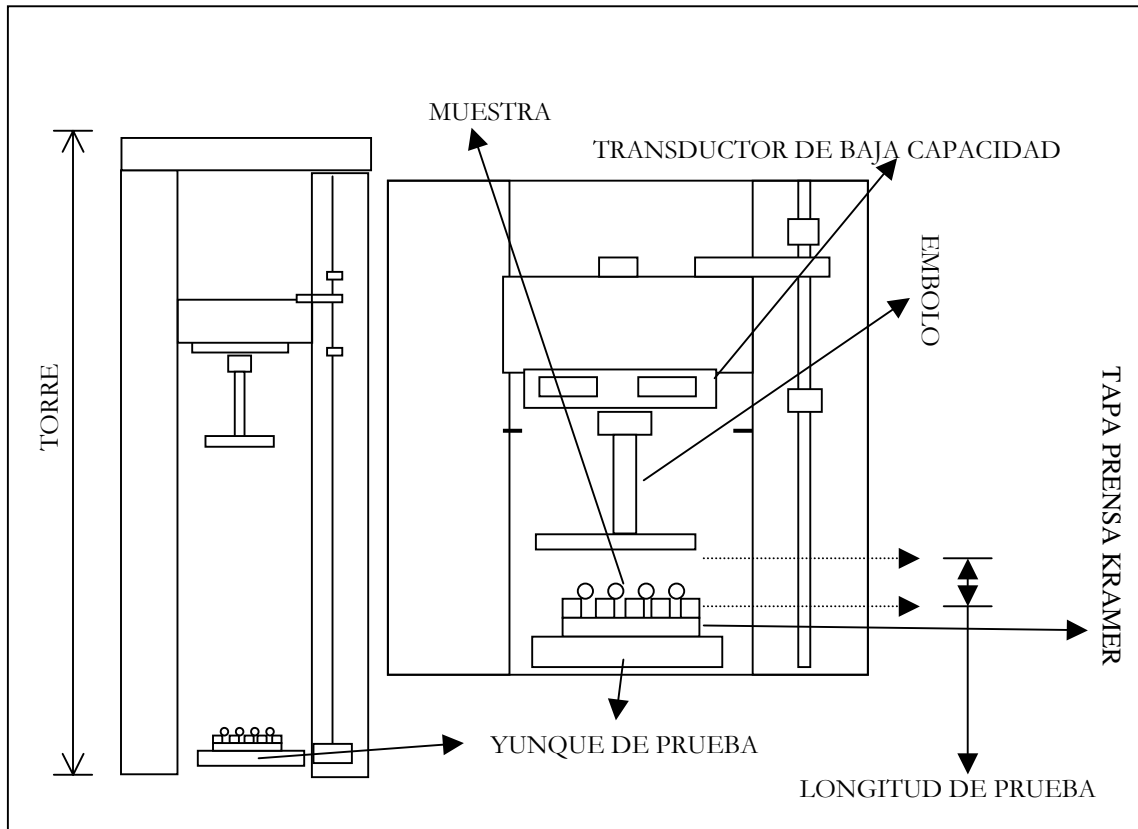


FIGURA 3 Esquema de aplicación de método 1 (colectivo) de compresión

3.3.3 Ensayos complementarios. Junto con la determinación de color y fuerza-deformación de la murta se realizaron ensayos complementarios con el fin de poder caracterizar los tratamientos. Los ensayos fueron realizados transcurridos diez días de realizado el tratamiento térmico estos son los siguientes:

- Verificación de la presencia o ausencia de microorganismos
- Medición de pH (potenciométrico)
- Medición de sólidos solubles del medio de cobertura.

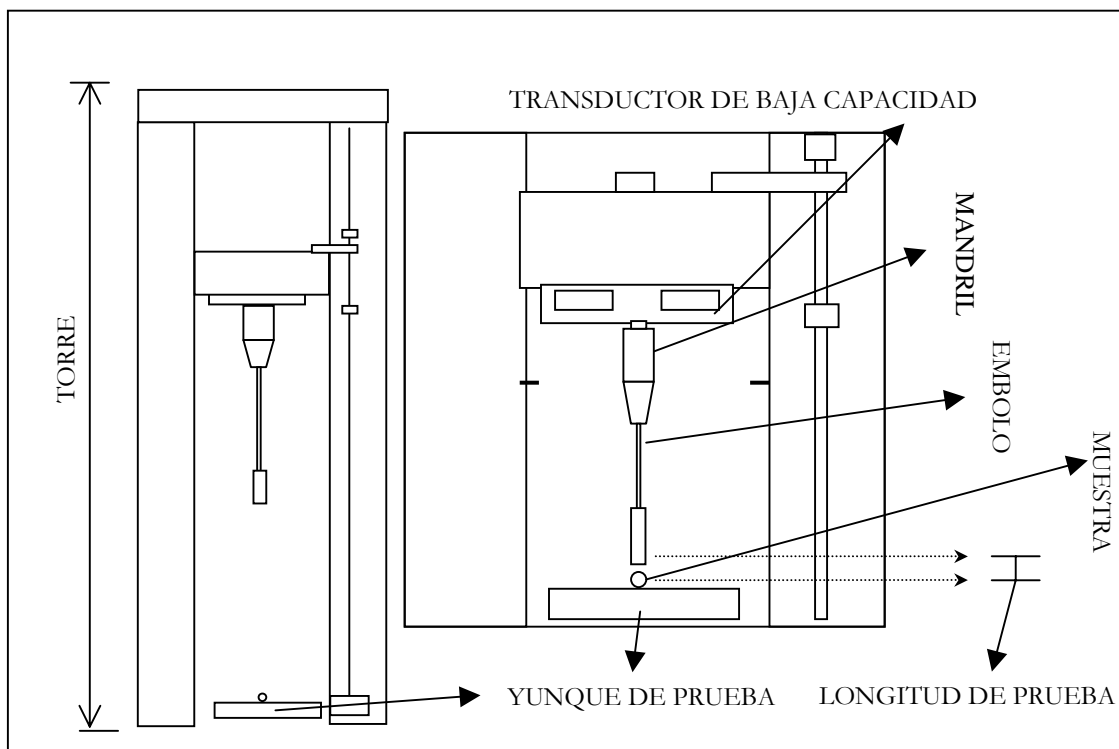


FIGURA 4 Esquema de aplicación de método 2 (individual) de compresión.

3.4 Diseño experimental

Para este estudio se propuso el diseño experimental mostrado en el CUADRO 2. Para la determinación de color y evaluación sensorial de color se realizaron tres ensayos con cinco repeticiones por tratamiento con un total de 90 muestras por ensayo. Para la determinación de textura (fuerza-deformación) en el método 1 (colectivo) se realizó un ensayo con 5 repeticiones por tratamiento y para el método 2 (individual) se realizó un ensayo con 20 repeticiones por tratamiento.

CUADRO 2. Diseño experimental

FACTOR	VALORES	NIVELES
Lote	A (2001), B (2000)	2
Tiempo de tratamiento térmico	5, 30, 60 min	3
Temperatura de tratamiento térmico	60, 75, 90 °C	3
Total tratamientos		18

3.5 Análisis de los datos

Consistió en el uso del *software Statgraphics Plus 5.0* en el análisis de varianza previa prueba de homogeneidad; en la eventualidad de presentarse diferencia estadística entre los factores estudiados, se realizó la prueba de comparación de promedio de Tukey cuyo resultado es presentado en forma gráfica. Finalmente en el caso de no poder ser aplicado el análisis de varianza a los datos se procedió a utilizar el gráfico de *Box and Whisker* para analizar el comportamiento de las muestras en forma individual, así como también, el análisis de tendencias que presentan los datos en su conjunto.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

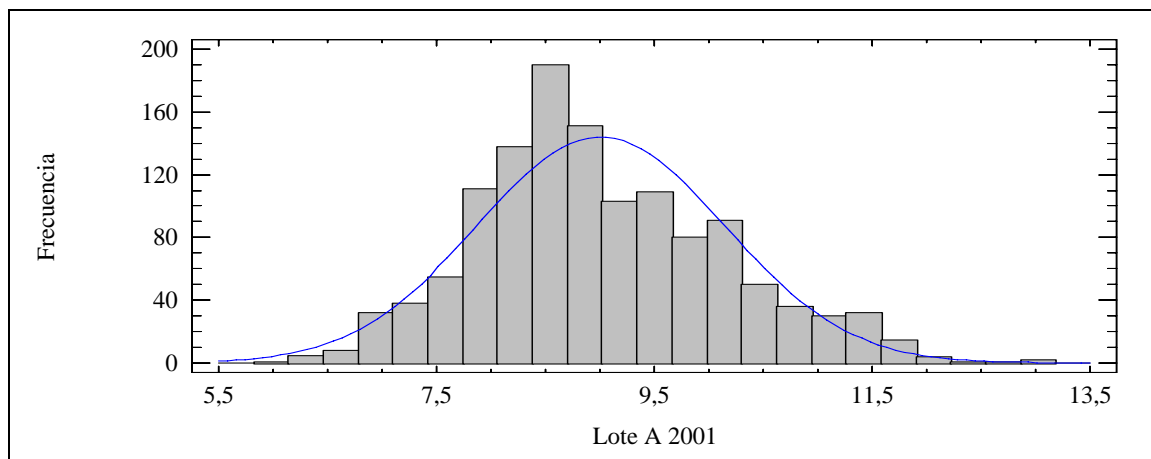
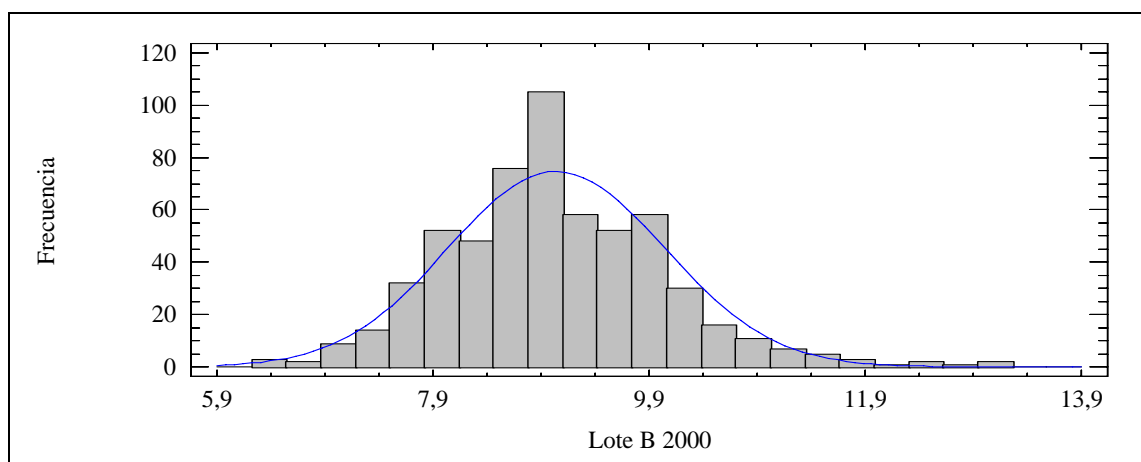
4.1 Ensayos y mediciones preliminares.

Los resultados de ensayos y mediciones preliminares cuyo objetivo fue ensayar, probar y conocer el comportamiento de la murta frente a diversas metodologías, son presentados a continuación.

4.1.1 Características de tamaño de murta. Los resultados de la medición de diámetro ecuatorial después de realizada la selección son presentados en el CUADRO 3. Analizando estos se observa que los promedios de ambas poblaciones son aproximadamente iguales entre sí con un valor de 9,01 mm para el lote A (2001) y de 9,04 mm para el lote B (2000) lo cual presenta semejanza en el diámetro ecuatorial con los valores citados en el capítulo dos (VENEGAS *et al.*, 1993; HEVIA, 1993), esto indica que las muestras utilizadas en este estudio no difieren en cuanto al tamaño respecto de las muestras analizadas en otros estudios. En cuanto, a la dispersión de los datos se observa en el CUADRO 3 que la muestra proveniente del lote A (2001) presenta una mayor desviación estándar 1,14 mm respecto de la muestra proveniente del lote B (2000) con un valor de 1,00 mm. Con respecto a la varianza, estas presentan valores de 1,29 mm² para el lote A (2001) y para el lote B (2000) de 1,01 mm². En las FIGURAS 5 y 6 se observa el histograma de distribución de frecuencia de las muestras de ambas poblaciones, en ellas se observa que las muestras presentan una forma semejante a una población normal con un leve sesgo negativo en ambos casos. Esta variación puede atribuirse al efecto de selección del fruto, debido a que se observa de forma cualitativa una menor resistencia de los frutos de mayor tamaño, hecho mostrado para el lote A (2001) por los resultados del ensayo presentes en el CUADRO 5 en donde se observa una diferencia en la fuerza requerida para romper la murta, aproximadamente igual al doble del valor entre el mayor y menor calibre.

CUADRO 3. Distribución del diámetro ecuatorial en murta (*Ugni molinae* Turcz).

Parámetro	Unidades	Lote A (2001)	Lote B (2000)
Peso	g	596	259
Número de muestras, n	Unidades	1283	587
Diámetro promedio, d	mm	9,01	9,04
Varianza, s^2	mm ²	1,29	1,01
Desviación estándar, s	mm	1,14	1,00
Diámetro mínimo	mm	5,90	6,30
Diámetro máximo	mm	12,95	13,00
Rango	Mm	7,05	6,70

**FIGURA 5. Histograma de frecuencia del diámetro ecuatorial de murta para el lote A (2001).****FIGURA 6. Histograma de frecuencia del diámetro ecuatorial de murta para el lote B (2000).**

4.1.2 Selección de método para la determinación de color. Para realizar la medición de color en la murta, se realizaron pruebas usando atlas de colores, escalas de colores comerciales, soluciones coloreadas y medición instrumental a través del uso de colorímetro triestímulo para sólido y líquido.

El uso de atlas de color y escalas de color mostró ser un medio no apropiado, debido a que introduce otra fuente de variación, como lo es el uso de jueces. Junto con esto, se requiere un mayor período de ejecución y análisis de las pruebas. En cuanto al uso de soluciones coloreadas, esto requiere la selección de un compuesto que exhiba un color semejante al de la murta, medidas y estandarización de concentraciones, entre otros parámetros. En general estos medios presentaron la dificultad de poder determinar el color de forma precisa debido a que no cuentan con todos los colores exhibidos por la murta, además, requieren en forma permanente cuidados y verificaciones que aseguren que el color se mantiene constante a través del tiempo, hecho que en general desemboca en una medición instrumental.

En cuanto al uso de la medición instrumental de color a través del uso de colorímetro triestímulo, probó ser un medio eficaz para determinar el color, debido a que disminuye el tiempo de medición por su fácil manejo. El color es determinado de forma directa a través del uso de carta de color CIE-XYZ (presentada en anexo 4) previa transformación usando las ecuaciones (1a) y (1b) presentes en capítulo dos. Sin embargo, en el caso del colorímetro para sólidos fue necesario tomar en cuenta la forma y tamaño del fruto esto es debido a que el fruto se asemeja a una esfera pequeña (LAVIN y VEGA, 1996), el cual no exhibe una superficie plana lo suficientemente grande para cubrir la cubeta en un 25% como se presenta en la FIGURA 7, de acuerdo a lo requerido por el equipo empleado en esta medición. Por esta razón, se optó por extraer la piel del fruto, fraccionarla y convertirla en una pasta, de acuerdo al procedimiento descrito en el **anexo 5d**, y posteriormente comparar estos resultados respecto de la determinación de color en fruto entero cuyos resultados son presentados en el CUADRO 4 .

En él se observa una mayor diferencia en los resultados obtenidos para el parámetro Y en donde la diferencia en ambos casos es de 0,13 puntos, en cambio, la diferencia presentada en el parámetro X es 0,06 y 0,04 puntos para el lote A y B respectivamente.

En cuanto, al color de ambas mediciones se puede afirmar que las lecturas logradas a través de la obtención de la piel del fruto son más confiables que las lecturas obtenidas usando el fruto entero; esta afirmación se basa en el color exhibido por la murta, el cual es más próximo a las lecturas obtenidas usando la piel del fruto que se ubican en la zona del rojo-púrpura, lo cual concuerda con lo descrito por HEVIA *et al.* (1993) y LANDRUM y DONOSO (1990); en cambio, las lecturas obtenidas usando el fruto entero son cercanas al púrpura-rosa naranjo-rosa de acuerdo a la carta color CIE XYZ presentada en anexo 4. Esto puede ser atribuido al tipo de reflexión que se produce, al emplear fruto entero se producen espacios vacíos en la superficie de la cubeta, en cambio, al emplear la piel del fruto se cubre la superficie necesaria para producir **reflexión difusa** (FRANCIS Y CLYDESDALE, 1975) requerida por el equipo.

CUADRO 4. Determinación de color en fruto entero descongelado y piel de fruto.

LOTE	Piel de fruto		Fruto	
	X	Y	X	Y
A (2001)	0,48	0,18	0,42	0,31
B (2000)	0,51	0,21	0,47	0,34

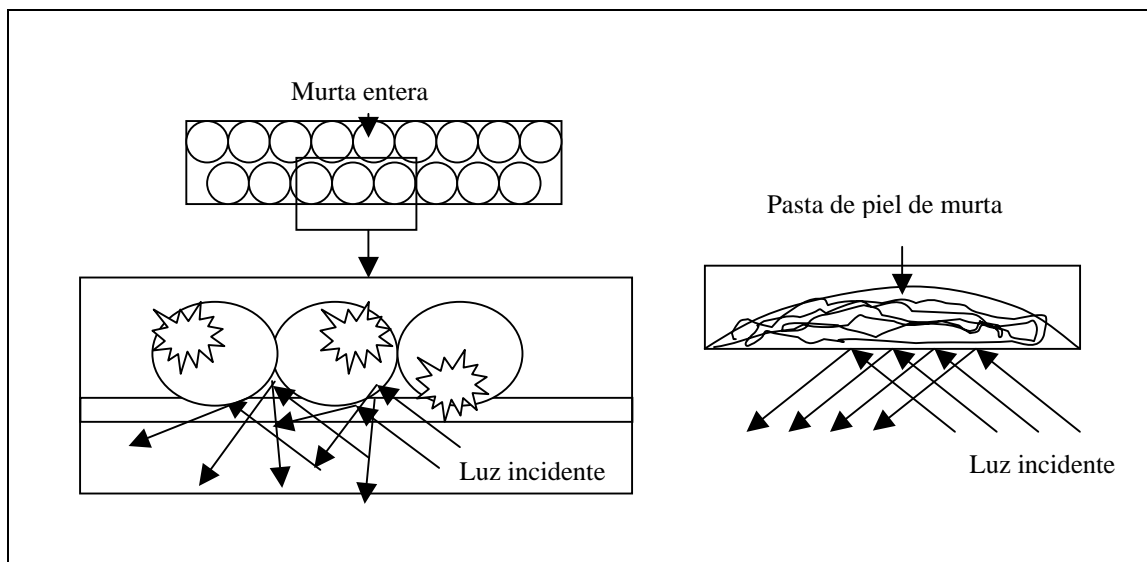


FIGURA 7. Esquema de incidencia de la luz entre murta entera y piel de murta.

4.1.3 Selección de método y medición de propiedades de textura mecánica. La determinación de propiedades de textura tuvo como objetivo probar y ensayar métodos que permitieran medir estos parámetros. Para ello se probaron diferentes metodologías de medición usando principalmente el texturómetro universal Instron, entre las cuales se cuenta: punción, corte, extrusión reversa y compresión usando la prensa Kramer y compresión.

Estos métodos en su mayoría probaron no ser efectivos debido a la dificultad de interpretación de resultados como lo es en caso de la extrusión reversa y compresión usando la prensa Kramer, baja sensibilidad mostrada por el equipo en el caso del corte y punción. En el caso de la compresión, esta metodología mostró un mejor desempeño debido a la fácil ejecución e interpretación de sus resultados.

Sin embargo, en todos los métodos se observó la influencia de las características exhibidas por la murta el cual es descrito como un fruto pequeño con forma globosa (LAVIN y VEGA, 1996) y una pared firme (HEVIA *et al.*, 1993). También se hace presente la influencia en las propiedades mecánicas, la interacción epicarpio-pulpa, de forma semejante como sucede en el caso de la zarzamora (CHÁVEZ *et al.*, 2000). Esto implica la existencia de tres factores propios de la murta (*Ugni molinae* Turcz) que determinan las propiedades de textura mecánicas del fruto, los cuales son de carácter geométrico, de tamaño y de constitución. Otro factor detectado, que no es propio de la murta, se refiere a la sensibilidad del equipo empleado.

Por estas razones, se propuso y se evaluó dos métodos de compresión, para determinar las propiedades mecánicas de la murta (*Ugni molinae* Turcz), usando el texturómetro Universal Instron, cuya base son los métodos de compresión citado por HAGER (1997) y el método de análisis de perfil de textura citado por BOURNE (1982), cuyo procedimiento se encuentra descrito en anexo 5 b y c denominados métodos 1 y 2 de compresión.

En tanto, para controlar los factores mencionados anteriormente, se usaron los siguientes criterios.

- ❖ Para la geometría de la murta, se consideró en ambos métodos a la murta, como un sistema con **forma de esfera**, compuesto por una masa pastosa o pulpa

contenida por una piel firme, la cual es responsable de la resistencia que presenta el fruto.

- ❖ Para el factor **tamaño**, se procedió a seleccionar fruto de tamaño alrededor del promedio del diámetro ecuatorial de 9 mm de acuerdo a la distribución presentada por las muestras de ambas poblaciones. Pruebas preliminares mostraron la incapacidad de poder obtener resultados plausibles aplicando el método 1, sin considerar este factor. Para demostrar este hecho, se realizó un ensayo con un diseño 3^2 , donde los factores fueron calibre del diámetro ecuatorial (diámetro <7 mm, diámetro >7 - <10 mm y diámetro >10 mm) y tiempo de tratamiento (5, 30 y 60 minutos) a temperatura constante de 90 °C. Los resultados de este ensayo son presentados en el CUADRO 6, el análisis estadístico, muestra que el factor calibre posee un efecto significativo tanto sobre la **firmeza** definido como el punto de ruptura (TRUONG *et al.*, 1998) como en la **deformación máxima**, mostrando el calibre respecto de la fuerza una relación inversamente proporcional, tal como se aprecia en la FIGURA 8. En tanto, en el caso de la relación del calibre respecto de la deformación máxima, se muestra una relación directamente proporcional, tal como se aprecia en la FIGURA 9.
- ❖ En cuanto al factor **constitución**, que se refiere a la interacción epicarpio-pulpa, este constituye objeto de estudio, sin embargo, la acción indirecta en tal sentido fue la selección del fruto de acuerdo a su estado, descrito en el capítulo 3, observándose en las muestras un leve sesgo negativo, lo cual indica una mayor fuerza máxima de compresión en la murta de menor calibre y una mejor aptitud para su manipulación.

Con respecto a la sensibilidad del equipo empleado, se procedió de dos formas. La primera fue usar un tamaño de muestra grande como el usado en el método 1 de compresión (colectivo) en donde se usó 5 gramos de murta de un tamaño previamente definido. En el segundo caso, se procedió a reducir la velocidad en la medición. Ensayos preliminares mostraron que la murta exhibe valores de firmeza muy bajas comparadas por ejemplo con manzana, pera, plátano y arándano, de acuerdo a los resultados

presentes en el CUADRO 5, lo que implica usar una velocidad de compresión muy baja debido a la menor resistencia de la murta.

CUADRO 5. Resultados de aplicación del método 2 de compresión en otras frutas.

Fruta	Firmeza N	Deformación máxima mm	Penetrómetro kg/cm ²
Arándano	7,5 ±2,9	3,3 ±0,80	-
Manzana	14,6 ±4,0	6,8 ±0,48	4,4 ±0,5
Murta lote A (2001)	3,3 ±1,5	6,9 ±0,83	-
Murta lote B (2000)	2,7 ±1,6	7,1 ±0,59	-
Pera	40,8 ±4,7	5,8 ±0,57	7,4 ±2,2
Plátano	7,4 ±2,3	5,5 ±1,20	1,1 ±0,2

Nota: Los resultados expuestos son el promedio de 15 repeticiones para cada fruta. - = No registrado

CUADRO 6. Determinación de fuerza máxima de compresión en ensayo preliminar con respecto al calibre

Calibre diámetro ecuatorial mm	Tiempo min	Firmeza N	Deformación máxima mm
< 7	5	23,2 ±8,4	5,34 ±0,74
	30	20,6 ±4,7	5,52 ±0,45
	60	21,9 ±4,3	4,94 ±0,47
>7 - < 10	5	12,6 ±3,8	6,12 ±0,65
	30	17,0 ±4,0	5,56 ±0,63
	60	13,0 ±3,8	5,84 ±0,92
> 10	5	9,1 ±2,3	6,88 ±0,65
	30	10,5 ±5,5	6,92 ±0,98
	60	12,5 ±4,5	5,78 ±0,67

Nota: Los resultados expuestos en el cuadro anterior son el promedio de cada tratamiento, para cada tratamiento se usaron 5 repeticiones.

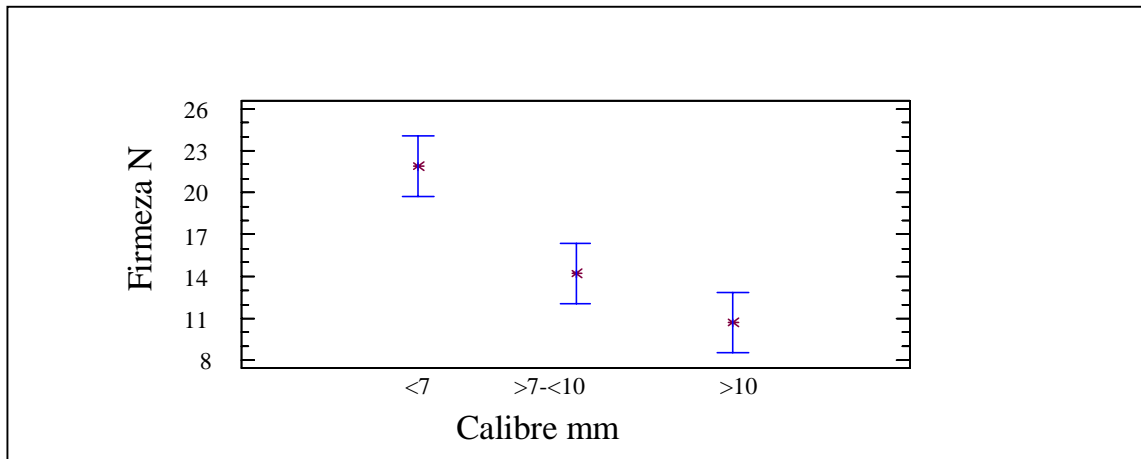


FIGURA 8. Comparación de promedios de firmeza con respecto al calibre.

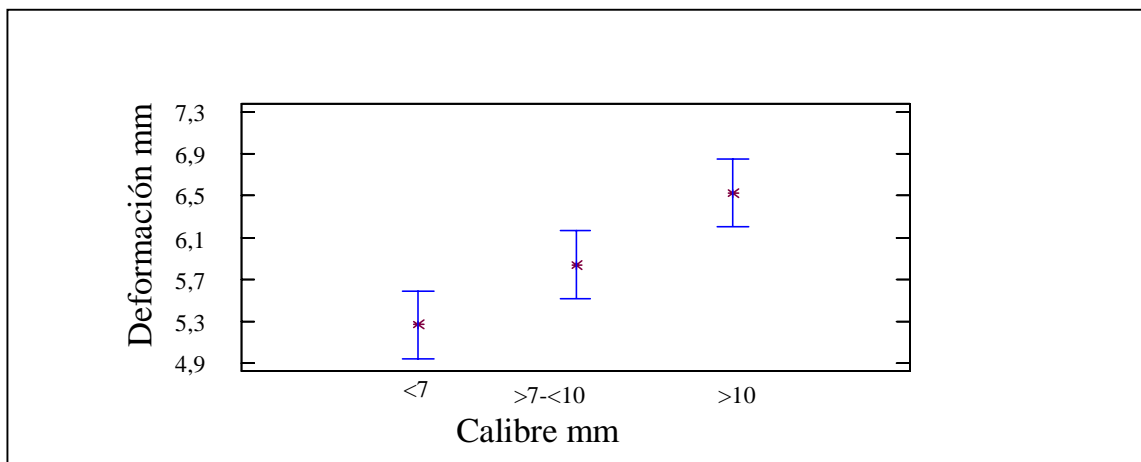


FIGURA 9. Comparación de promedios de deformación máxima respecto al calibre.

Para **medir** los atributos mecánicos de textura, se usó la definición general de textura propuesta por ANZALDUA-MORALES (1994). Para ello se sometió la murta a una deformación a través de la acción de una fuerza, usando un émbolo hasta su ruptura, obteniéndose experimentalmente el perfil distancia versus fuerza, tal como se muestra en la FIGURA 10. En ella se observan dos curvas: una superior semejante a las FIGURA 1 análisis de perfil de textura en la primera compresión y FIGURA 2 método de compresión, la cual corresponde a una medición realizada usando el método 1. En esta curva aparecen destacados cuatro puntos (**A**, **B**, **C** y **D**). El punto **A**, corresponde a la posición donde se realiza el contacto entre el émbolo y el fruto. Entre los puntos **A** y **B**,

corresponde a la zona de incremento de la fuerza, mientras se realiza la compresión del fruto con el émbolo. Esta zona presenta un comportamiento con concavidad bajo la diagonal entre ambos puntos, lo cual de acuerdo a lo citado por HAGER (1997), la murta presenta un comportamiento característico de un sólido.

En el punto **B** (*peak 1*) corresponde a la **firmeza** (TRUONG *et al.*, 1998) o **fuerza de compresión máxima** y **deformación máxima** de acuerdo a lo citado por HAGER (1993) o **fracturabilidad** de acuerdo a lo citado por BOURNE (1982); en otras palabras, se produce el colapso en la piel del fruto con su consiguiente ruptura. En este punto se observaron dos comportamientos, el primero la ruptura del fruto era acompañada de un leve chasquido, presentado un perfil como el mostrado en la FIGURA 10, donde se aprecia una disminución de la fuerza entre los puntos B y C. En cambio, el segundo comportamiento observado, produjo solo una ruptura relajada de la pared del fruto, dando origen a perfiles suaves y continuos en donde no se observó una disminución en la fuerza registrada por el equipo a medida que avanzaba la prueba.

Entre los puntos **B** y **C** se produce un descenso de la fuerza, producto de la salida del contenido del fruto, con un posterior ascenso en la medición de la fuerza (**C-D**), producto de la compresión del fruto molido y la pulpa del fruto adyacente. Este mismo hecho, es presentado de acuerdo al funcionamiento del equipo en la FIGURA 11.

La curva inferior corresponde a una medición de fuerza–deformación ampliada. En ella, se observa una gran variación y oscilación en la fuerza, a medida que se realiza la prueba. Comportamiento que puede ser atribuido a la destrucción de las estructuras internas que componen el fruto, flujos internos de reordenamiento debido a la compresión entre la pulpa y las semillas, los puntos **A** y **B** corresponden a la misma descripción dada para la curva anterior.

No obstante, los datos entregados por el equipo empleado son sólo puntuales, es decir, matemáticamente discretos y no continuos. Con respecto a las gráficas su función es sólo cualitativa y sirven para observar el comportamiento del fruto durante su compresión. Sin embargo, la medición de **firmeza**, **fuerza de compresión máxima** o **fracturabilidad** definida como la fuerza máxima para lograr una ruptura, **deformación máxima**, **rigidez** y **deformación relativa** (expresada como porcentaje) necesaria para la

ruptura del fruto bajo condiciones determinadas previamente es útil para la evaluación del efecto de tratamiento térmico y están en concordancia con los objetivos de este estudio. Otra propiedad de textura mecánica que es posible determinar es la **dureza** definida como la fuerza necesaria para lograr una deformación fija o un determinado porcentaje de deformación. Sin embargo, no está claro que nivel de deformación se requiere para la ruptura de la murta, colocando a la **dureza** en este caso en una posición de importancia relativa.

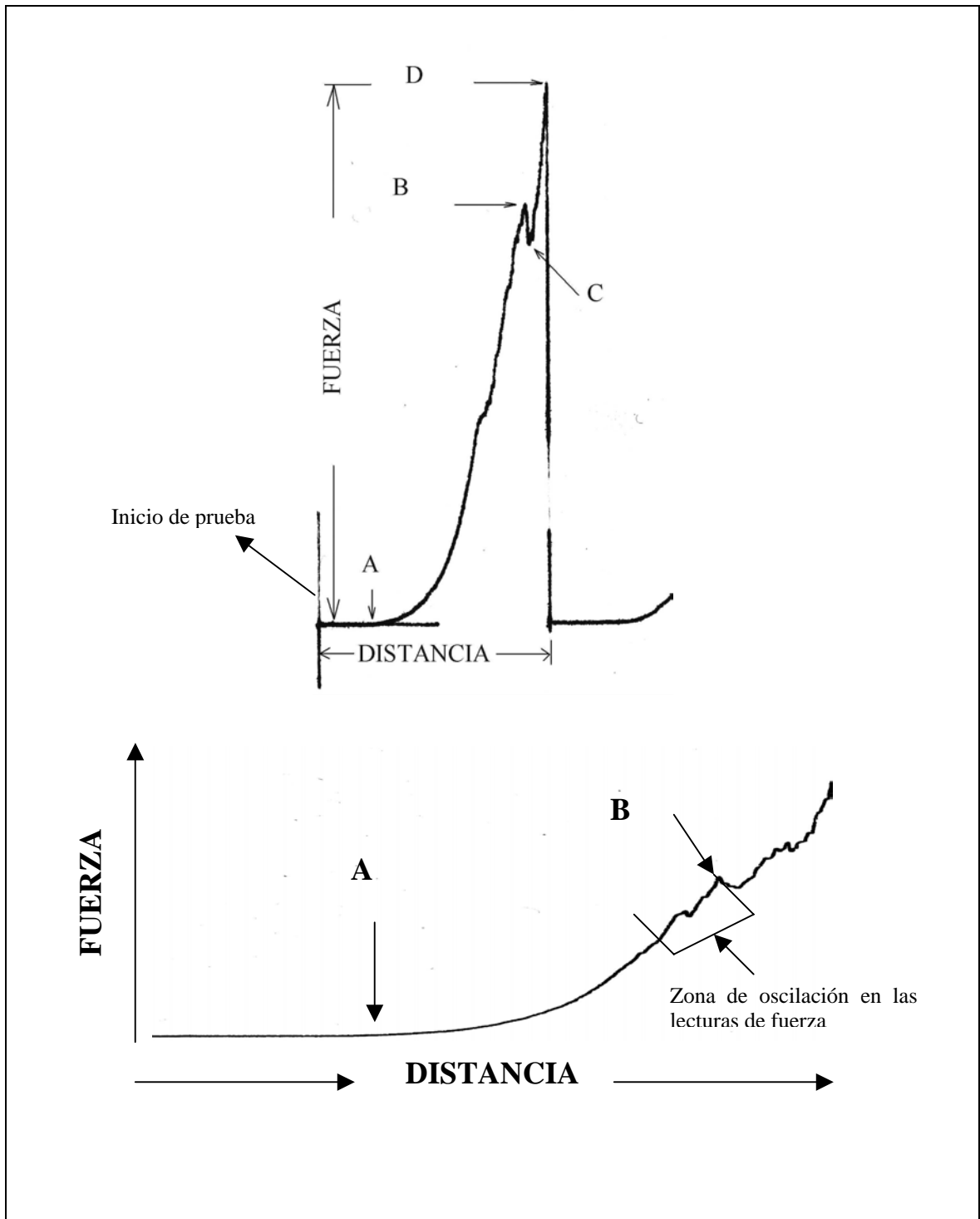


FIGURA 10. Perfil de distancia versus fuerza en Murta (*Ugni Molinae Turcz*) usando el método 1 de compresión

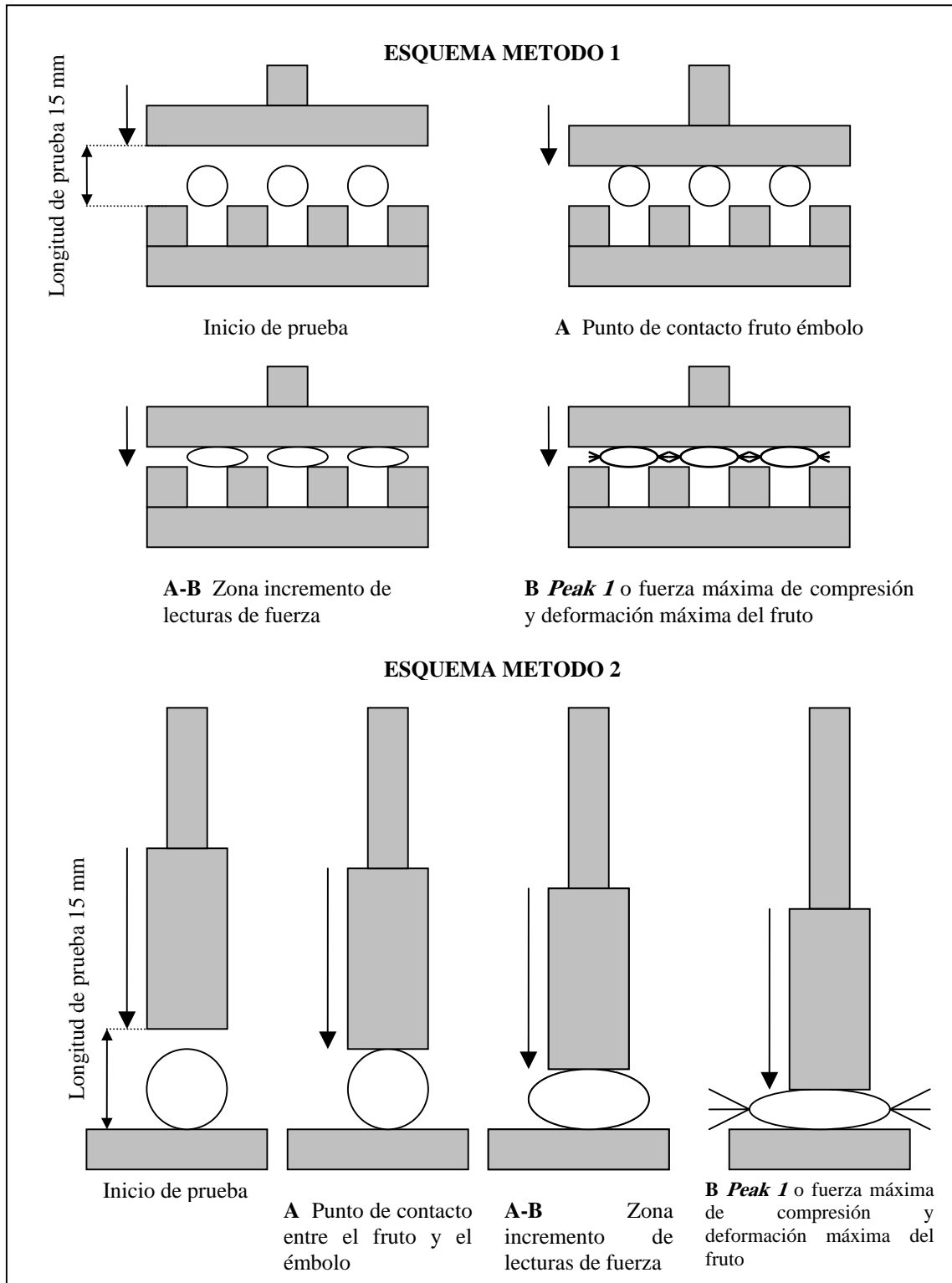


FIGURA 11. Esquema de funcionamiento de los métodos de compresión

4.2 Aplicación del tratamiento térmico

Los resultados de la aplicación del tratamiento térmico a la murta (*Ugni molinae* Turcz), cuyos objetivos fueron evaluar el efecto de tratamiento térmico sobre el color y las propiedades textura mecánicas, evaluar sensorialmente la aceptación del color comprendido como intensidad y caracterizar los tratamientos, son presentados a continuación.

4.2.1 Historial de tratamiento térmico. En la FIGURA 12 se presenta un ejemplo de las curvas características obtenidas de la aplicación de los tratamientos térmicos, en él se muestra el historial tiempo-temperatura de los diferentes tratamientos realizados. Se observa la forma característica de un tratamiento térmico aplicado a un alimento, lo cual indica que la murta no tiene un comportamiento diferente. Esto se traduce en un rápido calentamiento de las muestras, reflejado en el ascenso rápido de la temperatura. Seguido por una estabilización de la temperatura de las muestras cuando éstas llegan a la temperatura del medio y posteriormente un descenso de la temperatura de las muestras al retirar del medio de tratamiento. Las muestras alcanzan la temperatura del medio en un tiempo que fluctúa entre los 5 a 8 minutos aproximadamente.

Esto indica que la murta puede ser estudiada en el ámbito cinético o de sus propiedades termofísicas, bajo las misma leyes y métodos que se ajustan los alimentos de origen vegetal. Sin embargo, esta perspectiva no está dentro de los objetivos de este estudio.

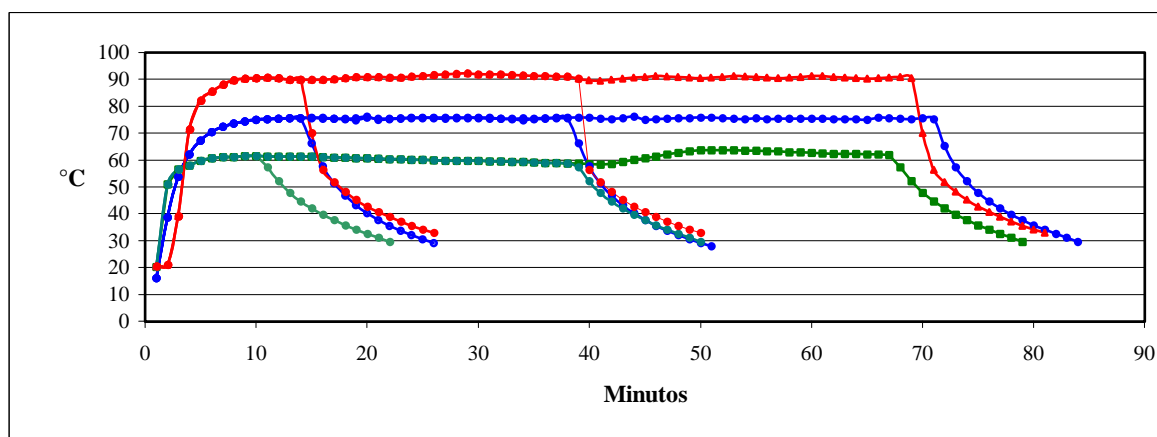


FIGURA 12. Historial de tratamiento térmico

4.2.2. Variación del contenido de sólidos solubles. La medición del contenido de **sólidos solubles** en grados Brix, fue realizada sobre el líquido de cobertura a los diez días de realizado el tratamiento térmico y cuyos resultados son presentados en el CUADRO 7. De acuerdo al análisis estadístico realizado, muestra que todos los factores estudiados y sus interacciones presenta efecto significativo sobre el contenido de sólidos solubles presente en el líquido de cobertura.

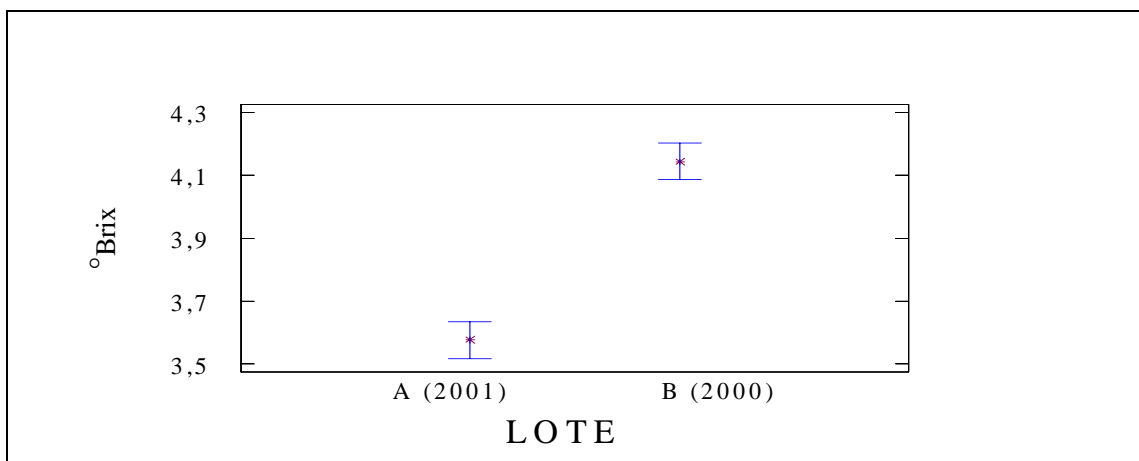
Aplicando la prueba de Tukey para los factores que presentaron efecto significativo, se encontró un mayor valor del contenido de sólidos solubles del lote B (2000) con un promedio de 4,14 °Brix respecto del lote A (2001) con un promedio de 3,57 °Brix tal como se observa en la FIGURA 13. Este hecho puede atribuirse a la actividad enzimática (LO *et al.*, 2002) durante el tiempo de almacenamiento que es mayor en el lote B, la cual ocasiona deterioro y degradación de sustancias insolubles a solubles.

Con respecto al factor temperatura y tiempo en ambos caso se observa el mismo comportamiento como se puede apreciar en las FIGURAS 14 y 15 respectivamente, en donde se aprecia que los niveles de 60 y 75 °C no presentan diferencia estadística entre sí, en cambio, respecto de los tratamientos realizados a 90 °C se presenta una leve diferencia. De manera similar ocurre en el caso del factor tiempo, en donde los niveles de tratamiento realizados a 5 y 30 minutos no presentan diferencia entre sí, no obstante, se presenta una diferencia respecto de los tratamientos realizados a 60 minutos. El efecto combinado de estas variables puede explicar en cierta forma el grado de interacción estadística que existe. Al respecto del efecto de las variables tiempo y temperatura sobre la pared celular de tejidos vegetales, FENNEMA (1993) indica que el efecto neto es la pérdida de la integridad de la membrana celular liberándose ácidos y enzimas, sin dejar de mencionar el efecto de estas variables sobre los mecanismos difusionales (GEANKOPLIS, 1986; MC CABE y SMITH, 1968).

Analizando individualmente cada tratamiento en el CUADRO 7 se observa que el tratamiento que posee el mayor valor promedio es el tratamiento perteneciente al lote B realizado a 75 °C y 60 minutos con un valor de 4,80 °Brix. Por otro lado, los tratamientos que presentaron el menor valor son los pertenecientes al lote A con una valor de 3,20 °Brix realizados a 60 °C y 60 minutos y 75 °C y 5 minutos.

CUADRO 7. Sólidos solubles en °Brix en el líquido de cobertura.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	Sólidos solubles °Brix
A	60	5	3,40 ±0,12
		30	3,40 ±0,10
		60	3,20 ±0,14
	75	5	3,20 ±0,10
		30	3,49 ±0,14
		60	3,70 ±0,32
	90	5	4,00 ±0,30
		30	3,90 ±0,18
		60	3,90 ±0,04
B	60	5	4,10 ±0,29
		30	4,40 ±0,15
		60	4,10 ±0,13
	75	5	3,90 ±0,17
		30	3,50 ±0,30
		60	4,80 ± 0,36
	90	5	4,00 ±0,18
		30	3,90 ±0,04
		60	4,60 ±0,33

**FIGURA 13. Comparación de promedio de sólidos solubles respecto al lote.**

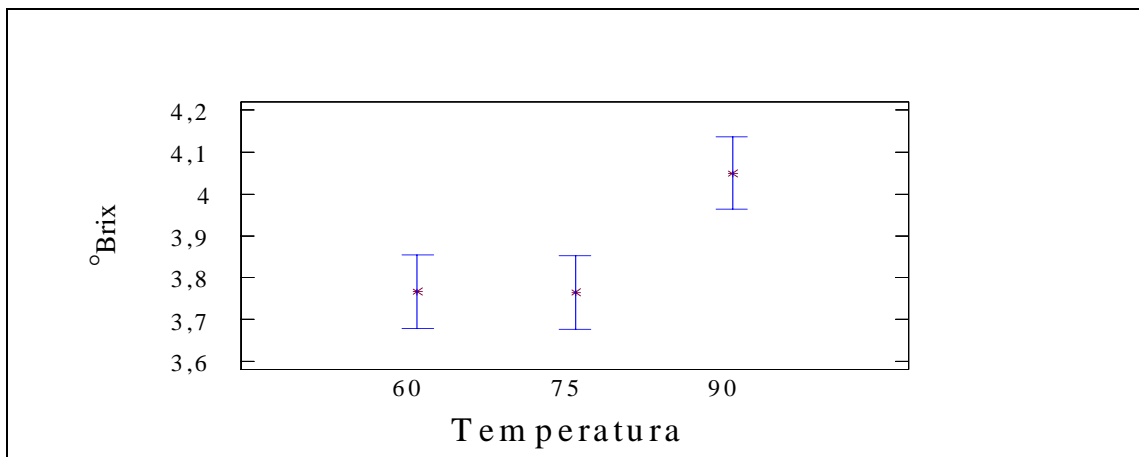


FIGURA 14. Comparación de promedio de sólidos solubles respecto a la temperatura.

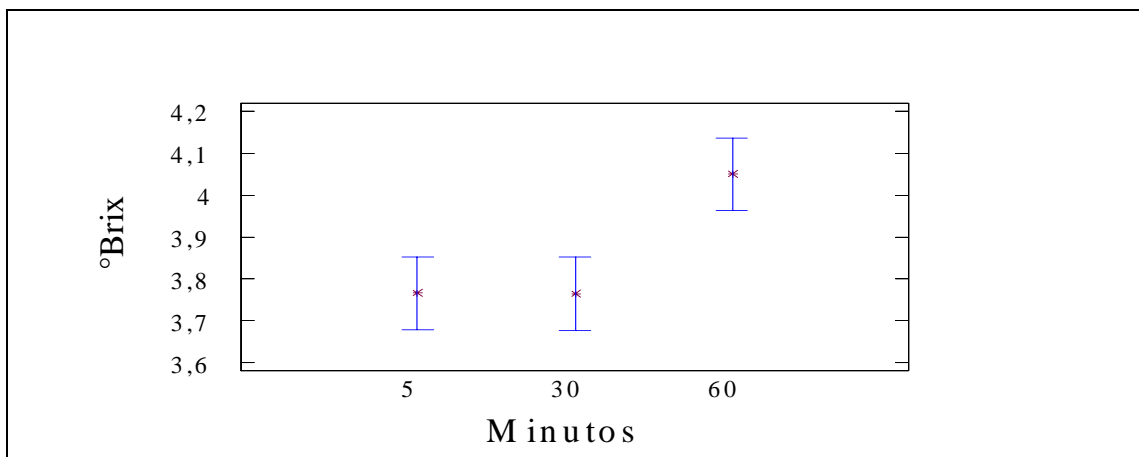


FIGURA 15. Comparación de promedio de sólidos solubles respecto al tiempo de tratamiento.

4.2.3. Variación del pH. Los resultados experimentales de la **medición de pH** realizada en el líquido de cobertura son presentados en el CUADRO 8. Del análisis estadístico realizado a los datos, se muestra que no existe efecto significativo de los factores implicados (lote, tiempo de tratamiento y temperatura), así como también, de las interacciones. Lo anterior indica que el valor de pH que presentan los distintos tratamientos es igual estadísticamente. Ubicándose este entorno a los 3,63 para el lote A y 3,67 para el lote B con un promedio general de 3,65. Individualmente los tratamientos que presentaron el mayor y menor valor de pH son los pertenecientes al lote B realizado

a 60 °C por 5 min con un valor de 3,94 y al lote A realizado a 75 °C por 60 min con un valor de 3,49.

4.2.4 Control de presencia-ausencia de microorganismos. Los resultados de **control de presencia-ausencia de microorganismos** en los tratamientos después de 10 días son presentados en el CUADRO 9. En él se puede observar, que los tratamientos realizados a 60 °C presentaron desarrollo de microorganismos. Estos resultados indican el escaso valor esterilizante que poseen los tratamientos realizado a 60 °C, respecto de los tratamientos realizados a 75 y 90 °C los cuales no presentaron desarrollo de microorganismos. En cada tratamiento se uso un número de 5 unidades de muestra.

CUADRO 8. Medición de pH del líquido de cobertura en los tratamientos.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	pH
A (2001)	60	5	3,69 ±0,23
		30	3,50 ±0,16
		60	3,57 ±0,26
	75	5	3,60 ±0,16
		30	3,75 ±0,27
		60	3,49 ±0,30
	90	5	3,78 ±0,28
		30	3,65 ±0,17
		60	3,67 ±0,04
B (2000)	60	5	3,94 ±0,28
		30	3,69 ±0,13
		60	3,67 ±0,12
	75	5	3,53 ±0,16
		30	3,58 ±0,12
		60	3,64 ±0,15
	90	5	3,62 ±0,26
		30	3,78 ±0,17
		60	3,65 ±0,13

CUADRO 9. Control de presencia o ausencia microorganismos.

Tratamiento		Unidades con crecimiento de microorganismos de un total de 5 unidades	
Temperatura °C	Tiempo Min	Lote A (2001)	Lote B (2000)
60	5	2	2
	30	2	1
	60	2	1
75	5	0	0
	30	0	0
	60	0	0
90	5	0	0
	30	0	0
	60	0	0

4.3 Determinación de color

Los resultados de la determinación de color en la piel del fruto y líquido de cobertura son presentados en los cuadros 10 y 11, analizados de acuerdo a la descripción de color en la carta CIE-XYZ presentada en anexo 4.

Para el **líquido de cobertura** el promedio de X para ambos lotes es de 0,41, en cambio, para Y es de 0,38 y 0,37 para el lote A y B respectivamente existiendo una diferencia de 0,01 punto, ubicándose estos puntos en la carta de color en la zona del naranjo a naranjo amarillo.

De forma cualitativa, se observó en los tratamientos, una variación del color del líquido de cobertura, desde rosa muy tenue después de aplicado el tratamiento térmico a colores: amarillo, naranjo-amarillo, naranjo-rosa y rosa para los tratamientos realizados a 60 y 75 °C por 5, 30 y 60 minutos; esta variación se observó en los tratamientos de menor a mayor intensidad en el tratamiento térmico, predominando los tonos amarillos. Respecto de los tratamientos realizados a 90 °C se observó una variación a colores naranjo-rosa y rosa a amarillos desde menor a mayor tiempo de tratamiento.

CUADRO 10. Medición de color en el líquido de cobertura.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	X	Y	Descripción de color carta CIE-XY.
A (2001)	60	5	0,43	0,37	Naranja
		30	0,41	0,37	Amarillo
		60	0,40	0,36	Amarillo
	75	5	0,42	0,37	Amarillo
		30	0,37	0,34	Púrpura – Rosa
		60	0,38	0,43	Naranja – Amarillo
	90	5	0,43	0,36	Rosa
		30	0,43	0,36	Rosa
		60	0,39	0,44	Amarillo
B (2000)	60	5	0,43	0,38	Amarillo
		30	0,44	0,38	Amarillo
		60	0,43	0,38	Amarillo
	75	5	0,39	0,36	Amarillo – Rosa
		30	0,43	0,37	Naranja – Rosa
		60	0,39	0,35	Naranja – Rosa
	90	5	0,40	0,35	Naranja – Rosa
		30	0,42	0,35	Naranja – Rosa
		60	0,40	0,44	Amarillo

Nota: se realizaron 3 ensayos con cinco repeticiones por ensayo.

Esta variación de color puede deberse a lo citado por CHAOVANALIKIT y WROLSTAD (2004) que atribuyen la variación de color principalmente a actividad enzimática. Por otro lado GOLASZEWSKI *et al.* (1998) atribuye la variación de color a la polimerización de compuestos fenólicos y antocianinas. Otros autores como KALT *et al.* (2000), HERBACH *et al.* (2004) y GARCÍA-VIGUERA *et al.* (1999) atribuyen la variación de color al efecto del pH. Sin embargo, este hecho puede ser descartado debido a que, este índice es estadísticamente igual para todos los tratamientos e independiente del efecto de los factores estudiados.

Otro hecho importante, es la relación entre la medida de los sólidos solubles del medio de cobertura y el color exhibido. Anteriormente, se observó que los tratamientos del lote B presentan un mayor contenido de sólidos solubles en el medio de cobertura, que el lote A. Por esta razón, se podría esperar que estos tratamientos presentaran una coloración cercanas al rojo característico de la murta (*Ugni molinae* T). Sin embargo, los colores presentados por este lote son predominantemente amarillos o naranja rosa, lo cual indica una variación o degradación del color.

CUADRO 11. Medición de color en la piel del fruto tratado térmicamente.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	X	Y	Descripción de color carta CIE-XY.
A (2001)	60	5	0,48	0,33	Rosa
		30	0,50	0,30	Rojo
		60	0,48	0,36	Naranja-Rosa
	75	5	0,48	0,36	Naranja-Rosa
		30	0,49	0,33	Rosa
		60	0,48	0,31	Rosa
	90	5	0,50	0,31	Rojo
		30	0,48	0,35	Naranja-Rosa
		60	0,43	0,36	Naranja
B (2000)	60	5	0,49	0,35	Naranja-Rosa
		30	0,44	0,39	Amarillo
		60	0,50	0,35	Naranja-Rosa
	75	5	0,48	0,33	Rosa
		30	0,49	0,36	Naranja-Rosa
		60	0,49	0,31	Rosa
	90	5	0,48	0,33	Rosa
		30	0,48	0,35	Rosa
		60	0,51	0,32	Rojo

Nota: se realizaron 3 ensayos con cinco repeticiones por ensayo.

Para la **piel del fruto**, en el CUADRO 11 las mediciones arrojan un promedio para X de 0,48 punto para ambos lotes, en cambio, los promedios para Y fueron de 0,33 y 0,34 para el lote A y B respectivamente con una diferencia de 0,01 punto ubicándose estos puntos en la zona del naranja-rosa y rosa. Presentándose una variación respecto del color original que se ubica en la zona del púrpura-rosa, variación dada por el parámetro Y desde 0,18 y 0,21 a 0,33 y 0,34 puntos para el lote A y B respectivamente.

Cualitativamente para la piel del fruto, no se observó tendencia en el color presentado por los tratamientos y los respectivos niveles de tratamientos predominando los tonos rosas, naranja-rosa, naranja y menor grado rojos y amarillos. No observándose una gran variación del color desde el color exhibido originalmente con excepción del tratamiento perteneciente al lote B realizado a 60°C por 30 minutos que presenta un color amarillo.

En resumen para la variación del color del fruto y del líquido de cobertura, los resultados muestran que producto de la aplicación del tratamiento térmico, la existencia de traspaso de sustancias coloreadas desde el fruto hacia el líquido de cobertura, este hecho se verifica a través del aumento del contenido de sólidos solubles y cambio de color. Esto implica una variación de color del fruto reflejado en el líquido de cobertura, lo que indica la utilidad del líquido de cobertura para evaluar el efecto de tratamiento térmico en la murta y en conjunto con otras determinaciones podría ser útil para evaluar el grado deterioro y madurez entre otros parámetros.

4.4 Medición de propiedades de textura mecánica.

Los resultados de firmeza o fuerza máxima de compresión N, deformación máxima mm, rigidez N/mm y deformación relativa expresada en porcentaje en fruto entero no tratado y tratado térmicamente, usando los métodos 1 y 2 de compresión son presentados a continuación.

En los CUADROS 12 y 13 se muestran los resultados experimentales obtenidos en la determinación de firmeza, deformación máxima, rigidez y deformación relativa en fruto descongelado sin tratamiento térmico usando los métodos 1 y 2 de compresión.

Analizando el CUADRO 12, se observa que los valores de fuerza máxima de

compresión o fracturabilidad del lote A (2001), son mayores que los presentados por el lote B (2000), con valores de 16,2 y 10,7 N respectivamente. En cuanto, a la deformación máxima y porcentaje de deformación registrada, se observa que los valores son próximos entre sí, con valores de 7,6 mm y 16% para el lote A (2001) y de 7,7 mm y 15% para el lote B (2000). En cambio, para la rigidez se observa que el lote A (2001) presenta un valor que equivale a más del doble del valor presentado por el lote B (2000). Estos resultados indican que el lote A (2001), presenta un menor deterioro que el lote B (2000), antes de aplicado el tratamiento térmico. Por otro lado, el punto en donde se produce la ruptura del fruto para ambas muestras es prácticamente el mismo y se ubica alrededor de 15%.

Los análisis estadísticos indican que las varianzas no son homogéneas, mostrando los datos provenientes del lote A (2001) una variación mayor que los datos provenientes del lote B (2000), tal como la observada a través de la desviación estándar de las variables del CUADRO 12.

CUADRO 12. Propiedades mecánicas del fruto descongelado usando el método 1 de compresión.

Lote	Estadígrafo	Firmeza N	Deformación máxima mm	Rigidez N/mm	Deformación relativa %
A (2001)	Promedio	16,2	7,6	22,2	16
	Desviación estándar	7,36	0,9	24,7	10
	Varianza	54,13	0,87	608,23	100
	Muestras	15			
B (2000)	Promedio	10,7	7,7	8,6	15
	Desviación estándar	2,7	0,4	2,7	5
	Varianza	7,43	0,2	7,37	25
	Muestras	15			

En el CUADRO 13, se observa que la desviación estándar de las cuatro variables presentadas son próximas entre sí, mostrando los análisis estadísticos que las varianzas son homogéneas. Sin embargo, el análisis de varianza muestra que no existe diferencia estadística entre ambos lotes, observándose una leve superioridad del lote A en la fuerza

máxima de compresión o firmeza, rigidez y deformación porcentual con valores de 3,3 N, 1,7 N/mm y 24 % respecto del lote B con valores de 1,6 N, 0,4 N/mm y 21%.

CUADRO 13. Propiedades mecánicas del fruto descongelado usando el método 2 de compresión.

Lote	Estadígrafo	Firmeza N	Deformación máxima mm	Rigidez N/mm	Deformación relativa %
A (2001)	Promedio	3,3	6,9	1,7	24
	Desviación estándar	1,5	0,8	0,8	9
	Varianza	2,26	0,7	0,64	0,90
	Muestras	20			
B (2000)	Promedio	2,7	7,1	1,6	21
	Desviación estándar	1,5	0,6	1	7
	Varianza	2,24	0,36	1,07	0,40
	Muestras	20			

Los resultados de la fuerza máxima de compresión o firmeza, deformación máxima, rigidez y deformación relativa usando el método 1 de compresión son presentados en el CUADRO 14. Los análisis estadísticos muestran que las varianzas de las cuatro variables son homogéneas. De acuerdo a esto es posible inferir el efecto de los factores a través de análisis de varianza para las propiedades mecánicas estudiadas.

Para la **firmeza**, los factores que presentaron efecto significativo son: lote y temperatura. El factor lote se presentó una leve superioridad del lote A (2001) respecto del B (2000). Con valores promedios para el lote A de 14,5 N y de 11,5 N para el lote B, tal como se observa en la FIGURA 16. Esto puede ser atribuido a condiciones de almacenamiento y tiempo de almacenamiento, manteniéndose lo mostrado en el fruto sin tratamiento térmico.

Respecto de las condiciones iniciales del fruto se observa para el lote A una disminución de -1,6 N para la firmeza o fuerza máxima de compresión; en cambio, en el lote B se observa un aumento de 0,8 N. Al respecto LO *et al.* (2002), señalan que los tratamientos térmicos permiten mantener en cierta forma los atributos de textura. Con respecto al aumento de la fuerza máxima de compresión del lote B esto puede deberse a la actividad

enzimática citada por FENNEMA (1993) la cual estimula la actividad enzimática favoreciendo la formación de enlaces con iones divalentes lo cual contribuye a mejorar la rigidez de los tejidos vegetales.

Para la temperatura de tratamiento, se observa en la FIGURA 17 que los tratamientos realizados a 75 y 90 °C no poseen una diferencia estadística significativa entre sí con valores promedio de 11,2 N y de 10,4 N respectivamente y se ubican por debajo de los valores obtenidos en fruto sin tratamiento térmico con excepción de los tratamientos realizados a 75 °C del lote B que presentan un valor promedio de 11,1 N el cual es levemente superior al valor obtenido inicialmente para este lote de 10,7 N.

Sin embargo, los tratamientos realizados a 60 °C presentan un valor promedio de 17,5 N lo cual marca una clara diferencia respecto de los tratamientos realizados a 75 y 90 °C tal como se aprecia en la FIGURA 17 y cuyo valor se encuentra por sobre los valores registrados en producto sin tratamiento. Al respecto TRUONG *et al.* (1998), informan que los tratamientos realizados a temperaturas en torno a los 60 °C no afectan grandemente los atributos de textura, existiendo en este caso un aumento de los valores de fuerza máxima de compresión o firmeza.

Analizando individualmente los valores para cada tratamiento del lote B se observa, con excepción del tratamiento realizado a 60 °C por 60 min, que los valores se encuentran próximos a 10 N; por otra parte, dentro del nivel de tratamiento a 90 °C se observa una disminución en la firmeza respecto de las condiciones originales en el lote B donde el promedio es de 8,7 N.

Para la deformación máxima del fruto, el análisis de varianza muestra que el factor que posee un efecto significativo es la temperatura de tratamiento, aplicando la prueba de Tukey de comparación de promedio, se encontró diferencia entre los tratamientos realizados a 60 y 75 °C con valores promedio de 4,10 mm y 4,79 mm respectivamente presentando éste último una leve superioridad con respecto de los demás. En lo referente a los tratamientos realizados a 90 °C estos no presentaron diferencias respecto de los tratamientos realizados tanto a 60 y 75 °C, ubicándose este en una posición intermedia con un valor promedio de 4,42 mm como se muestra en la FIGURA 18. Se observa un aumento comprendido entre 2,8 a 3,5 mm respecto de la condición presentada en el

producto sin tratamiento térmico.

La variable rigidez muestra a través del análisis de varianza, que los factores que ejercen un efecto significativo son: lote y temperatura y la interacción lote-temperatura. Para el factor lote se observa en la FIGURA 19, que el lote A presenta un mayor promedio que el lote B con un valor de 3,0 N/mm para el lote A y de 2,5 N/mm para el lote B. Comparando estos valores con los valores obtenidos inicialmente presentados en el CUADRO 12, se observa que existe una notoria baja en la rigidez para ambos lotes.

En cuanto, a la temperatura se observa una tendencia descendente de la rigidez a medida que aumenta la temperatura de tratamiento con valores promedio de 3,5; 2,6; y 2,2 N/mm para los tratamientos realizados a 60, 75 y 90 °C. Los tratamientos realizados a 75 y 90 °C son iguales estadísticamente, tal como se observa en la FIGURA 20. Sin embargo, estos resultados están en oposición con lo mostrado por la firmeza o fuerza máxima de compresión en donde los tratamientos realizados a 60 °C, presentaron valores superiores a los demás tratamientos y producto no tratado térmicamente. Por su parte MÜLLER (1973) recomienda el uso de la relación fuerza/deformación o rigidez como parámetro para medir las propiedades mecánicas de un alimento.

Para el porcentaje de deformación, el análisis muestra que el factor temperatura posee un efecto significativo, siendo los promedios de 54%, 46% y 50% para los niveles de tratamientos de 60, 75 y 90 °C respectivamente. Siendo iguales estadísticamente los tratamientos realizados a 60 y 90 °C, así como también, los tratamientos realizados 75 y 90 °C tal como se aprecia en la FIGURA 21.

Comparando el valor inicial de deformación relativa de acuerdo a lo presentado en el CUADRO 12, con un valor de 15,5% para ambos lotes con el valor promedio de deformación relativa para todos los tratamientos de 51%, se observa un aumento de 35,5 puntos porcentuales.

CUADRO 14. Propiedades mecánicas del fruto tratado térmicamente usando el método 1 de compresión.

Lote	Temperatura °C	Tiempo Min	Tratamiento térmico K s	Firmeza N	Deformación máxima Mm	Rigidez N/mm	Deformación Relativa %	Muestras
A (2001)	60	5	0	19,5 ±3,8	3,76 ±0,43	3,7 ±0,6	58 ±5	5
		30	0	22,3 ±6,2	3,6 ±0,64	4,1 ±0,9	60 ±7	5
		60	0	19,0 ±6,1	4,18 ±0,64	3,9 ±1,0	54 ±7	5
	75	5	16818	10,6 ±3,1	5,28 ±0,38	2,8 ±0,5	41 ±4	5
		30	39471	11,3 ±3,8	4,88 ±0,63	2,7 ±0,6	46 ±7	5
		60	68060	12,0 ±3,2	4,6 ±0,80	2,7 ±0,3	49 ±9	5
	90	5	18520	11,7 ±6,5	4,82 ±1,14	2,6 ±0,8	46 ±13	5
		30	62687	12,1 ±3,3	4,44 ±0,54	2,6 ±0,5	51 ±6	5
		60	117239	12,3 ±2,7	4,08 ±0,36	2,5 ±0,4	55 ±4	5
B (2000)	60	5	0	11,6 ±4,2	4,42 ±0,61	2,5 ±0,6	51 ±7	5
		30	0	13,4 ±6,5	4,84 ±0,71	3,1 ±1,0	46 ±8	5
		60	0	19,0 ±5,4	3,84 ±0,26	3,7 ±1,0	57 ±3	5
	75	5	16818	10,8 ±3,6	4,94 ±0,78	2,6 ±0,5	45 ±9	5
		30	39471	12,4 ±5,0	4,42 ±0,78	2,6 ±0,6	51 ±9	5
		60	68060	10,3 ±3,7	4,64 ±0,50	2,3 ±0,7	48 ±6	5
	90	5	18520	9,9 ±3,4	4,36 ±0,75	2,1 ±0,5	52 ±8	5
		30	62687	8,6 ±5,1	4,32 ±0,80	1,8 ±0,7	52 ±9	5
		60	117239	7,7 ±2,4	4,52 ±0,73	1,7 ±0,3	50 ±8	5

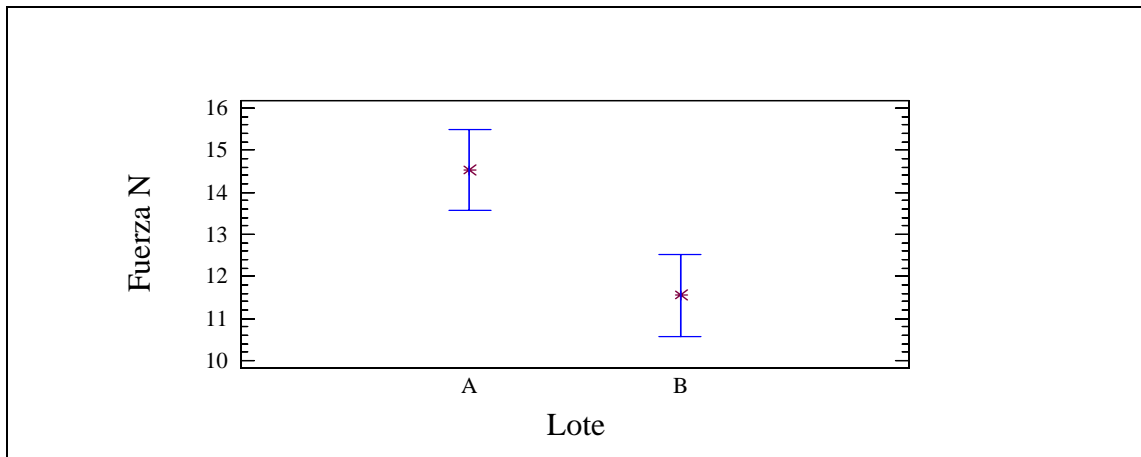


FIGURA 16. Comparación de promedios para lote A y B por prueba de Tukey.

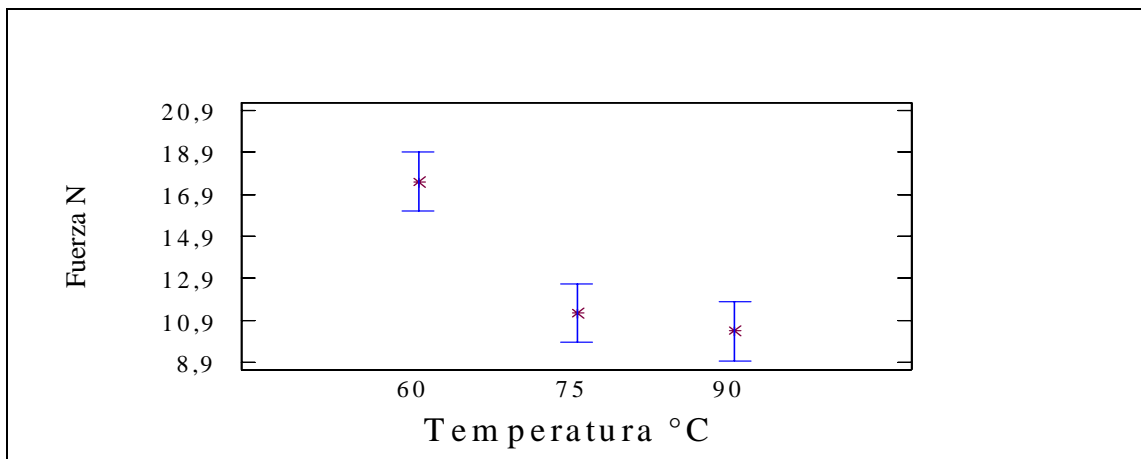


FIGURA 17. Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la firmeza.

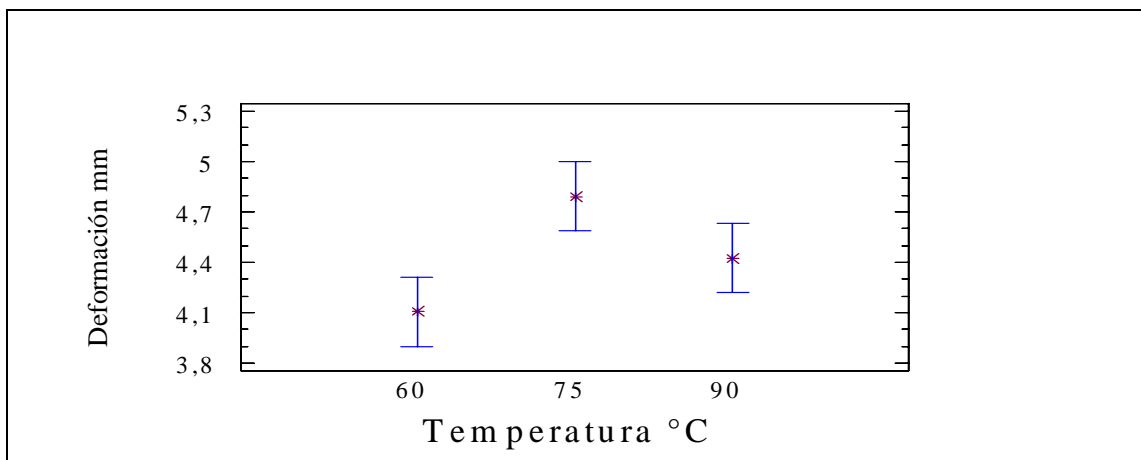


FIGURA 18. Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la deformación máxima del fruto.

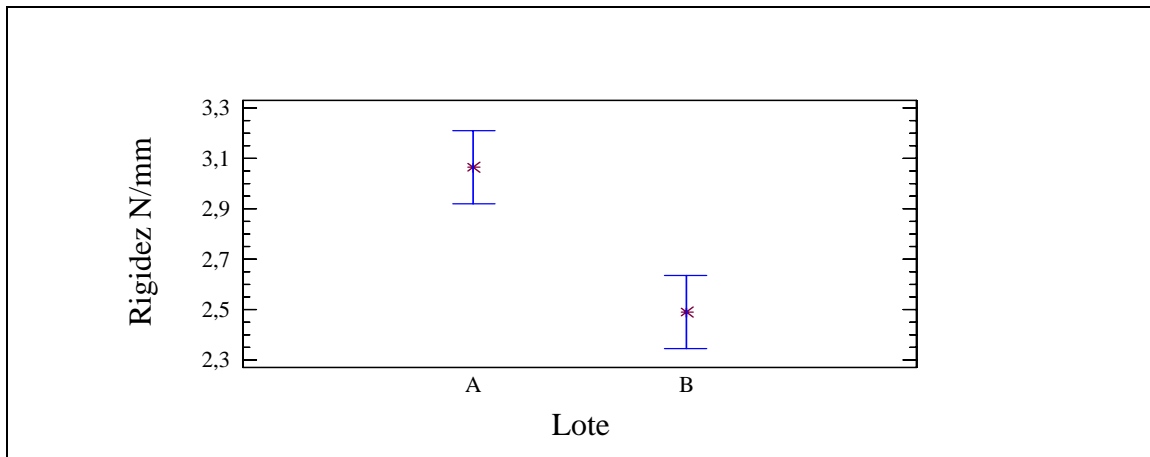


FIGURA 19. Comparación de promedios por prueba de Tukey respecto a la rigidez para lote A y B.

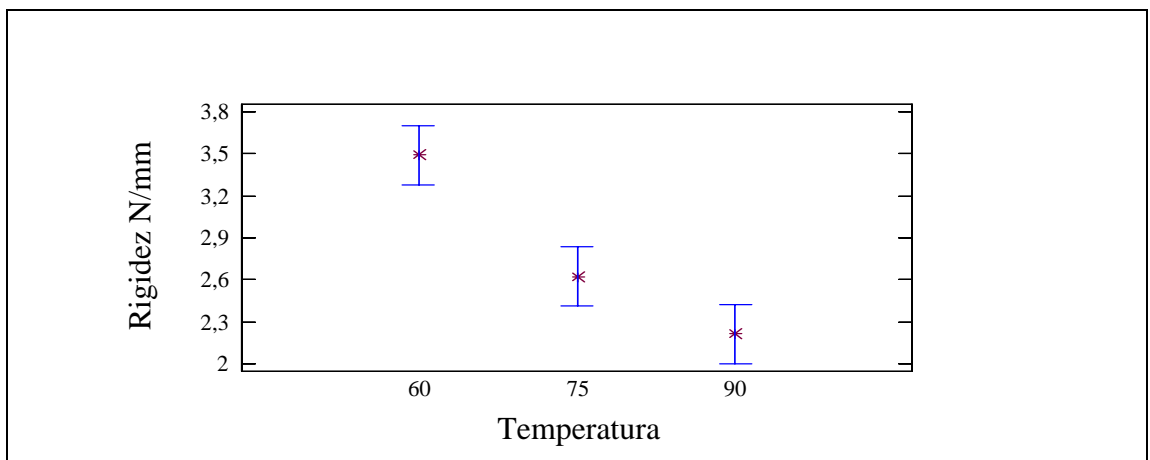


FIGURA 20. Comparación de promedios de temperatura de tratamiento por prueba de Tukey respecto a la rigidez usando el método 1.

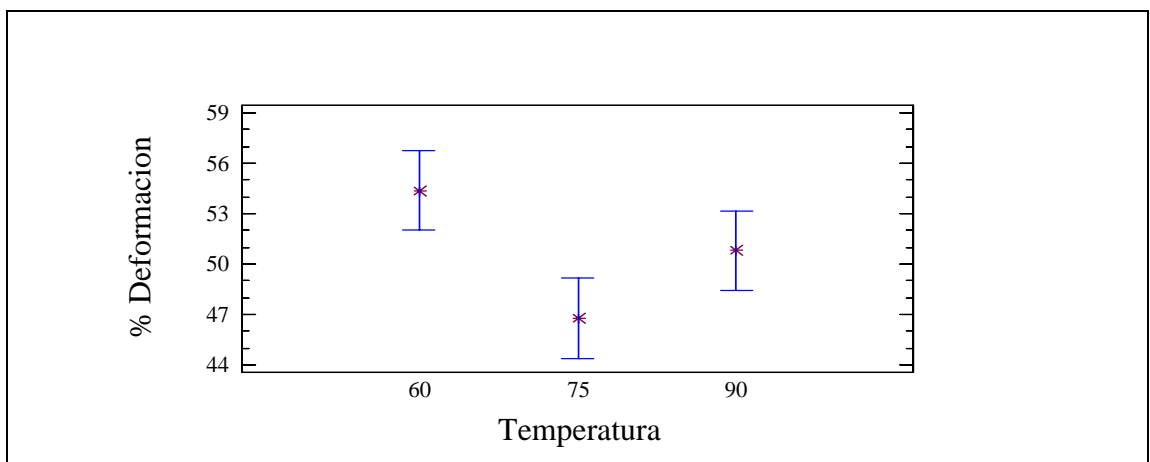


FIGURA 21. Comparación de promedios de temperatura por prueba de Tukey respecto a la deformación relativa usando el método 1.

Los resultados de la determinación de firmeza, rigidez, deformación máxima y deformación relativa utilizando el método 2 de compresión son presentados en el CUADRO 15. En él se observa en la columna muestra, que las unidades medidas en cada tratamiento no son iguales entre sí; esto es debido a que de las 20 unidades de muestra destinadas para cada tratamiento en ocasiones el equipo utilizado no registró lecturas de firmeza o fuerza máxima de compresión y de deformación máxima, no presentando la piel de la murta una gran oposición a la compresión.

Los análisis estadísticos realizados a los resultados muestran que las varianzas no son homogéneas para la variable **firmeza** y **rigidez**, por lo tanto no se puede aplicar análisis de varianza.

Con respecto a las variables **deformación máxima** y **deformación relativa**, los análisis estadísticos muestran que las varianzas son homogéneas, sin embargo, el análisis de varianza indica que no existe diferencia estadística, respecto de los distintos factores estudiados encontrándose un promedio de deformación máxima y porcentaje de deformación para el lote A de 4,05 mm y 54% y para el lote B de 3,91 mm y 56%. Sin embargo para ambas variables **deformación máxima** y **deformación relativa** existe la presencia de las interacciones temperatura-tiempo y temperatura-lote.

Comparando los valores iniciales de deformación máxima y porcentaje de deformación presentados en el CUADRO 13 con los obtenidos del CUADRO 15, se observa una disminución en la deformación máxima para el lote A de 2,85 mm y para el lote B de 3,19 mm. Respecto del porcentaje de deformación, se observa en el lote A un aumento de 30 puntos porcentuales y para el lote B un aumento de 35 puntos porcentuales de los valores originales presentados por ambos lotes.

Analizando de forma cualitativa los resultados de fuerza máxima de compresión o firmeza, se puede observar una gran variación de los datos con respecto al promedio de cada tratamiento, según indica claramente la FIGURA 22. La codificación para cada tratamiento se presenta en el CUADRO 15 en la columna N° de tratamiento. En ella se aprecia que los tratamientos que poseen una mayor variación son aquellos que provienen del lote B (tratamientos 10 al 18), en cambio, los tratamientos provenientes del lote A presentan cierta uniformidad con excepción de los tratamientos 7, 8 y 9 los cuales

presentan una menor variación.

Otro hecho importante es la presencia de datos fuera de límite en los tratamientos 3, 7, 8, 9, 10, 13, y 15 con una unidad de tratamiento y los tratamientos 11 y 17 con dos unidades de tratamientos fuera de los límites.

En cuanto al efecto de cada factor, en el CUADRO 16 se presentan los promedios y la desviación estándar de cada nivel de tratamiento de acuerdo al diseño estadístico empleado. En él se observa que el promedio para el lote A (2,6 N) presenta cierta superioridad respecto del valor promedio del lote B (2,2 N), con lo cual se mantiene la tendencia mostrada por los análisis estadísticos realizados a los datos provenientes del método 1. Con respecto a la desviación estándar se observa que el lote A ($s = 1,3$ N) posee un mayor valor respecto del lote B ($s = 1,0$ N).

Para la temperatura se observa que el promedio y la desviación de los distintos niveles desciende a medida que aumenta el valor de temperatura. Constituyendo la excepción el nivel de tratamiento a 75 °C del lote A, el cual posee mayor valor promedio (3,1 N) y mayor valor de desviación estándar (1,6 N).

Sin embargo, este hecho presenta semejanza a lo mostrado en forma estadística por el método 1. En donde se observó que existe una relación inversa respecto de la fuerza máxima de compresión versus el aumento de temperatura.

Para el tiempo se observa en el CUADRO 16 la existencia en ambos lotes de una leve superioridad tanto en el promedio como en la desviación estándar del nivel de tratamiento a 30 min con respecto a los niveles realizados a 5 y 60 min. Observándose en general dentro de este factor una escasa variación.

Analizando la variable rigidez en la FIGURA 23, se observa que los tratamientos realizados del lote A (tratamientos del 1-9), presentan cierta uniformidad entre sí. Con excepción de los tratamientos números 8 y 9, que presentan una muestra cada uno fuera de rango y una menor variación. Con respecto, a los tratamientos provenientes del lote B (tratamientos del 10-18), estos presentan gran variación entre sí con cinco tratamientos con valores fuera de rango (tratamientos 11, 13, 14, 17 y 18).

Con respecto a los valores promedio y de desviación estándar en el lote A estos fueron de 0,5 N/mm y de 0,03 N/mm respectivamente y para el lote B de 0,4 N/mm y 0,2

N/mm observándose una leve superioridad para el lote A con un mayor valor promedio y mayor dispersión tal como se observa en el CUADRO 17.

Para la temperatura se observa en el CUADRO 17 que el lote A posee una variación de promedios de rigidez entre 0,4 N/mm y 0,6 N/mm, con una variación de desviación estándar entre 0,2 N/mm y 0,3 N/mm, en cambio, en el lote B se observan promedios de rigidez de 0,4 N/mm y 0,5 N/mm con una desviación estándar de 0,2 N/mm para todos los tratamientos observándose en general dentro de este factor que los tratamientos realizados a 60 y 75 °C presentan un mayor valor de rigidez respecto de los realizados a 90 °C.

Para el tiempo en el CUADRO 17 se observa que el lote A, no presenta variación entre los distintos niveles de este factor. Con un promedio de 0,5 N/mm y una desviación estándar de 0,3 N/mm. En cambio, para el lote B se observa variación en la desviación estándar. Con valores de 0,2 N/mm para los tratamientos realizados a 5 y 60 min y para los tratamientos realizados a 30 min de 0,3 N/mm. En cuanto al promedio, los tratamientos realizados a 5 min y 30 min presentan el mismo valor de 0,5 N/mm, en cambio los tratamientos realizados a 60 min presentan un promedio de 0,4 N/mm siendo el único nivel de tratamiento dentro de este factor con un menor valor promedio, observándose en general dentro de este factor una escasa variación.

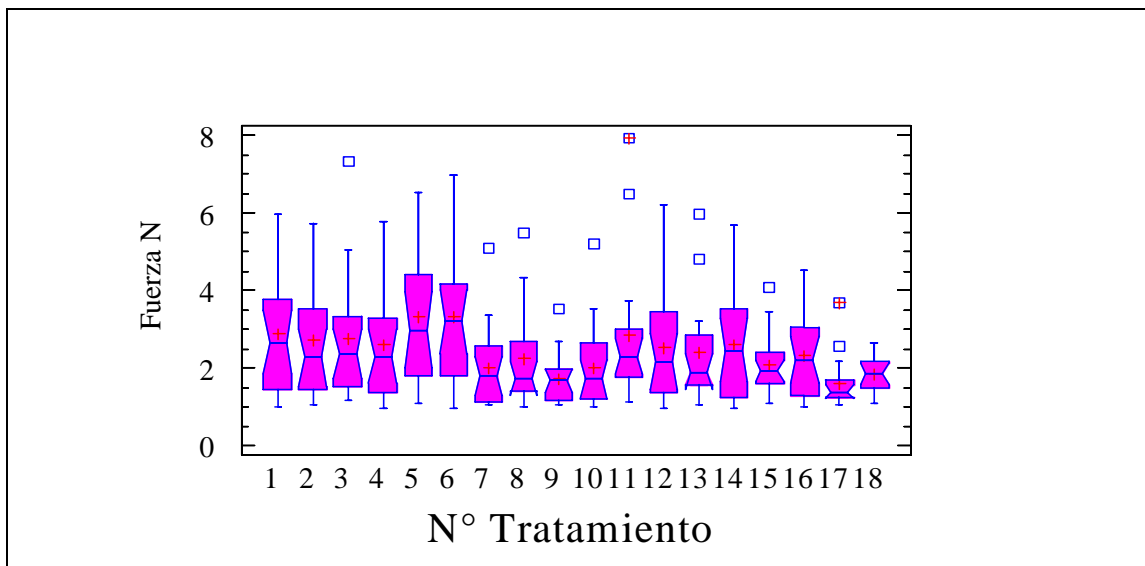


FIGURA 22. Gráfico de *Box and Whisker* para firmeza usando el método 2.

CUADRO 15. Medición de propiedades mecánicas usando método 2 de compresión en fruto tratado térmicamente

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	Número de Tratamiento	Tratamiento térmico K s	Firmeza N	Deformación máxima mm	Rigidez N/mm	Deformación relativa %	Muestras
A (2001)	60	5	1	0	2,9 ±1,5	3,79 ±0,85	0,6 ±0,3	58 ±9	19
		30	2	0	2,7 ±1,5	4,26 ±0,94	0,6 ±0,3	53 ±10	19
		60	3	0	2,8 ±1,6	3,92 ±0,85	0,5 ±0,3	56 ±9	19
	75	5	4	16818	2,6 ±1,4	4,23 ±0,64	0,5 ±0,3	53 ±7	18
		30	5	39471	3,3 ±1,7	3,66 ±0,84	0,6 ±0,3	59 ±9	17
		60	6	68060	3,3 ±1,8	4,19 ±0,73	0,7 ±0,3	53 ±8	20
	90	5	7	18520	2,0 ±1,0	4,15 ±0,92	0,4 ±0,2	54 ±10	20
		30	8	62687	2,2 ±1,2	4,13 ±0,89	0,5 ±0,2	54 ±10	20
		60	9	117239	1,7 ±0,7	4,18 ±0,78	0,4 ±0,2	54 ±9	17
B (2000)	60	5	10	0	2,0 ±1,1	3,98 ±0,74	0,4 ±0,2	56 ±8	20
		30	11	0	2,8 ±1,8	4,22 ±0,68	0,6 ±0,3	53 ±8	17
		60	12	0	2,5 ±1,5	4,22 ±0,76	0,5 ±0,3	53 ±8	20
	75	5	13	16818	2,4 ±1,2	4,29 ±0,50	0,5 ±0,2	52 ±6	20
		30	14	39471	2,6 ±1,5	3,85 ±1,15	0,5 ±0,3	57 ±13	19
		60	15	68060	2,1 ±0,8	3,73 ±0,44	0,4 ±0,1	58 ±6	20
	90	5	16	18520	2,3 ±1,1	3,79 ±0,71	0,5 ±0,2	58 ±8	20
		30	17	62687	1,6 ±0,7	3,43 ±0,95	0,3 ±0,1	62 ±11	17
		60	18	117239	1,8 ±0,4	3,69 ±0,99	0,3 ±0,1	59 ±11	14

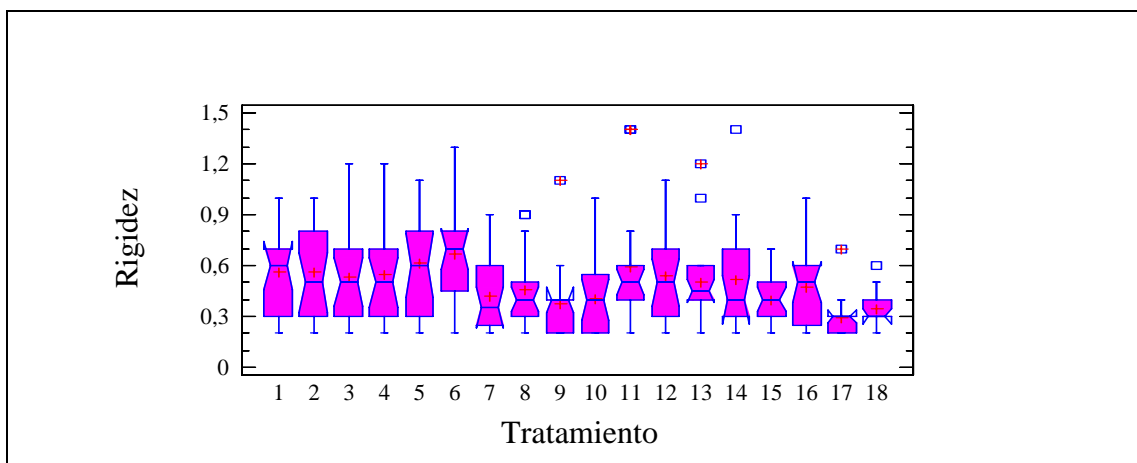


FIGURA 23. Gráfico de *Box and Whisker* para rigidez usando el método 2

CUADRO 16. Promedio y desviación estándar de firmeza de cada nivel de tratamiento usando el método 2

Nivel	Firmeza N
Lote A	2,6 ±1,3
Lote B	2,2 ±1,0
Lote A 60 °C	2,8 ±1,5
Lote A 75 °C	3,1 ±1,6
Lote A 90 °C	1,9 ±0,9
Lote B 60 °C	2,4 ±1,5
Lote B 75 °C	2,3 ±1,1
Lote B 90 °C	1,9 ±0,7
Lote A 5 min	2,5 ±1,3
Lote A 30 min	2,7 ±1,5
Lote A 60 min	2,4 ±1,4
Lote B 5 min	2,2 ±1,1
Lote B 30 min	2,3 ±1,3
Lote B 60 min	2,1 ±1,9

CUADRO 17. Promedio y desviación estándar de rigidez de cada nivel de tratamiento usando el método 2

Nivel	Rigidez N/mm
Lote A	0,5 ±0,3
Lote B	0,4 ±0,2
Lote A 60 °C	0,5 ±0,3
Lote A 75 °C	0,6 ±0,3
Lote A 90 °C	0,4 ±0,2
Lote B 60 °C	0,5 ±0,2
Lote B 75 °C	0,5 ±0,2
Lote B 90 °C	0,4 ±0,2
Lote A 5 min	0,5 ±0,3
Lote A 30 min	0,5 ±0,3
Lote A 60 min	0,5 ±0,3
Lote B 5 min	0,5 ±0,2
Lote B 30 min	0,5 ±0,3
Lote B 60 min	0,4 ±0,2

Analizando comparativamente ambos métodos de compresión, se observan una serie de ventajas y desventajas entre sí. Así por ejemplo, el método (1) colectivo posee la ventaja de ser un método rápido y fácil de ser llevado a cabo. Requiere una menor sensibilidad del equipo empleado, lo cual posibilitaría su uso como método de medición en terreno. Sin embargo, este método presenta la desventaja de ser dependiente del calibre lo que limita su uso. Además necesita una superficie de prueba que permita el desahogo de la presión producida durante la compresión y la observación del punto de ruptura no es visualizado con facilidad por parte del analista.

En cuanto al método (2) individual, posee la ventaja de permitir analizar individualmente cada murta, permitiendo al analista visualizar el comportamiento y el punto de ruptura de la muestra en forma clara. Otra ventaja, es la no dependencia del

calibre lo cual permite medir y analizar distintos calibre, comparar sus resultados de forma relativa, lo cual convierte a este método de prueba en una alternativa recomendable para estudio de propiedades de textura mecánica de frutos menores.

4.5 Pruebas de evaluación sensorial

Los resultados de pruebas de evaluación sensorial a través de pruebas de escala hedónica de nueve puntos. Lo que comprende fruto descongelado y fruto sometido a tratamiento térmico. Abarcando este último: producto, líquido de cobertura y piel del fruto, son presentados a continuación.

Los resultados de evaluación sensorial en **fruto descongelado** sin tratamiento térmico son presentados en el CUADRO 18. Analizando estadísticamente los datos, a través de prueba de homogeneidad de varianza y análisis de varianza, se reporta que las varianzas de ambas muestras son homogéneas. Por su parte el análisis el varianza muestra la existencia de diferencia entre ambos lotes estudiados, presentando una leve superioridad el lote B (2000) con un promedio de 5,83 puntos sobre el lote A (2001) con un promedio de 5,33 puntos, estas calificaciones se encuentra entre 5 y 6 puntos que corresponde verbalmente a “*No me gusta ni me disgusta*” y “*Me gusta levemente*” de acuerdo a la escala hedónica usada. Esto indica, una mejor aceptación del lote B sobre el lote A, antes de la aplicación de tratamiento térmico, tal como se aprecia en la FIGURA 24.

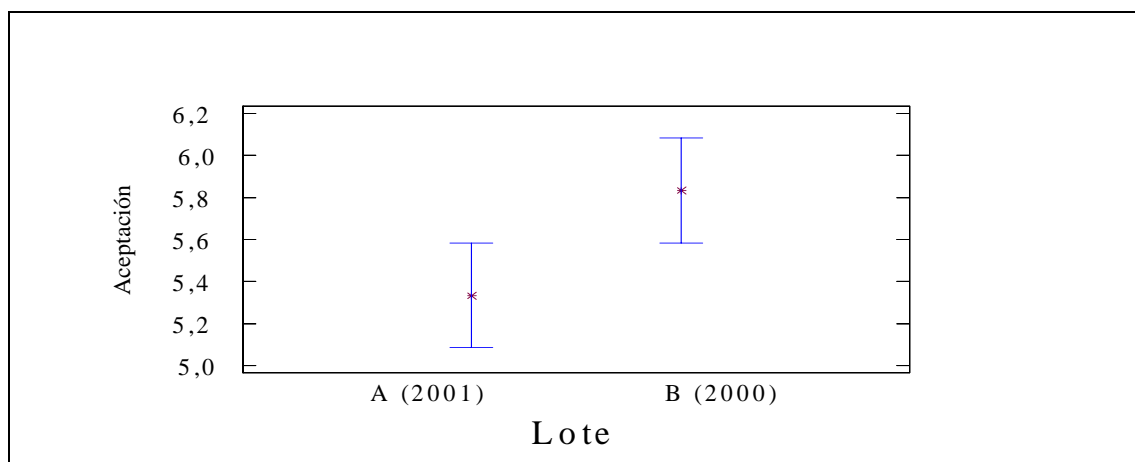


FIGURA 24. Comparación de promedios de aceptación para el factor lote en fruto descongelado.

CUADRO 18. Evaluación sensorial de fruto descongelado.

Lote	Aceptación
A (2001)	5,33 \pm 1,45
B (2000)	5,83 \pm 1,44

Los resultados de las pruebas de **aceptación con respecto al producto**, lo que comprende la evaluación del conjunto compuesto por el líquido de cobertura y fruto, son presentados en el CUADRO 19. Los análisis estadísticos realizados muestra que las varianzas son homogéneas. No obstante, el análisis de varianza indica que todos los factores y sus interacciones con excepción de la interacción lote–temperatura–tiempo, poseen un efecto significativo sobre la aceptación del producto.

Analizando individualmente el efecto de cada factor, a través de prueba de comparación de promedios, en la FIGURA 25, se observa una marcada diferencia entre ambos lotes con respecto a la aceptación del producto, siendo el lote A (2001) superior al lote B (2000) con un promedio de 5,5 para el lote A y de 5,1 para el lote B en escala de aceptación de 1 a 9. Lo que verbalmente se ubica entre (5) “*No me gusta ni me disgusta*” y (6) “*Me gusta levemente*”.

En cuanto a la temperatura, en la FIGURA 25 se observa una diferencia con respecto a la aceptación entre los tratamientos realizados a 60 °C con un promedio de 4,9 puntos respecto de los tratamientos realizados a 75 y 90 °C los cuales son iguales estadísticamente y se ubican en torno a los 5,5 puntos.

Para el tiempo de tratamiento en la FIGURA 25, se observa una leve diferencia entre los tratamientos realizados a 5 y 30 minutos. Con promedios de 5,1 y 5,4 puntos respectivamente, siendo estadísticamente igual los tratamientos realizados a 5 y 60 minutos, Este último con un promedio de 5,3 puntos, así como también, son iguales los tratamientos realizados a 30 y 60 minutos. Es importante destacar, que los tratamientos realizados a 30 minutos, presentan una leve superioridad respecto de los demás. Sin embargo, esto no constituye una diferencia estadística significativa.

CUADRO 19. Calificación de prueba de escala hedónica del producto.

Lote	Temperatura °C	Tiempo Min	Número de tratamiento	Aceptación
A (2001)	60	5	13	4,72 ±1,58
		30	14	5,14 ±1,42
		60	15	4,84 ±1,4
	75	5	1	5,68 ±1,42
		30	2	5,94 ±1,64
		60	3	6,76 ±1,47
	90	5	4	6,20 ±1,16
		30	5	6,30 ±1,39
		60	6	4,48 ±1,33
B (2000)	60	5	16	4,66 ±1,56
		30	17	4,94 ±1,59
		60	18	5,32 ±1,41
	75	5	7	4,28 ±1,51
		30	8	4,82 ±1,29
		60	9	5,72 ±1,26
	90	5	10	5,52 ±1,37
		30	11	5,58 ±1,37
		60	12	5,18 ±1,33

Analizando individualmente cada tratamiento se observa que los mejor evaluados son los pertenecientes al lote A, cuyos números de acuerdo al CUADRO 19 son: 2, 3, 4 y 5. Los cuales fueron tratados a 75 y 90 °C, cuya calificación se encuentra entorno a los 6 puntos en escala de 1 a 9 puntos, correspondiente a la calificación verbal “*me gusta levemente*”. Por otra parte se observa que los tratamientos evaluados deficientemente con 4 puntos aproximadamente son: 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16 y 17, los cuales pertenecen indistintamente a ambos lotes.

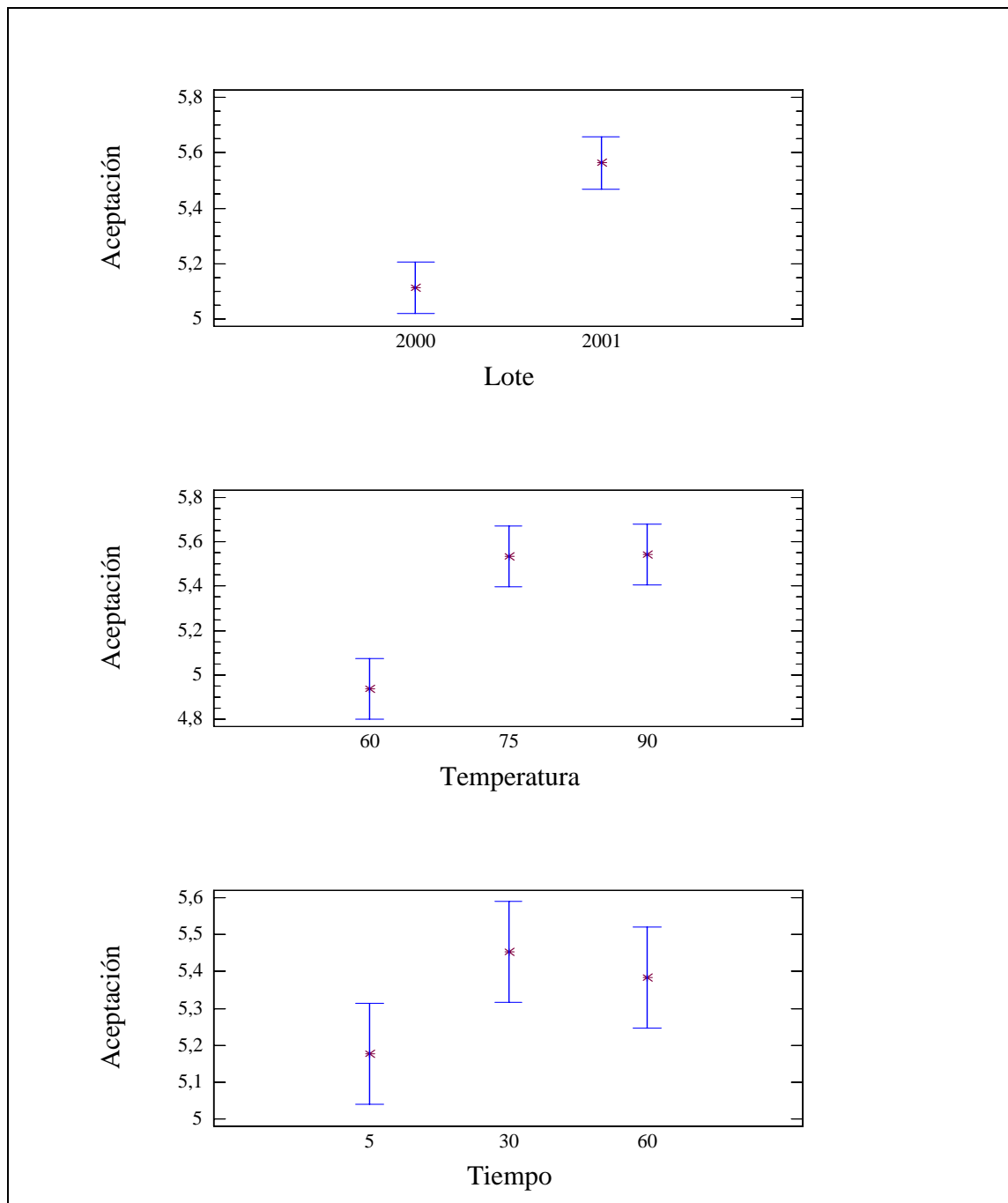


FIGURA 25. Comparación de promedios de aceptación del producto para los factores lote, temperatura y tiempo.

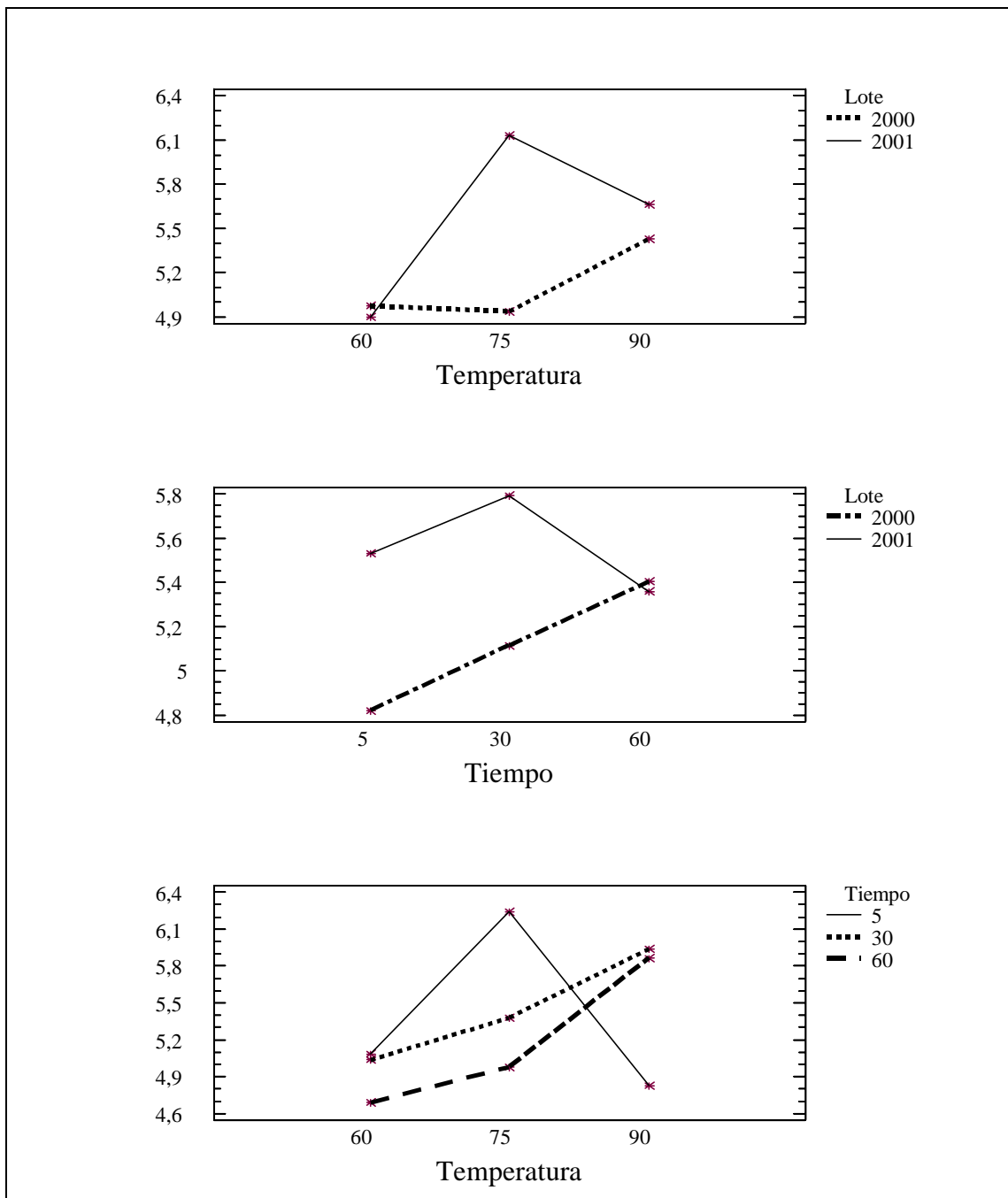


FIGURA 26. Interacciones para el producto.

Analizando las interacciones: lote-temperatura, lote-tiempo y tiempo-temperatura en la FIGURA 26 se observa, para la interacción lote-temperatura, un cambio en la dirección de la respuesta para los tres niveles de temperatura, destacándose una forma que asemeja

a un romboide. En cuanto a la interacción lote-tiempo, se observa que en los niveles 5 y 30 minutos la interacción posee la misma dirección en la respuesta siendo mayor el lote A (2001). Sin embargo, entre los niveles 30 y 60 minutos existe un cambio en la dirección de la respuesta por parte del lote A (2001) reflejado en una baja. En el caso de la interacción temperatura-tiempo, se observa para los niveles 5 y 30 minutos entre 60 y 75 °C que poseen la misma dirección en la interacción, en cambio, para el nivel 60 minutos existe un cambio en la dirección de la interacción. Por otra parte, entre 75 y 90 °C existe un cambio en la dirección para los tres niveles con un ascenso en distinta magnitud para los niveles 5 y 30 minutos y descenso para el nivel 60 minutos. En otras palabras, la existencia de interacciones entre los factores indica que estos no son independientes entre sí, observándose en la mayoría de los casos que esta favorece la aceptación entre los niveles 5 y 30 minutos y 60 y 75°C para los factores lote y tiempo, en cambio, entre los niveles 75 y 90 °C y 30 y 60 minutos se observa una disminución para el lote A 2001 y el nivel de 60 minutos.

Los resultados obtenidos a través de pruebas de escala hedónica con respecto al **líquido de cobertura** son presentados en el CUADRO 20. De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, se reporta que las varianzas son homogéneas. Aplicando el análisis de varianza, se muestra la existencia de efecto significativo del factor lote, así como también, de las interacciones: lote-temperatura, lote-tiempo y temperatura-tiempo.

Realizando la prueba de Tukey sobre el factor lote como se muestra en la FIGURA 27, se observa la existencia de diferencia en la aceptación de ambos lotes. Con una mejor aceptación del lote A (2001) con un promedio de 5,6 puntos, lo que se expresa entre “*no me gusta ni me disgusta*” y “*me gusta levemente*”: En cambio, el lote B presenta un valor promedio de 4,8 puntos, cercano a 5 puntos en escala de 1 a 9 puntos, cuya calificación verbal es “*no me gusta ni me disgusta*”.

Analizando cada tratamiento se observa en el CUADRO 20, que el mejor evaluado es el tratamiento número 3 con una calificación de 6,18 puntos. Cuya calificación verbal es “*me gusta levemente*” y un color definido como naranja-amarillo. En cambio, los tratamientos que presentaron una evaluación deficiente pertenecen en su mayoría al lote

B destacando los tratamientos números 11, 16 y 17 todos ellos con una calificación entorno a los 4,5 puntos presentando colores amarillos y naranjos, cuya calificación en la escala hedónica usada corresponde a “*Me disgusta levemente*”.

CUADRO 20. Calificación de prueba de escala hedónica del líquido de cobertura.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	Número de tratamiento	Aceptación	Descripción de color carta CIE-XY
A (2001)	60	5	13	5,72 ±1,55	Naranja
		30	14	5,84 ±1,45	Amarillo
		60	15	5,12 ±1,53	Amarillo
	75	5	1	5,50 ±1,57	Amarillo
		30	2	5,84 ±1,28	Púrpura – Rosa
		60	3	6,18 ±1,60	Naranja - Amarillo
	90	5	4	5,74 ±1,50	Rosa
		30	5	5,58 ±1,43	Rosa
		60	6	5,12 ±1,84	Amarillo
B (2000)	60	5	16	4,70 ±1,40	Amarillo
		30	17	4,58 ±1,70	Amarillo
		60	18	5,30 ±1,40	Amarillo
	75	5	7	5,06 ±1,52	Amarillo - Rosa
		30	8	5,06 ±1,33	Naranja – Rosa
		60	9	4,94 ±1,43	Naranja – Rosa
	90	5	10	4,90 ±1,63	Naranja – Rosa
		30	11	4,68 ±1,68	Naranja – Rosa
		60	12	4,86 ±1,53	Amarillo

Analizando el efecto de las interacciones para el líquido de cobertura se observa en la FIGURA 28, para la interacción lote-temperatura un cambio en la dirección de la interacción a los 75 °C lo cual favorece al lote B (2000). En cambio para la interacción lote-tiempo se observa un cambio en la dirección de la interacción a los 30 minutos, lo que entre los niveles 30 y 60 minutos favorece en cierto grado al lote A (2001) y disminuye la aceptación del lote B (2000). En cuanto a la interacción temperatura-tiempo se observa a los 75°C un cambio en la dirección y magnitud para los niveles 5 y 30 minutos, observándose para el nivel 60 minutos entre 60 y 90 °C una tendencia al alza.

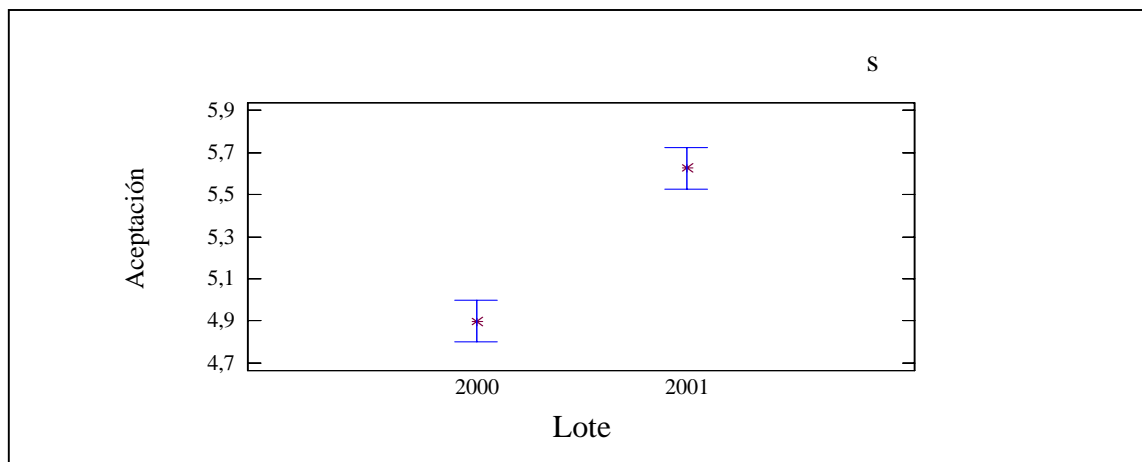


FIGURA 27. Comparación de promedios de aceptación del líquido de cobertura para el factor lote.

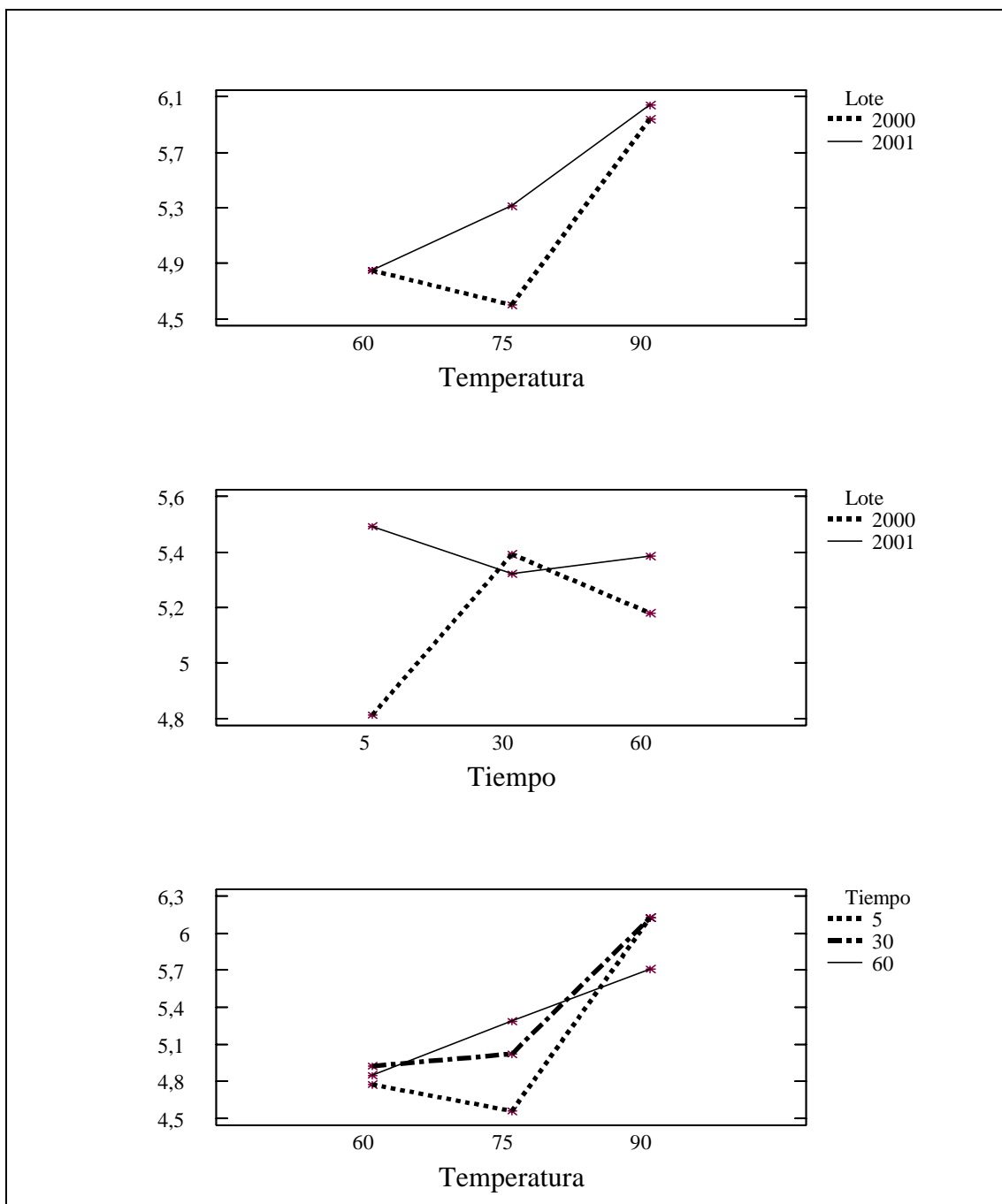


FIGURA 28. Interacciones para el líquido de cobertura.

Los resultados de la **evaluación sensorial del fruto** tratado térmicamente son presentados en el CUADRO 21. Los análisis estadístico realizados, muestran que las varianzas son homogéneas, sin embargo el análisis de varianza mostró que los factores que poseen un efecto significativo, son lote y temperatura, así como también, las

interacciones: lote-temperatura, lote-tiempo y temperatura-tiempo.

En cuanto al factor lote se observa en la FIGURA 29 la existencia de una leve superioridad del lote A (2001) respecto del lote B (2000), lo cual, está en oposición respecto al resultado del fruto no sometido a tratamiento térmico, con promedios de 5,4 y 5,1 puntos respectivamente, siendo la calificación entre 5 y 6 puntos, lo que se expresa en forma verbal entre “*No me gusta ni me disgusta*” y “*Me gusta levemente*”.

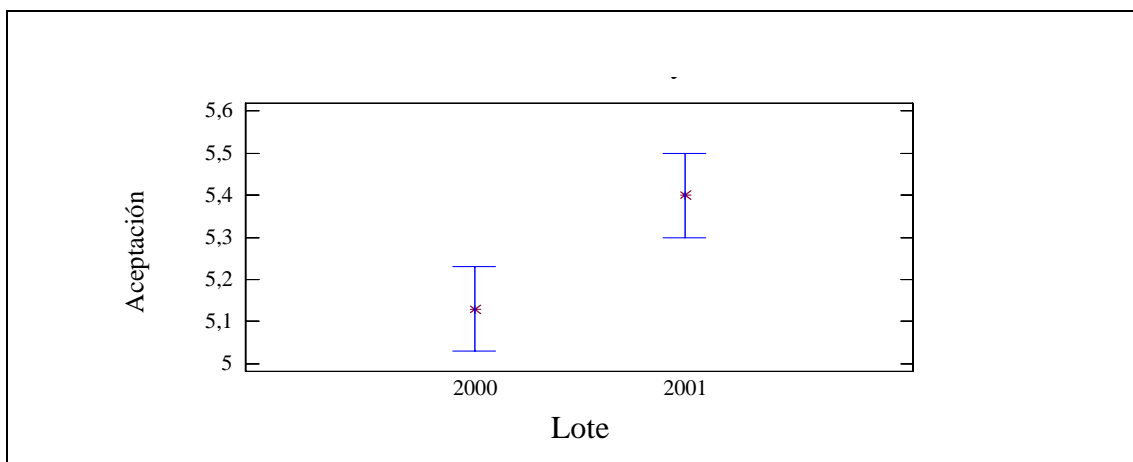


FIGURA 29. Comparación de promedio del fruto respecto del factor lote.

Para la temperatura en la FIGURA 30, se observa la existencia de diferencia estadística entre los tratamientos realizados a 90 °C, respecto de los realizados a 75 y 60 °C, los cuales son estadísticamente iguales. Respecto de los promedios de cada nivel, los tratamientos realizados a 75 y 60 °C presentan valores promedio de 4,84 y 4,95 puntos próximos a los 5 puntos, en cambio los tratamientos realizados a 90 °C presentan un valor promedio de 5,99 puntos valor que es próximo a los 6 puntos que se expresa verbalmente en “*me gusta levemente*”.

Analizando el CUADRO 21, se observa que los tratamientos mejor evaluados son los tratados a 75 y 90 °C, cuya calificación se ubica entorno a los 6 puntos lo que se expresa en “*Me gusta levemente*”. Por otra parte, los tratamientos que fueron evaluados de forma deficiente son los números 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16 y 18, entre los cuales se destacan los tratamientos números 7 y 16 con colores rosa y naranja-rosa, con valores de 4,18 y 4,42 puntos respectivamente.

CUADRO 21. Calificación de prueba de escala hedónica en fruto tratado térmicamente.

Lote	Temperatura °C	Tiempo min	Número de tratamiento	Aceptación	Descripción de color carta CIE-XY.
A (2001)	60	5	13	5,12 ±1,55	Rosa
		30	14	4,64 ±1,51	Rojo
		60	15	4,78 ±1,59	Naranja – Rosa
	75	5	1	4,94 ±1,70	Naranja – Rosa
		30	2	5,24 ±1,53	Rosa
		60	3	5,76 ±1,71	Rosa
	90	5	4	6,42 ±1,51	Rojo
		30	5	6,08 ±1,45	Naranja – Rosa
		60	6	5,62 ±1,31	Naranja
B (2000)	60	5	16	4,42 ±1,51	Naranja – Rosa
		30	17	5,20 ±1,58	Amarillo
		60	18	4,92 ±1,44	Naranja – Rosa
	75	5	7	4,18 ±1,64	Rosa
		30	8	4,80 ±1,63	Naranja – Rosa
		60	9	4,82 ±1,16	Rosa
	90	5	10	5,84 ±1,74	Rosa
		30	11	6,18 ±1,53	Rosa
		60	12	5,8 ±1,53	Rojo

Analizando el efecto de las interacciones de los factores en la evaluación sensorial de la murta a través de la FIGURA 31, para la interacción temperatura-lote se observa el mismo comportamiento tanto para el lote A (2001) como para el lote B (2000), en donde

la temperatura de 75 °C representa en ambos caso el máximo efecto. En el caso de la interacción lote-tiempo se observa un comportamiento igual pero opuesto para ambos lotes, donde el cambio de comportamiento se produce a los 30 minutos. Sin embargo, es importante destacar que en ambas interacciones el lote A(2001) presenta un mayor valor que el lote B(2000). Por otro lado, para la interacción temperatura-tiempo se observa que el nivel de 75 °C marca el cambio de dirección y magnitud para los niveles de 30 y 60 minutos, manteniendo el nivel de 5 minutos un leve ascenso entre 60 y 90 °C. De forma mayoritaria se observa que los niveles 75 °C y 30 minutos marcan el cambio de dirección y magnitud para los factores estudiados

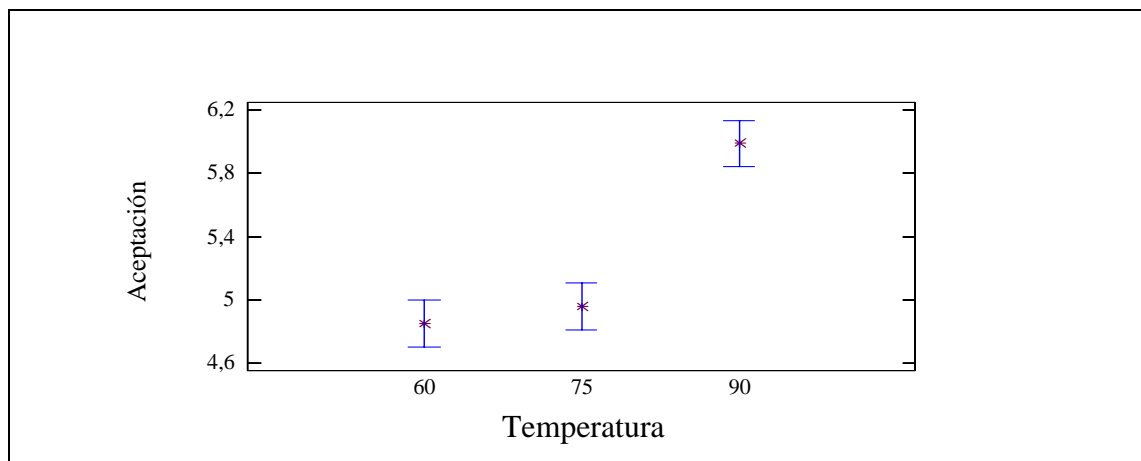


FIGURA 30. Comparación de promedios del fruto para la temperatura.

Analizando de forma integral los resultados de la evaluación sensorial a través de escala hedónica, se observa tanto en producto, fruto (murta) como en el medio de cobertura, una mejor aceptación del lote (A) 2001 respecto del lote (B) 2000 después de aplicado el tratamiento térmico, hecho que puede ser atribuido a la variación de colores mostrado por el lote (B), lo cual indica un cierto grado de deterioro que afecta la aceptación. Otro hecho relevante se refiere a la temperatura de tratamiento, en donde los tratamientos realizados a 60 °C presentaron una aceptación en un tono menor respecto de los tratamientos realizados a 75 y 90 °C, hecho que puede haber sido provocado por el desarrollo de microorganismos, lo cual hace no recomendable esta clase de tratamientos.

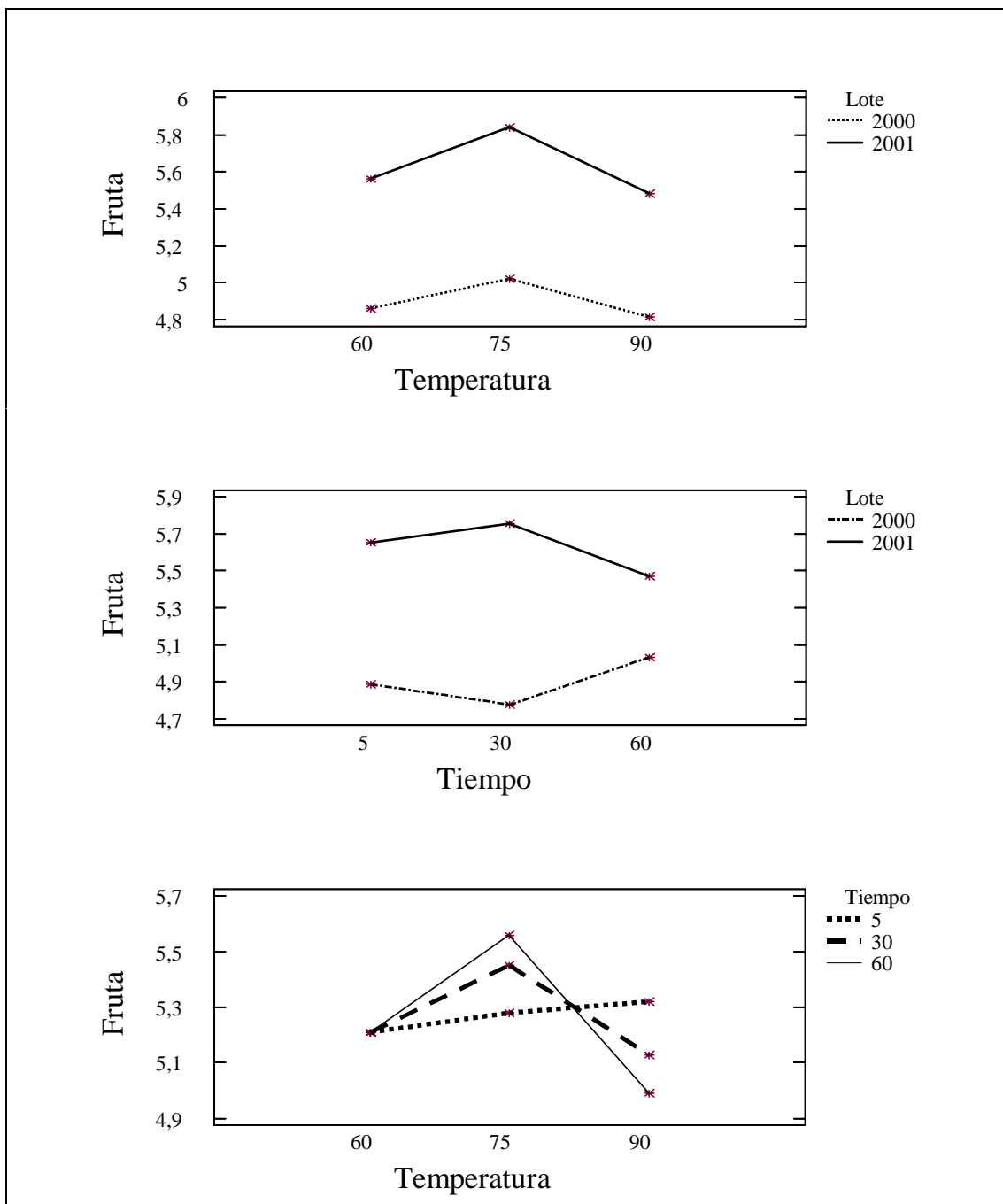


FIGURA 31. Interacciones para la murta sometida a tratamiento térmico.

En cuanto al tiempo de tratamiento, este factor mostró una importancia relativa debido a que solo presentó efecto significativo en la evaluación del producto. Sin embargo, la presencia de las interacciones lote-temperatura, lote-tiempo y temperatura-tiempo tanto en el producto, liquido de cobertura y la murta tratada térmicamente, indica que los

factores estudiados no son independientes entre sí lo cual no permitiría descartar ninguno de ellos.

5. CONCLUSIONES

Las propiedades físicas estudiadas mostraron una variación cuantificable producto de la aplicación del tratamiento térmico, siendo el color y propiedades de textura mecánicas una alternativa para el estudio de los cambios que ocurren en la murta.

El método de compresión (2) individual es una mejor alternativa que el método (1) colectivo de compresión para el estudio de las propiedades de textura mecánica, debido a que permite controlar de mejor forma las condiciones de prueba.

En general el efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades de textura mecánica de la murta (*Ugni molinae* Turcz) bajo las condiciones establecidas, es una disminución de la rigidez y un aumento de la deformación relativa, siendo la rigidez y la deformación relativa las propiedades que presentan un mejor desempeño para evaluar el efecto de tratamiento térmico respecto de la firmeza y deformación máxima.

La medición de color del líquido de cobertura de la murta es una alternativa para el estudio de esta y en conjunto con otras propiedades podría prestar utilidad para establecer grados de calidad y deterioro.

El almacenamiento por periodos mayores a un año ocasiona deterioro que se refleja en una baja en la aceptación del producto una vez sometido a tratamiento térmico aunque previamente éste posea una buena aceptación. Por otra parte, los tratamientos realizados a bajas temperaturas (60 °C) por largo tiempo (5, 30 y 60 minutos) no poseen una buena aceptación debido a su deterioro provocado por su corta vida útil y baja estabilidad microbiológica

6. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo averiguar si parámetros físicos como el color comprendido como intensidad, propiedades de textura mecánicas y aceptación del color evaluado sensorialmente sirven para cuantificar el efecto de tratamiento térmico sobre la murta (*Ugni molinae* T). Para ello se seleccionó los factores: lote que corresponde a las cosechas del año (B) 2000 y (A) 2001, temperatura (60, 75 y 90 °C) y tiempo de tratamiento (5, 30 y 60 minutos). Para medir el color se usó colorímetro triestímulo para sólido y líquido, para las propiedades mecánicas se usó el método de compresión usando texturómetro universal Instron 1011 a través de dos metodologías y para la evaluación sensorial se usó la prueba de escala hedónica de nueve puntos.

Los resultados producto de la aplicación del tratamiento térmico, mostró una variación de color tanto en el fruto como en el líquido de cobertura. En el fruto el color varió desde púrpura-rosa a rosa y naranja-rosa. En el caso del líquido de cobertura se presentaron colores amarillo, naranja, naranja-rosa y rosa presentando éste mayor utilidad para evaluar el tratamiento térmico.

Los resultados de la evaluación sensorial, mostraron una mejor aceptación del lote A (2001) después de aplicado el tratamiento térmico, por su parte los tratamientos realizados a 75 y 90 °C presentaron mejor evaluación en el conjunto compuesto por el fruto y líquido de cobertura (producto), en el caso de la evaluación del fruto individualmente, los tratamientos mejor evaluados fueron los realizados a 90 °C.

El lote (A) 2001 presentó valores de firmeza y rigidez mayores que el lote (B) 2000, antes y después de aplicado el tratamiento térmico, mostrando la rigidez una baja paulatina en su valor respecto de las condiciones originales de menor a mayor temperatura. En cambio, la firmeza no mostró variación en los tratamientos realizados a 60 °C usando ambos métodos individual y colectivo. La deformación mostró un aumento entre 2,8 a 3,5 mm después de la aplicación del tratamiento térmico, mostrando deformación relativa un aumento de un 15,5% y 22,5% registrado originalmente en fruto congelado no sometido a cocción a un 51,0 % y 55,0 % para ambos métodos colectivo y individual respectivamente.

SUMMARY

The main objective of this present study was to find out if physical parameters, such as colour measured as intensity of light, mechanical properties of texture and acceptance of colour in a sensorial analysis could serve to quantify the effect of heat treatment on murta (*Ugni molinae* T). Henceforth the following factors were selected: sample batch which corresponds to the harvest of year 2000 (Batch B) and year 2001 (Batch A), temperature (60, 75 and 90 °C) and time of heat treatment (5, 30 and 60 minutes). For colour measurements tri-stimulus colorimeters for solid and for liquid samples were used, while for testing mechanical properties a compression method using a universal testing equipment, Instron 1011, under two distinctive modes was implemented. As for sensorial analysis test using a nine points hedonic scale were performed.

The results obtained due to application of heat treatment showed variation of colour of the fruits as well as that of the surrounding sirop. Colour of the fruits varied from pink-purple to orange-pink through pink coloration. In the case of the sirop the colours observed varied from yellow, orange, orange-pink to pink, showing this colour variation to be more suitable for heat treatment evaluation.

The results of the sensorial analysis showed a better acceptance for batch A (2001) after heat treatment. Products treated at 75 and 90 °C were more appreciated when the fruits together with the sirop were submitted to sensorial analysis, while products treated at 90 °C had a better acceptance when the treated fruits alone were tested.

Batch A (2001) showed higher values for firmness and rigidity than batch B (2000) in both circumstances, before and after application of heat treatment. Rigidity showed in both cases a gradual decrease with respect to its original conditions as temperature of heat treatment was raised. On the other hand, no variation of firmness was observed in products treated at 60 °C as determined by either method of compression (collective and individual compression). Deformation increased from 2.8 to 3.5 mm after application of heat treatment, showing the percentual deformation to increase from 15.5 % to 51.0 % or from 22.5 % to 55.0 % in original uncooked fruit sample using respectively methods for collective and individual compression.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AHMED, J., SHIVHARE, U. S. y SANDHU, K. S. 2002. Thermal degradation kinetics of carotenoids and visual color of papaya puree. *J. Food Sci.* 67(7): 2692- 2695
- AK, M. M. y GUNASEKARAN, S. 1992. Stress – strain curve analysis of cheddar cheese under uniaxial compression. *J. Food Sci.* 57(5): 1078-1081.
- ANZALDUA-MORALES, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 198p
- BERGER, H. 1989. El color en la postcosecha de frutas y hortalizas. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p
- BOURNE, M. 1982. Food texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press. New York. USA. 325p.
- CALVO, C. 1989a. Fundamentos de los sistemas objetivos de medida del color. Espacio físico del color. Sistema CIEXYZ. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p
- CALVO, C. 1989b. Sistema CIEXYZ (1931). Diagrama de cromaticidad. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p

- CALVO, C. 1989c. Otros sistemas de medida. Hunter, Munsell, etc. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p
- CALVO, C. 1989d. Medida sensorial. Correlación sensorial/instrumental. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p
- CHAOVANALIKIT, A. y WROSTAD, R. E. 2004. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidants properties. J. Food Sci. 69(1): 67-72
- CHAVEZ, S., VAZQUEZ, E. y SAUCEDO, C. 2000. Propiedades biomecánicas de frutos de zarzamora. Agrociencia. 34: 329-335.
- CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1982. Mejoramiento cultural de arbustos frutales III. Gerencia desarrollo. AA 82 / 85: 74-77.
- FENNEMA, O. 1993. Química de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 1094p.
- FRANCIS, F. J. y CLYDESDALE, F. M. 1975. Food colorimetry: Theory and applications. The Avi Publishing Company, Inc. Westport-Connecticut. USA. 477p.
- GARCIA-VIGUERA, C., ZAFRILLA, P., ROMERO, F., ABELLAN, P., ARTES, F. y TOMAS-BARBERAN, F. A. 1999. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. J. Food Sci. 64(2): 243-247.
- GEANKOPLIS, C. 1986. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Ed. Continental. México. México. 759 p

- GOLASZEWSKI, R., SIMS, C. A., O'KEEFE, S. F., BRADDOCK, R. J. y LITTELL, R. C. 1998. Sensory attributes and volatile components of stored strawberry juice. *J. Food Sci.* 63(4): 734-738.
- HAGER, V. 1997. Contribución al estudio de las propiedades texturales del mazapán. Tesis Lic. en Ingeniería en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 53p.
- HERBACH, K. M., STINTZING, F. C. y CARLE, R. 2004. Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. *J. Food Sci.* 69(6): 491-498.
- HEVIA, F., VENEGAS, A., WILCKENS, R., ARAYA, F. y TAPIA, M. 1993. Murtilla (*Ugni molinae* T.) III algunas características del fruto colectado en Chile. *Agro-Ciencia.* 9(1): 63-66.
- KALT, W., MCDONALD, J. E. y DONNER, H., 2000. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products. *J. Food Sci.* 65(3): 390-393.
- KAUSEL, E. 1942. Contribución al estudio de las mirtáceas chilenas. *Revista argentina de agronomía.* 9(2): 226-230.
- KRAMER, A. 1964. Definition of texture and its measurements in vegetables products. *Food Technol.* 18: 304-307.
- LANDRUM, L. 1988. The myrtle family (*Myrtaceae*) in Chile. *Proceedings of the California Academy of Sciences.* 47(12): 277-317.
- LANDRUM, L. Y DONOSO, C. 1990. *Ugni Molinae (Myrtaceae)*, a potential fruit crop for regions of mediterranean, maritime and subtropical climates. *Economic Botany.* 44: 536-539.

- LAVIN, A. y SOTOMAYOR, J. 1987. Licor de murtillas. IPA Quilamapu. 32: 6-9.
- LAVIN, A. y VEGA, A. 1996. Caracterización de frutos en murtilla (*Ugni molinae* Turcz) en el area de Cauquenes. Agricultura técnica (Chile). 56(1): 64-67.
- LO, C. M., GRÜN, I. U., TAYLOR, T. A., KRAMER, H. y FERNANDO, L. N. 2002. Blanching effects on the chemical composition and the cellular distribution of pectins in carrots. J. Food Sci. 67(9): 3321-3328.
- MC CABE, W. y SMITH, J. 1968. Operaciones básicas de ingeniería química. Vol II. Ed. Reverté S.A..Barcelona. España. 499-1048p
- MÜLLER, H. G. 1973. Introducción a la reología de alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 174p.
- OLMO, M., NADAS, A. y GARCÍA, J. M. 2000. Nondestructive methods to evaluate maturity level of oranges. J. Food Sci. 65(2): 365-369.
- ROY, S. S., TAYLOR, T. A. y KRAMER, H. L. 2001. Textural and ultrastructural changes in carrot tissue as affected by blanching and freezing. J. Food Sci. 66(1): 176-180.
- SAENZ, C. 1982. Importancia de las medidas del color en alimentos. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. El color en alimentos medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas agrícolas N°31. Santiago. Chile. 96p
- STEFFE, J. F. 1996. Rheological methods in food process engineering. Segunda edición. Freeman Press. Michigan. USA. 418p.
- TROUNG, V. D., WALTER, W. M. y BETT, K. L. 1998. Textural properties and sensory quality of processed sweetpotatoes as affected by low temperature blanching. J. Food Sci. 63(4): 739-743.

- TUNICK, M. H. 2000. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *J. Dairy Sci.* 83(8): 1892-1898.
- VENEGAS, A., HEVIA, F., LANUZA, P., WILCKENS, R., TAPIA, M. y ARAYA, F. 1993. Murtila algunas características físicas y químicas del fruto. *Agro - Ciencia.* 9(1): 11-15.
- WITTIG, E. 1982. Evaluación sensorial una metodología actual para la tecnología de alimentos. Universidad de Santiago de Chile. 134p
- WILCKENS, R., VENEGAS, A., HEVIA, F., TAPIA, M., ARAYA, F. Y CONEJEROS, S. 1991. Murtila (*Ugni molinae* T.). Obtención de extractos foliares no oxidados para separar electroforéticamente proteínas y enzimas en geles de poliacrilamida. *Agrociencia.* 7(2): 129-134.

ANEXOS

Anexo 1: Instrucciones para evaluación de murta sometida a tratamiento térmico

Usted deberá realizar un recorrido por los tres cubículos habilitados para evaluación sensorial de murta en forma afectiva de acuerdo a su color comprendido como intensidad.

En el primero de ellos se encuentra el fruto en envase de vidrio transparente junto a su medio de cobertura (la evaluación debe ser de acuerdo a la escala hedónica de nueve puntos en la planilla A)

En el segundo cubículo se encuentra el medio de cobertura sin el fruto (la evaluación debe ser de acuerdo a la escala hedónica de nueve puntos en la planilla B)

En el tercero se encuentra el fruto sometido bajo tratamiento térmico (la evaluación debe ser de acuerdo a la escala hedónica de nueve puntos en la planilla C)

Planilla de evaluación de producto

Planilla A	
CÓDIGO	EVALUACIÓN
HKL	
JNL	
RTF	
JIO	
WLO	
ALP	
WMV	
UYN	
APT	
YNX	
MLS	
OKX	
EMJ	
FHA	
ÑPE	
TGB	
KXV	
RUQ	

Observaciones:

Planilla de evaluación de medio de cobertura

Planilla B	
CÓDIGO	EVALUACIÓN
JNL	
UYN	
RTF	
HKL	
FHA	
ALP	
WMV	
TGB	
RUQ	
YNX	
ÑPE	
OKX	
EMJ	
MLS	
JIO	
APT	
KXV	
WLO	

Observaciones:

Planilla de evaluación de fruto tratado térmicamente

Planilla C	
CÓDIGO	EVALUACIÓN
YNX	
EMJ	
RTF	
ÑPE	
JNL	
ALP	
KXV	
UYN	
APT	
WLO	
MLS	
WMV	
HKL	
FHA	
OKX	
TGB	
JIO	
RUQ	

Observaciones:

Anexo 2: Instrucciones para evaluación de murta descongela no tratada térmicamente.

Usted cuenta con seis muestras para evaluación sensorial en forma afectiva de murta no tratada térmicamente de acuerdo a su color comprendido como intensidad.

Anote sus juicios y observaciones en la planilla dispuesta para ello de acuerdo a escala hedónica de nueve puntos

Planilla usada para evaluación de producto descongelado no tratado térmicamente.

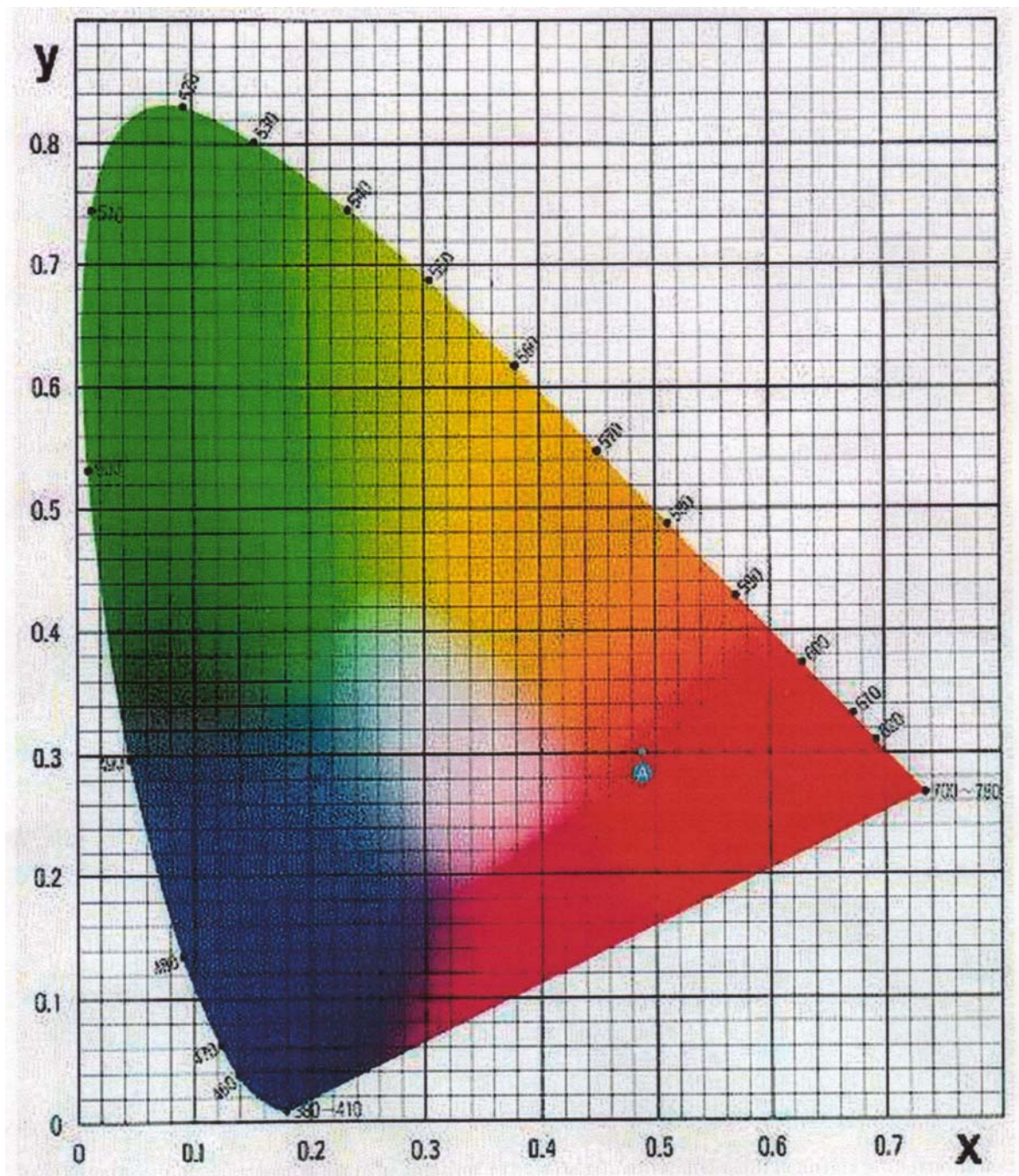
Planilla para evaluación de producto descongelado	
CÓDIGO	EVALUACIÓN
WLO	
ALP	
JNL	
JIO	
HKL	
RTF	

Observaciones:

Anexo 3:**Escala hedónica**

Puntaje	Calificación verbal
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Anexo 4: Carta CIE-XYZ



Anexo 5: Procedimientos de ensayos

a) Medición del diámetro ecuatorial en murta. Usando la balanza granataria se procedió a pesar la muestra en su conjunto. Posteriormente usando el pie de metro se procedió a medir el diámetro ecuatorial del fruto congelado.

b) Procedimiento de método 1 de compresión (colectivo)

- Restablecer las condiciones iniciales del equipo, es decir, usando el panel de control presionar la tecla *Reset*.
- Colocar transductor de baja capacidad de 5 kilogramos de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo.
- Fijar sistema de unidades del equipo a sistema internacional.
- Calibrar texturómetro de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo.
- Fijar parámetros de equipo y verificar parámetros anteriores; rango de carga (*load range*) 5000 g, velocidad 10 mm/min, diámetro 3,16 pulg , forma *compressive test*.
- Armar dispositivo de acuerdo a esquema descrito en la FIGURA 3
- Llevar lectura del equipo a cero con perillas *coarse* y *fine*
- Fijar la posición del cabezal móvil de acuerdo a la longitud de prueba en 15 mm, usando como referencia la altura máxima de la torre a objeto de fijar la cota superior.
- Posteriormente, colocar cinco gramos de muestra sobre la tapa de la prensa Kramer por el lado externo con coronas hacia arriba, y proceder a moler. La molienda se realiza entre la superficie lisa de la tapa de la prensa Kramer y el émbolo
- Leer en pantalla *peak 1* y altura, en lo referente a la altura se debe realizar una adición entre la posición entregada por el equipo y el recorrido total de prueba con el objetivo de obtener la posición desde la base, esto es debido a que el equipo entrega la posición en forma negativa la cual es determinada a medida que el cabezal desciende de la posición inicial.

c) Procedimiento de método 2 de compresión (Individual)

- Restablecer las condiciones iniciales del equipo
- Colocar transductor de baja capacidad de 5 kilogramos de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo
- Fijar sistema de unidades del equipo a sistema internacional.
- Calibrar texturómetro de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo
- Fijar parámetros de equipo rango de carga (*load range*) 1000 g, velocidad (*speed*) 10 mm/min, diámetro (*dia*) 15 mm, forma *compressive test*.
- Armar dispositivo de acuerdo a esquema descrito en la FIGURA 4
- Realizar fijación de cotas inferior y superior con una longitud de prueba de 15 mm
- Llevar lectura del equipo a cero con las perillas de macrométrico y micrométrico (*coarse* y *fine* respectivamente)
- Posteriormente, colocar la muestra correspondiente a una unidad de fruto y proceder a moler. Verificándose la compresión del fruto entre la superficie del yunque y la superficie del émbolo.
- Leer en pantalla *peak 1* y altura de ruptura, en lo referente a la altura se debe realizar una adición entre la posición entregada por el equipo y el recorrido total de prueba con el objetivo de obtener la posición desde la base, esto es debido a que el equipo entrega la posición en forma negativa la cual es determinada a medida que el cabezal desciende de la posición inicial.

d) Procedimiento de medición de color en la piel del fruto. Para esto se procedió a calibrar el colorímetro de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo. Posteriormente se procedió a extraer el epicarpio del fruto; para ello se debe proceder de la siguiente manera: macerar 20 gramos del fruto usando mortero, posteriormente se debe colocar el macerado en el colador y a continuación se debe lavar con agua desmineralizada a temperatura ambiente, usando de vez en cuando la piedra del mortero para remover las semillas y restos de pulpa presentes. Una vez lavada la piel, se debe picar finamente la piel de la murta usando el cuchillo hasta obtener un producto de

consistencia pastosa. Acto seguido se debe colocar el producto obtenido en la operación anterior en la cubeta y proceder a medir los parámetros X, Y y Z. Para obtener el color se debe transformar los parámetros anteriores usando las ecuaciones Ec. (1a) y Ec. (1b) y posteriormente se debe usar la carta CIE-XY presente en anexo 4.

e) Medición de color en fruto entero. Para esto se debe Calibrar colorímetro de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo. Posteriormente de debe colocar el fruto entero en la cubeta hasta cubrir totalmente el fondo y proceder a leer los parámetros X, Y y Z. Después usando los parámetros X, Y y Z en las ecuaciones Ec. (1a) y Ec.(1b) obtener el color en la carta CIE-XY presente en el anexo 4

f) Medición del color en el líquido de cobertura. Para medir el color en el líquido de cobertura se procedió a calibrar colorímetro de acuerdo a procedimiento descrito en el manual del equipo. Posteriormente se separó el líquido de cobertura del fruto y se filtró usando papel filtro y embudo, disponiendo el filtrado en tubo de ensayo de 20 ml. Acto seguido se cebó la cubeta de medición con el líquido de cobertura y se procedió a medir con el equipo los parámetros X; Y y Z. Estos parámetros fueron transformados usando las ecuaciones Ec. (1a) y Ec.(1b) para obtener el color usando la carta CIE-XY presente en el anexo 4

g) Procedimiento de panel de evaluación sensorial Una vez asegurada la participación de los jueces de acuerdo a los requerimientos de la prueba de escala hedónica (estos deben ser jueces con características de juez consumidor). Se procedió a explicar los detalles de la prueba, junto con entregar la planilla instructiva.

Posteriormente se procedió a la evaluación de los tratamientos codificados en forma aleatoria, los cuales fueron entregados todos al mismo tiempo, en tres módulos separados por producto, medio de cobertura y la fruta en vaso de plástico. El producto y el medio de cobertura fueron dispuestos es envases de vidrio.

Durante la evaluación se explicó en forma reiterada el objetivo del panel, lo cual es la evaluación del color como intensidad en forma afectiva.

En el caso de la evaluación del fruto descongelado se procedió de forma similar, evaluando el producto en triplicado previa codificación y presentación en forma aleatoria

h) Medición de pH. Para la medición de pH se calibró el instrumento de acuerdo a instrucciones del fabricante. Posteriormente se tomó lectura de pH en el medio de cobertura y se procedió a lavar el electrodo con agua destilada y a disponerlo en la solución tampón

i) Medición de sólidos solubles en la fase líquida. Para la medición de sólidos solubles en °Brix en la fase líquida, se calibró el instrumento de acuerdo a instrucciones del fabricante. Posteriormente se procedió a la lectura de la muestra, colocando una gota sobre dispositivo de lectura del equipo.

Anexo 6: Análisis estadísticos.

ENSAYO DE 3 CALIBRES USANDO EL MÉTODO 1.

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable firmeza

Cochran's C test: 0,335536 P-Value = 0,0827615

Bartlett's test: 1,24737 P-Value = 0,506432

Hartley's test: 13,5734

Levene's test: 0,450756 P-Value = 0,881908

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación

Cochran's C test: 0,216476 P-Value = 0,810519

Bartlett's test: 1,12367 P-Value = 0,871102

Hartley's test: 4,6715

Levene's test: 0,546801 P-Value = 0,813247

The StatAdvisor

Análisis de varianza para variable firmeza.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	8,67231	2	4,33616	0,18	0,8330
B:Calibre	979,826	2	489,913	20,75	0,0000
INTERACTIONS					
AB	96,1531	4	24,0383	1,02	0,4111
RESIDUAL	850,063	36	23,6129		
TOTAL (CORRECTED)	1934,71	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Análisis de varianza para variable deformación.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tiempo	2,97644	2	1,48822	3,00	0,0625
B:Calibre	11,9391	2	5,96956	12,03	0,0001
INTERACTIONS					
AB	2,87422	4	0,718556	1,45	0,2384
RESIDUAL	17,868	36	0,496333		
TOTAL (CORRECTED)	35,6578	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DE MEDICIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN °BRIX

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable °Brix

Cochran's C test: 0,16038 P-Value = 0,921897

Bartlett's test: 1,85241 P-Value = 0,335859

Hartley's test: 106,405

Análisis de varianza para sólidos solubles en °Brix

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	4,34067	1	4,34067	95,48	0,0000
B:Temperatura	0,96151	2	0,48075	10,58	0,0002
C:Tiempo	0,96712	2	0,48356	10,64	0,0002
INTERACTIONS					

AB	0,90035	2	0,45018	9,90	0,0004
AC	0,79201	2	0,39600	8,71	0,0008
BC	1,73694	4	0,434235	9,55	0,0000
ABC	0,68814	4	0,172035	3,78	0,0114
RESIDUAL	1,63653	36	0,045459		
TOTAL (CORRECTED)	12,0233	53			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Comparación de promedio de °Brix por lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
A	27	3,5766	X
B	27	4,1437	X
Contrast		Difference	+/- Limits
A - B		*-0,567037	0,117558

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedio de °Brix por temperatura.

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
75	18	3,76444	X
60	18	3,76722	X
90	18	4,04889	X
Contrast		Difference	+/- Limits
60 - 75		0,00277778	0,173749
60 - 90		*-0,281667	0,173749
75 - 90		*-0,284444	0,173749

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedio de °Brix por tiempo.

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tiempo	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
30	18	3,765	X
5	18	3,766	X
60	18	4,049	X
Contrast		Difference	+/- Limits
5 - 30		0,00111111	0,173749
5 - 60		*-0,283333	0,173749
30 - 60		*-0,284444	0,173749

* denotes a statistically significant difference.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DE MEDICION DE PH

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable pH.

Cochran's C test: 0,124626 P-Value = 1,0

Bartlett's test: 1,39815 P-Value = 0,892337

Hartley's test: 73,1622

Análisis de varianza para resultados de medición de pH.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	0,0298685	1	0,0298685	0,74	0,3945
B:Temperatur	0,0888778	2	0,0444389	1,10	0,3423
C:Tiempo	0,0561444	2	0,0280722	0,70	0,5042
INTERACTIONS					

AB	0,123826	2	0,061913	1,54	0,2283
AC	0,011559	2	0,0057793	0,14	0,8667
BC	0,166911	4	0,0417278	1,04	0,4014
ABC	0,153496	4	0,0383741	0,95	0,4444
RESIDUAL	1,44807	36	0,0402241		
TOTAL (CORRECTED)	2,07875	53			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS EXPERIMENTALES EN FRUTO DESCONGELADO.USANDO METODO 1

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable firmeza

Cochran's C test: 0,879254 P-Value = 0,000659427

Bartlett's test: 1,53454 P-Value = 0,000667366

Hartley's test: 7,28187

Levene's test: 4,51203 P-Value = 0,0426236

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación.

Cochran's C test: 0,80182 P-Value = 0,00229131

Bartlett's test: 5,29134 P-Value = 0,136614

Hartley's test: 192,858

Levene's test: 11,303 P-Value = 0,000204284

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS EXPERIMENTALES EN FRUTO DESCONGELADO.USANDO METODO 2

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable firmeza.

Cochran's C test: 0,502236 P-Value = 0,984651

Bartlett's test: 1,00001 P-Value = 0,984649

Hartley's test: 1,00898

Levene's test: 0,00273228 P-Value = 0,958586

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación.

Cochran's C test: 0,661588 P-Value = 0,153012

Bartlett's test: 1,0567 P-Value = 0,152992

Hartley's test: 1,95498

Levene's test: 0,530437 P-Value = 0,470888

Analisis de Varianza Firmeza

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4,53015	1	4,53015	2,01	0,1643
Within groups	85,6096	38	2,25289		
Total (Corr.)	90,1398	39			

Analisis de varianza deformación

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,625	1	0,625	1,18	0,2833
Within groups	20,051	38	0,527658		
Total (Corr.)	20,676	39			

ANALISIS ESTADÍSTICO MÉTODO 1 DE COMPRESIÓN

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable firmeza.

Cochran's C test: 0,114181 P-Value = 1,0

Bartlett's test: 1,19322 P-Value = 0,818477

Hartley's test: 7,31847

Levene's test: 0,33679 P-Value = 0,992717

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación.

Cochran's C test: 0,162179 P-Value = 0,285936

Bartlett's test: 1,22779 P-Value = 0,696504

Hartley's test: 19,2206

Levene's test: 0,519313 P-Value = 0,934797

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación relativa.

Cochran's C test: 0,156511 P-Value = 0,348973

Bartlett's test: 1,21976 P-Value = 0,726327

Hartley's test: 17,9205

Levene's test: 0,517071 P-Value = 0,936028

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación rigidez.

Cochran's C test: 0,168024 P-Value = 0,232246

Bartlett's test: 1,30596 P-Value = 0,410237

Hartley's test: 11,4531

Levene's test: 0,475125 P-Value = 0,956473

Análisis de varianza para firmeza

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:LOTE	200,198	1	200,198	9,78	0,0025
B:TEMPERATURA	906,489	2	453,244	22,15	0,0000
C:TIEMPO	21,0365	2	10,5182	0,51	0,6003
INTERACTIONS					
AB	113,18	2	56,59	2,77	0,0697
AC	11,1097	2	5,55485	0,27	0,7631
BC	51,2209	4	12,8052	0,63	0,6457
ABC	126,704	4	31,676	1,55	0,1976
RESIDUAL	1473,51	72	20,4654		
TOTAL (CORRECTED)	2903,44	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Análisis de Varianza para deformación

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:LOTE	0,121	1	0,121	0,27	0,6048
B:TEMPERATURA	7,08689	2	3,54344	7,91	0,0008
C:TIEMPO	1,25956	2	0,629778	1,41	0,2516
INTERACTIONS					
AB	2,40467	2	1,20233	2,69	0,0750
AC	0,274667	2	0,137333	0,31	0,7368
BC	0,922444	4	0,230611	0,52	0,7248
ABC	4,29267	4	1,07317	2,40	0,0581
RESIDUAL	32,236	72	0,447722		
TOTAL (CORRECTED)	48,5979	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Análisis de varianza para rigidez.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	16,2988	1	16,2988	6,96	0,0102
B:Temperatura	84,5207	2	42,2603	18,06	0,0000

C:Tiempo	3,096	2	1,548	0,66	0,5192
INTERACTIONS					
AB	16,6069	2	8,30344	3,55	0,0339
AC	1,71022	2	0,855111	0,37	0,6952
BC	3,07533	4	0,768833	0,33	0,8579
ABC	19,8331	4	4,95828	2,12	0,0872
RESIDUAL	168,5	72	2,34028		
TOTAL (CORRECTED)	313,641	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Análisis de Varianza para deformación relativa.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	12,8444	1	12,8444	0,23	0,6334
B:Temperatura	867,489	2	433,744	7,75	0,0009
C:Tiempo	159,289	2	79,6444	1,42	0,2477
INTERACTIONS					
AB	287,356	2	143,678	2,57	0,0838
AC	35,8222	2	17,9111	0,32	0,7272
BC	108,844	4	27,2111	0,49	0,7459
ABC	532,578	4	133,144	2,38	0,0597
RESIDUAL	4030,4	72	55,9778		
TOTAL (CORRECTED)	034,62	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Comparación de promedios Firmeza-Lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
B	45	11,5472	X
A	45	14,5301	X
Contrast		Difference	+/- Limits
A - B		*2,9829	1,90066

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios Firmeza-Temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
60	30	17,4994	X
75	30	11,2375	X
90	30	10,379	X
Contrast		Difference	+/- Limits
60 - 75		*6,26191	2,79545
60 - 90		*7,12042	2,79545
75 - 90		0,858513	2,79545

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios deformación-temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
60	30	4,10667	X
75	30	4,79333	X
90	30	4,42333	XX
Contrast		Difference	+/- Limits

60 - 75	*-0,686667	0,413471
60 - 90	-0,316667	0,413471
75 - 90	0,37	0,413471

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios rigidez-lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
B	45	2,48909	0,101509	X
A	45	3,06543	0,101509	X
Contrast		Difference	+/- Limits	
A - B		*0,576338	2,09155E-7	

Comparación de promedios rigidez-temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
90	30	2,21409	0,124323	X
75	30	2,62546	0,124323	X
60	30	3,49222	0,124323	X

Comparación de promedios deformación relativa-temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
75	30	46,7667	1,36599	X
90	30	50,8	1,36599	X X
60	30	54,3667	1,36599	X

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MÉTODO 2 DE COMPRESIÓN

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable firmeza.

Cochran's C test: 0,104278 P-Value = 0,203064

Bartlett's test: 1,2166 P-Value = 6,86135E-7

Hartley's test: 16,5

Levene's test: 2,14453 P-Value = 0,00565118

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable rigidez.

Cochran's C test: 0,104053 P-Value = 0,207634

Bartlett's test: 1,144 P-Value = 0,000684827

Hartley's test: 9,52873

Levene's test: 1,38256 P-Value = 0,14271

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación.

Cochran's C test: 0,110788 P-Value = 0,104866

Bartlett's test: 1,08583 P-Value = 0,0807011

Hartley's test: 5,31762

Levene's test: 0,866609 P-Value = 0,614347

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable deformación relativa.

Cochran's C test: 0,110303 P-Value = 0,110279

Bartlett's test: 1,08315 P-Value = 0,096965

Hartley's test: 5,07988

Levene's test: 0,838515 P-Value = 0,647865

Analisis de Varianza para deformación

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	1,65121	1	1,65121	2,50	0,1150
B:Temperatura	1,68972	2	0,844862	1,28	0,2801
C:Tiempo	0,738708	2	0,369354	0,56	0,5726
INTERACTIONS					
AB	6,34332	2	3,17166	4,80	0,0089
AC	0,395513	2	0,197757	0,30	0,7417
BC	7,20858	4	1,80215	2,73	0,0295
ABC	2,42232	4	0,60558	0,92	0,4549
RESIDUAL	210,264	318	0,661206		
TOTAL (CORRECTED)	230,063	335			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Analisis de Varianza para deformación relativa.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Temperatura	217,176	2	108,588	1,33	0,2661
B:Tiempo	94,6943	2	47,3471	0,58	0,5607
C:Lote	188,548	1	188,548	2,31	0,1297
INTERACTIONS					
AB	908,401	4	227,1	2,78	0,0270
AC	798,005	2	399,002	4,88	0,0081
BC	47,0618	2	23,5309	0,29	0,7499
ABC	294,796	4	73,699	0,90	0,4628
RESIDUAL	25974,8	318	81,6816		
TOTAL (CORRECTED)	28441,0	335			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS DE PANEL DE EVALUACIÓN SENSORIAL
ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN RESULTADOS DE PANEL EN FRUTO DESCONGELADO

Pruebas de homogeneidad de varianza para evaluación de fruto descongelado.

Cochran's C test: 0,502759 P-Value = 0,964651

Bartlett's test: 1,00002 P-Value = 0,964651

Hartley's test: 1,0111

Análisis de varianza

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8,25	1	8,25	3,95	0,0491
Within groups	271,83	130	2,09103		
Total (Corr.)	280,083	131			

Comparación de promedio del fruto por lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	Mean	Homogeneous Groups
2001	66	5,33333	X
2000	66	5,83333	X
Contrast	Difference	+/- Limits	
2001-2000	*-0,5	0,498001	

* denotes a statistically significant difference.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN RESULTADOS DE PANEL DE EVALUACIÓN SENSORIAL EN FRUTO DESCONGELADO SOMETIDO A TRATAMIENTO TÉRMICO

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable producto.

Cochran's C test: 0,0742376 P-Value = 0,94559

Bartlett's test: 1,01504 P-Value = 0,73148

Hartley's test: 2,01242

Levene's test: 0,482286 P-Value = 0,961373

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable cobertura.

Cochran's C test: 0,0710627 P-Value = 1,0

Bartlett's test: 1,01665 P-Value = 0,63441

Hartley's test: 2,2747

Levene's test: 0,649488 P-Value = 0,853123

Pruebas de homogeneidad de varianza para variable fruto.

Cochran's C test: 0,0803578 P-Value = 0,338616

Bartlett's test: 1,0155 P-Value = 0,704522

Hartley's test: 2,04757

Levene's test: 0,592353 P-Value = 0,899457

Análisis de varianza para el producto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lote	45,3378	1	45,3378	22,35	0,0000
B:Temperatura	72,4156	2	36,2078	17,85	0,0000
C:Tiempo	12,4156	2	6,20778	3,06	0,0474
INTERACTIONS					
AB	64,7622	2	32,3811	15,96	0,0000
AC	27,6689	2	13,8344	6,82	0,0012
BC	156,344	4	39,0861	19,27	0,0000
ABC	13,2511	4	3,31278	1,63	0,1638
RESIDUAL	1789,12	882	2,02848		
TOTAL (CORRECTED)	2181,32	899			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Comparación de promedios para el producto-lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2000	450	5,11333	X
2001	450	5,56222	X
Contrast		Difference	+/- Limits
2000 - 2001		*-0,448889	0,186097

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios para el producto-temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
60	300	4,93667	X
75	300	5,53333	X
90	300	5,54333	X
Contrast		Difference	+/- Limits
60 - 75		*-0,596667	0,272996
60 - 90		*-0,606667	0,272996
75 - 90		-0,01	0,272996

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios para el producto-Tiempo

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tiempo	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
5	300	5,17667	X
60	300	5,38333	XX
30	300	5,45333	X

Contrast	Difference	+/- Limits
5 - 30	*-0,276667	0,272996
5 - 60	-0,206667	0,272996
30 - 60	0,07	0,272996

* denotes a statistically significant difference.

Análisis de varianza para el líquido de cobertura.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
MAIN EFFECTS						
A:Lote		119,538	1	119,538	51,26	0,0000
B:Temperatura		13,2689	2	6,63444	2,84	0,0587
C:Tiempo		0,04222	2	0,02111	0,01	0,9910
INTERACTIONS						
AB		0,97555	2	0,487778	0,21	0,8113
AC		11,0956	2	5,54778	2,38	0,0932
BC	9,42444	4	2,35611	1,01	0,4011	
ABC		32,9711	4	8,24278	3,53	0,0072
RESIDUAL		2056,8	882	2,33197		
TOTAL (CORRECTED)	2244,12	899				

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Comparación de promedios para el líquido de cobertura-lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2000	450	4,89778	X
2001	450	5,62667	X

Contrast	Difference	+/- Limits
2000 - 2001	*-0,728889	0,199533

* denotes a statistically significant difference.

Análisis de varianza para el fruto

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
MAIN EFFECTS						
A:Lote		16,5378	1	16,5378	6,97	0,0083
B:Temperatura		238,709	2	119,354	50,30	0,0000
C:Tiempo		6,36222	2	3,18111	1,34	0,2622
INTERACTIONS						
AB		22,3756	2	11,1878	4,72	0,0092
AC		21,7489	2	10,8744	4,58	0,0105
BC		33,7711	4	8,44278	3,56	0,0069
ABC		10,7578	4	2,68944	1,13	0,3393
RESIDUAL		2092,8	882	2,37279		
TOTAL (CORRECTED)	2443,06	899				

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Comparación de promedios para el fruto-Lote

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Lote	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2000	450	5,12889	X
2001	450	5,4	X
Contrast		Difference	+/- Limits
2000 - 2001		*-0,271111	0,201272

* denotes a statistically significant difference.

Comparación de promedios para el fruto-Temperatura

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Temperatura	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
60	300	4,84667	X
75	300	4,95667	X
90	300	5,99	X
Contrast		Difference	+/- Limits
60 - 75		-0,11	0,295257
60 - 90		*-1,14333	0,295257
75 - 90		*-1,03333	0,295257

* denotes a statistically significant difference.