



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE  
VALENCIA

DEPARTAMENTO DE MECANIZACIÓN Y  
TECNOLOGÍA AGRARIA



Universidad  
de Guanajuato

UNIVERSIDAD DE  
GUANAJUATO

DIVISIÓN  
CIENCIAS DE LA VIDA

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
POR LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**PROGRAMA DE DOCTORADO CONJUNTO DE LAS  
UNIVERSIDADES  
POLITÉCNICA DE VALENCIA (ESPAÑA) Y DE GUANAJUATO  
(MÉXICO)**

ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS FÍSICOS Y EVALUACIÓN DE LA  
CALIDAD DE LA FRESA DURANTE EL MANEJO POSCOSECHA Y EL  
TRANSPORTE SIMULADO

**AUTOR:  
MARÍA DE LOURDES  
ALCÁNTARA GONZÁLEZ**

**DIRECTORES:  
JOSÉ MANUEL CABRERA SIXTO  
ANTONIO TORREGROSA MIRA**

**Valencia, España, 2009**



## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a Don Carlos Gracia López de la Universidad Politécnica de Valencia, España y a Don Salvador García Barrón de la Universidad de Guanajuato, México por la acertada idea de crear el Proyecto de Doctorado conjunto entre ambas Universidades. Proyecto pionero que hizo accesibles los estudios de Doctorado y la obtención del Grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia a varios profesores de la Universidad de Guanajuato, México, entre los cuales me encuentro yo.

Mi más sincero y profundo agradecimiento a mis Directores de Tesis, Antonio Torregrosa Mira y Manuel Cabrera Sixto, por su incondicional apoyo y dedicación, así como por sus sugerencias lo que hizo posible el logro de este plan de vida.

A las dos Instituciones que me acogieron durante el desarrollo de la tesis: a la Universidad Politécnica de Valencia, España y a la Universidad de Guanajuato. A los profesores del Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria: Enric Palau, Luis Val, José Luís Aleixandré, Enrique Moltó, Montano Pérez, José María. A Keith A. Thompson de la Universidad de Cranfield en Silsoe, Inglaterra.

A Mari Carmen Fernández Revert, por su invaluable apoyo como enlace entre la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Guanajuato.

A mis compañeros que me apoyaron y asesoraron, en especial a Juan Mercado, Gerardo, Delfino y Oscar Jaime. A todos los que me alentaron: Lupita, Melva, Víctor, Eleazar, Ernesto, Luis Felipe, José Luis, Jaime, Armando, Jaquelina, César, Noé y Briseida. Gracias, los aprecio.

Para los productores de fresa: Don Jesús, Don Carmen y Don Vicente, un agradecimiento afectuoso por haberme proporcionado además de las fresas, su amistad y sabiduría para llevar la vida con sencillez.

A todas las personas que de algún modo contribuyeron para la realización de esta tesis, con especial énfasis a Raúl Arias y a Leticia Pérez; a Bertha Alicia, Catalina, Jaqueline, Laura, Maricela y a todos aquellos que por error he omitido. Muchas gracias.



A ese ser eterno: Dios.  
Te agradezco Señor por todo lo que soy.

## **DEDICATORIAS**

Dedico esta tesis a todos aquellos con los que estoy en deuda, por haberles quitado parte del tiempo que les correspondía:

A mis padres: Juan y Leonor  
Por su ejemplo de fortaleza, lo que me alentó a ponerme de pie después de tantas caídas.

A Salvador:  
Por impulsarme a iniciar este proyecto. A pesar de las desavenencias, mi gratitud y mi cariño.

A mis hijas; Úrsula, Paula y Julieta:  
Por su confianza, lo que me motivó a seguir adelante.

A mi nieta Enia y María Paula y a los que están por llegar:  
Su alegría ahuyentó mis tristezas.

A mis hermanas y hermanos: Olga, Emma, Rubén, Armando, Luis y sus respectivos cónyuges.

A mis alumnos:  
Por haber permitido que les impartiera los cursos de manera intensiva.



# ÍNDICE GENERAL



	Página
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	5
<b>2. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA</b>	
2.1. Importancia del cultivo de la fresa y su producción .....	7
2.1.1. Importancia económica .....	7
2.1.2. Importancia nutricional .....	7
2.1.3. Producción mundial .....	8
2.1.4. Producción en México .....	12
2.1.4.1. Producción en el Estado de Guanajuato .....	15
2.2. El cultivo de la fresa .....	16
2.2.1. Origen del cultivo de la fresa .....	16
2.2.2. Naturaleza del fruto de fresa .....	18
2.2.2.1. Caracterización botánica .....	18
2.2.2.2. Caracterización fisiológica .....	19
2.2.2.3. Caracterización patológica.....	21
2.2.4. Estructura del fruto .....	22
2.2.5. Características de textura de la fresa .....	24
2.2.5.1. Cambios en la textura .....	27
2.2.6. Índice de madurez .....	28
2.3. Composición química de la fresa .....	30
2.4. El manejo poscosecha y su relación con las pérdidas poscosecha .....	35
2.4.1. El daño mecánico .....	36
2.4.1.1. Principales formas de daño mecánico.....	36
2.4.1.2. Sensibilidad de los productos al daño.....	37
2.4.1.3. Sensibilidad de la fresa al daño físico.....	38

---

2.4.1.4. Daños por transporte .....	38
2.4.2. Reacciones biológicas y químicas que ocurren después del daño .....	39
2.4.3. Estudios relacionados con las pérdidas poscosecha en fresas .....	39
2.4.4. Estudios realizados sobre la estimación de daños generados durante el transporte en frutas .....	42
2.4.5. Estudios realizados sobre la estimación de daños generados durante el transporte en fresas .....	45
2.5. La calidad de la fresa y su evaluación .....	50
2.5.1. Parámetros o atributos de calidad de la fresa .....	53

### **3. OBJETIVOS**

3.1. Objetivo general .....	65
3.1.1. Objetivos específicos .....	65

### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

4.1. Material biológico .....	69
4.2. Caracterización de las fresas .....	70
4.2.1. Caracterización física .....	70
4.2.2. Caracterización mecánica .....	71
4.2.2.1. Prueba de punción .....	73
4.2.2.2. Prueba de penetración .....	74
4.2.2.3. Análisis de perfil de textura .....	76
4.2.3. Caracterización química .....	77
4.2.3.1. Contenido de humedad y de sólidos totales .....	77
4.2.3.2. Sólidos solubles .....	78
4.2.3.3. pH .....	79
4.2.3.4. Acidez titulable .....	80
4.2.3.5. Contenido de ácido ascórbico (vitamina C) .....	80
4.3. Cuantificación de las pérdidas en el proceso de producción-expedición de las fresas variedad Chandler y Camarosa .....	82
4.3.1. Evaluación de daños mecánicos y defectos durante la recolección .....	82

---

4.3.2. Evaluación de daños mecánicos y defectos durante la comercialización y en etapa del consumidor.....	82
4.4. Evaluación de la calidad de las fresas variedad Chandler y variedad Camarosa durante el manejo poscosecha .....	85
4.4.1. Pérdida de peso .....	85
4.4.2. Medición del color.....	86
4.4.3. Medición de Firmeza .....	88
4.4.4. Sólidos solubles, acidez, ácido ascórbico y pH .....	88
4.4.5. Contenido de antocianinas .....	88
4.4.6. Evaluación sensorial de las fresas. ....	89
4.5. Cuantificación de las pérdidas poscosecha de fresa en la recepción de una empacadora.....	91
4.6. Evaluación del estado de madurez en la calidad de la fresa.....	91
4.6.1. Evaluación de los atributos de calidad en los tres estados de madurez.....	92
4.7. Cuantificación de los daños generados por vibración durante el transporte simulado. ....	92
4.7.1. Determinación de la frecuencia natural de vibración de la fresa .....	93
4.7.2. Evaluación del daño por vibración en fresas durante el transporte simulado .....	96
4.8. Evaluación de la calidad de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.....	98
4.9. Análisis estadístico.....	99

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1. Introducción.....	101
5.2. Caracterización de las fresas de las variedades Chandler y Camarosa .....	101
5.2.1. Caracterización física .....	101
5.2.2. Caracterización mecánica .....	103
5.2.3. Caracterización química .....	105
5.3. Cuantificación de las pérdidas en el proceso de producción-expedición de las fresas .....	108
5.4. Evaluación de la calidad de las fresas durante el manejo poscosecha.....	116
5.5. Evaluación sensorial de las fresas .....	128

---

5.6. Cuantificación de las pérdidas poscosecha de fresa en la recepción de una empacadora .....	132
5.7. Efecto del estado de madurez sobre la calidad de la fresa.....	140
5.8. Cuantificación de los daños generados por vibración durante el transporte simulado.....	148
5.8.1. Determinación de la frecuencia natural de la fresa .....	148
5.8.2. Estimación de los daños generados durante el transporte simulado.....	151
5.8.3. Evaluación de la calidad de las fresas durante el transporte simulado.....	153
5.9. Efecto del almacenamiento refrigerado en la calidad de la fresa variedad Chandler.....	163
<b>6. CONCLUSIONES</b>	
6.1. Conclusiones.....	173
6.2. Recomendaciones.....	176
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	
7.1. Bibliografía.....	179
<b>8. ANEXOS</b>	
8.1. Instrucciones para la evaluación sensorial de la fresa .....	199
8.2. Hoja de respuestas para la evaluación sensorial de la fresa .....	200
8.3. Valores medio de los ensayos realizados .....	201
8.4. Folleto del manejo poscosecha.....	217

---

# **ÍNDICE DE TABLAS**



---

	Página
Tabla 1. Producción Mundial de fresa Periodo:1997-2001.....	9
Tabla 2. Producción Mundial de fresa Periodo: 2002-2006.....	10
Tabla 3. Superficie cosechada de fresa de los principales países productores de fresa y mundial (ha) (2001-2005) .....	11
Tabla 4. Participación de los Estados en la producción nacional de Fresa en México .....	14
Tabla 5. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Fresa/Riego/2004 .....	15
Tabla 6. Producción de fresa en el estado de Guanajuato.....	16
Tabla 7. Otras enfermedades de la fresa .....	22
Tabla 8. Clasificación de las características de textura .....	26
Tabla 9. Composición Química de la fresa .....	34
Tabla 10. Componentes nutricionales de la fresa .....	34
Tabla 11. Calendarización de los cortes de las fresas para la estimación de los daños .....	83
Tabla 12. Caracterización física .....	102
Tabla 13. Caracterización mecánica de las fresas .....	104
Tabla 14. Caracterización química de las fresas.....	106
Tabla 15. Valores reportados para las características químicas de calidad de fresa Chandler .....	107
Tabla 16. Valores reportados para las características químicas de calidad de fresa Camarosa .....	107
Tabla 17. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Chandler .....	108
Tabla 18. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Camarosa .....	109
Tabla 19. Tamaño promedio de las fresas variedad Chandler y Camarosa.....	111
Tabla 20. Efecto del manejo poscosecha sobre el peso, el color y la firmeza de las fresas.....	117
Tabla 21. Efecto del manejo en los atributos químicos de las fresas .....	124
Tabla 22. Efecto del manejo sobre los atributos sensoriales de la calidad de las fresas.....	128
Tabla 23. Coeficientes de correlación entre los atributos sensoriales y objetivos de la calidad de la fresa .....	130
Tabla 24. Daños y defectos registrados en la recepción de una empacadora de fresa .....	133

---

---

Tabla 25. Principales daños y defectos registrados en el proceso de producción-expedición de las dos variedades estudiadas.....	137
Tabla 26. Efecto de la madurez en los atributos de calidad de la fresa.....	143
Tabla 27. Efecto del transporte en la producción del daño físico.....	153
Tabla 28. Efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas.....	154
Tabla 29. Efecto del transporte simulado sobre las características químicas.....	159
Tabla 30. Efecto del almacenamiento refrigerado sobre los atributos fisicoquímicos.....	164
Tabla 31. Efecto del almacenamiento refrigerado sobre el color de la fresa variedad Chandler.....	169
Tabla 32. Valores medio de la caracterización mecánica variedad Chandler.....	201
Tabla 33. Valores medio de la caracterización mecánica variedad Camarosa.....	201
Tabla 34. Valores medio de la caracterización química variedad Chandler.....	202
Tabla 35. Valores medio de la caracterización química variedad Camarosa.....	202
Tabla 36. Porcentaje de daños y defectos registrados durante el manejo poscosecha de fresas variedad Chandler.....	203
Tabla 37. Porcentaje de daños y defectos registrados durante el manejo poscosecha de fresas variedad Camarosa.....	203
Tabla 38. Valores medio de los tamaños encontrados en los tres periodos de cosecha de fresa de la variedad Chandler.....	204
Tabla 39. Valores medio de los tamaños encontrados en los tres periodos de cosecha de fresa de la variedad Camarosa.....	204
Tabla 40. Valores medio de los atributos químicos durante el manejo poscosecha de las fresas variedad Chandler.....	205
Tabla 41. Valores medio de los atributos químicos durante el manejo poscosecha de las fresas variedad Camarosa.....	206

---

Tabla 42. Valores medio de los atributos físicos durante el manejo postcosecha de las fresas variedad Chandler y Camarosa.....	207
Tabla 43. Valores medio de la evaluación sensorial de las fresas de la variedad Chandler.....	208
Tabla 44. Valores medio de la evaluación sensorial de las fresas de la variedad Camarosa.....	208
Tabla 45. Efecto del estado de madurez sobre los atributos de calidad de la fresa.....	209
Tabla 46. Porcentajes de fresa con defecto registrados en la recepción de la Empacadora.....	210
Tabla 47. Valores medio del efecto del transporte simulado en la producción del daño físico.....	211
Tabla 48. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas.....	212
Tabla 49. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características químicas.....	213
Tabla 50. Resultados de la evaluación del almacenamiento refrigerado.....	214



# **ÍNDICE DE FIGURAS**



---

	Página
Figura 1. Principales estados productores de fresa en México .....	13
Figura 2. Estados con producción significativa de fresa en México ....	14
Figura 3. Fruto de fresa .....	18
Figura 4. Estructura del fruto de la fresa .....	19
Figura 5. Dibujo esquemático de una sección longitudinal de fresa .....	23
Figura 6. Cambios de color durante la maduración de la fresa .....	29
Figura 7. Curvas de Punción .....	60
Figura 8. Análisis de perfil de textura obtenido para fresa .....	63
Figura 9. Cultivo de fresa.....	69
Figura 10. Carta de formas de fresas.....	71
Figura 11. Prueba de punción .....	74
Figura 12. Curva de la prueba de punción .....	74
Figura 13. Prueba de penetración .....	75
Figura 14. Curva de penetración .....	75
Figura 15. Prueba de análisis de perfil de textura .....	76
Figura 16. Análisis de perfil de textura obtenido para fresa .....	77
Figura 17. Refractómetro de Abbe .....	79
Figura 18. Potenciómetro .....	80
Figura 19. Evaluación de los daños y defectos en la recolección .....	84
Figura 20. Evaluación de los daños y defectos en fresas del mercado y en etapa consumidor .....	85
Figura 21. Diagrama de cromaticidad.....	86
Figura 22. Espectrofotómetro.....	87
Figura 23. Evaluación sensorial.....	90
Figura 24. Plataforma de vibración.....	94
Figura 25. Canasta conteniendo fresas.....	94
Figura 26. Diagrama del equipo empleado para determinar la frecuencia natural de la fresa .....	96
Figura 27. Ensayos de la simulación del transporte.....	98
Figura 28. Forma típica de fresas variedad Chandler.....	102
Figura 29. Forma típica de fresas variedad Camarosa.....	103
Figura 30. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Chandler.....	112
Figura 31. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Camarosa.....	112
Figura 32. Fresas con daños y defectos.....	113
Figura 33. Pérdida de peso de las fresas registrado en cada etapa del manejo.....	118

---

Figura 34. Variación del parámetro de color L* de fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	119
Figura 35. Variación del parámetro de color L* de fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	119
Figura 36. Variación del parámetro de color a* de fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	120
Figura 37. Variación del parámetro de color a* de fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	120
Figura 38. Variación de la firmeza de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	121
Figura 39. Variación de la firmeza de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	121
Figura 40. Variación en el contenido de ácido ascórbico de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	125
Figura 41. Variación en el contenido de ácido ascórbico de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	125
Figura 42. Variación del contenido de antocianinas de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	126
Figura 43. Variación del contenido de antocianinas de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	126
Figura 44. Variación en el contenido de sólidos solubles de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	127
Figura 45. Variación en el contenido de sólidos solubles de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha.....	127
Figura 46. Variación del color sensorial durante el manejo poscosecha.....	130
Figura 47. Variación de la firmeza sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	131
Figura 48. Variación de la acidez sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	131
Figura 49. Variación de la dulzura sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha.....	132
Figura 50. Valores medio para porcentajes de fresas con defectos y daños registrados en una empacadora.....	134

Figura 51. Valores medio del daño físico registrado en la empacadora durante el periodo estudiado.....	135
Figura 52. Valores medio de fresas sobremaduras registrados en la empacadora durante el periodo estudiado.....	135
Figura 53. Valores medio de fresas inmaduras registrados en la empacadora durante el periodo estudiado .....	136
Figura 54. Valores medio de fresas con forma atípica registrados en la empacadora durante el periodo estudiado .....	136
Figura 55. Porcentaje de daño físico registrado durante el manejo poscosecha.....	138
Figura 56. Porcentaje de fresas sobremaduras registrado durante el manejo poscosecha.....	138
Figura 57. Porcentaje de fresas inmaduras registrado durante el manejo poscosecha.....	139
Figura 58. Variación en el parámetro de color L* con el estado de madurez de la fresa .....	144
Figura 59. Variación en el parámetro de color a* con el estado de madurez de la fresa .....	144
Figura 60. Variación de la firmeza con el estado de madurez de la fresa .....	145
Figura 61. Variación de la acidez con el estado de madurez de la fresa.....	145
Figura 62. Variación en el contenido de sólidos solubles.....	146
Figura 63. Variación en el contenido de ácido ascórbico con el estado de madurez de la fresa .....	146
Figura 64. Variación en el contenido de antocianinas con el estado de madurez de la fresa .....	147
Figura 65. Gráfico de aceleración contra tiempo para la plataforma.....	148
Figura 66. Gráfico de aceleración contra tiempo para la fresa.....	149
Figura 67. Frecuencia natural de la fresa registrada durante la simulación del transporte.....	149
Figura 68. Daños por abrasión registrados en la simulación del transporte.....	152
Figura 69. Daños registrados por compresión en la simulación del transporte.....	152
Figura 70. Disminución de la firmeza con la vibración generada por el transporte simulado .....	155
Figura 71. Disminución de la fuerza de punción con la vibración generada por el transporte simulado.....	156

Figura 72. Aumento de la deformación de punción con la vibración generada por el transporte simulado .....	156
Figura 73. Disminución de la fuerza de penetración con la vibración generada por el transporte simulado .....	157
Figura 74. Aumento de la deformación de penetración con la vibración generada por el transporte simulado .....	158
Figura 75. Efecto de la vibración del transporte simulado sobre la acidez .....	160
Figura 76. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre el contenido de sólidos solubles .....	161
Figura 77. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre la humedad .....	161
Figura 78. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre el contenido de ácido ascórbico .....	162
Figura 79. Fresas mostrando visiblemente la pérdida de calidad al cuarto día de almacenamiento .....	163
Figura 80. Pérdida de peso de las fresas almacenadas.....	165
Figura 81. Pérdida de la firmeza de las fresas almacenadas en diferente empaque.....	165
Figura 82. Cambios en el contenido de ácido ascórbico .....	166
Figura 83. Cambios en el contenido de sólidos solubles.....	167
Figura 84. Variación de la acidez de las fresas almacenadas.....	168
Figura 85. Cambios en los valores de luminosidad .....	170
Figura 86. Cambios en los valores de $a^*$ .....	170
Figura 87. Cambios en los valores de croma .....	171

# **SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS**



**SIGLAS**

**Descripción**

SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.
SIACON	Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (México)
CONAFRE	Consejo Nacional de la fresa, Asociación Civil (Irapuato, Gto.)
ISO	Organización Internacional para la estandarización (International Standards Organization)
NOM	Norma Oficial Mexicana

**UNIDADES**

**Descripción**

g	Gramos
µg o mcg	Microgramos
mg	Miligramos
t	Tonelada
kg	Kilogramo
ha	Hectárea
µL	Microlitros
Kcal	Kilocalorías
Hz	Hertz (ciclos por segundo)
G	Aceleración de la gravedad
h	Hora
min	Minutos
s	Segundos
km	Kilómetros
mm	Milímetros
cm	Centímetros
N	Newton
kgF	Kilogramo fuerza

UI de Vitamina A                      Unidades internacionales de Vitamina A  
equivalente biológico de 0.3 µg de retinol o  
de 0.6 µg de betacaroteno

**ABREVIATURAS**

**Descripción**

D.S.	Desviación estándar
p	Nivel de significancia
Col.	Colaboradores
Pág.	Página
Def.	Deformación
LSD	Minima diferencia significativa (Low significant difference)

# RESUMEN



## RESUMEN

El cultivo de la fresa en Irapuato, Guanajuato, México, ha sido una tradición agrícola por más de 40 años, sin embargo sus niveles de producción, comercialización y exportación han descendido. Una de las principales causas identificadas es la rápida disminución de la calidad de la fruta, ya que ésta se pierde durante la manipulación poscosecha. Por lo que la calidad se ha convertido en un componente que afecta a la rentabilidad del cultivo.

No hay suficientes datos sobre el porcentaje de pérdidas poscosecha durante el manejo de la fresa en la región de Irapuato, ni de los principales factores que reducen la calidad de la fruta. Por lo que el objetivo de este trabajo fue estimar los daños físicos y evaluar la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado, así como identificar los principales factores que la afectan.

Para ello, se procedió a cuantificar las pérdidas en el proceso de producción-expedición de las fresas de la variedad Chandler y Camarosa, así como a evaluar el efecto del manejo sobre la calidad de las fresas durante la recolección, la comercialización y la venta al detalle. Se identificaron los daños y defectos mediante una evaluación visual y se determinó el porcentaje en peso de fresa con daños y defectos. Se estimaron los daños por transporte simulado y la calidad de las fresas sometidas a vibración con tres frecuencias (8 Hz, 12 Hz y 18 Hz) en una plataforma de vibración.

Los factores que afectaron la calidad de las fresas fueron:

- a) El daño mecánico infringido por los propios trabajadores durante la recolección.
- b) La manipulación excesiva y las altas temperaturas que prevalecen, provocando el suavizamiento de la piel haciéndola más susceptible a los daños, al oscurecimiento del color y a la pérdida de agua que provoca que luzca marchita.
- c) El transporte que provocó abrasiones y magulladuras.

El parámetro de calidad más indicativo del daño mecánico de las fresas fue la firmeza, sin embargo, también se afectó el valor nutricional (contenido de vitamina C), el dulzor (contenido de azúcares), y el peso (contenido de humedad). Por lo que se recomienda implementar un programa de capacitación a los trabajadores para reducir las pérdidas poscosecha de las fresas en la región de estudio.

## **ABSTRACT**

The strawberry crop in Irapuato, Guanajuato, Mexico, has been an agricultural tradition for over 40 years; nevertheless its levels of production, commercialization and export have decreased. One of the main recognized causes is the loss of quality of the fruit affected by post-harvest handling. As a result, quality becomes an issue that affects the profitability of the crop.

There is no enough data available about the postharvest losses during the strawberry handling in the Irapuato region, nor about the main reasons that reduce the quality of the fruit. The objective of this study was to estimate the physical damages and to evaluate the strawberry quality during postharvest handling and the simulated transport, as well as to identify the main factors that affect it.

Thus, the study aimed to quantify the losses in the production and commercialization chain of strawberries of the Chandler and Camarosa varieties, as well as to evaluate the effect of the handling over the strawberries' quality during the harvesting, the whole sale and retail phases. The damages and defects were identified by means of visual evaluation and their weight percent was assessed. The damage caused by the simulated transport was determined and the strawberries quality after they were submitted to vibration at three frequencies (8 Hz, 12 HZ and 18 Hz) at the vibration platform.

The factors that affected the strawberries quality were:

- a) The mechanical damage infringed by the workers during the harvesting.
- b) The excessive manipulation and the high temperatures that prevail, causing the softening of the skin making it more prone to damages, the darkening of the colour and the water loss makes it shrivel.
- c) Abrasions and bruises caused by transport.

The indicative parameter of the mechanical damage was the firmness. However, the nutritional value was affected too (vitamin C content), the flavour (sugar content) and the weight (moisture content).

The study concludes that a training program for harvest workers must be implemented to reduce the postharvest losses of strawberries in the region.

## RESUM

El cultiu de la maduixa en Irapuato, Guanajuato, Mèxic, ha sigut una tradició agrícola per més de 40 anys, no obstant els seus nivells de producció, comercialització i exportació han descendit. Una de les principals causes identificades és l'absència de qualitat de la fruita, ja que esta es perd durant la manipulació postcollita. Pel que la qualitat s'ha convertit en un component que afecta la rendibilitat del cultiu.

No hi ha dades sobre el percentatge de pèrdues postcollita durant el maneig de la maduixa en la regió d'Irapuato, ni dels principals factors que reduïxen la qualitat de la fruita. Pel que l'objectiu d'este treball va ser estimar els danys físics i avaluar la qualitat de la maduixa durant el maneig postcollita i el transport simulat, així com identificar els principals factors que l'afecten.

Per a això, es va procedir a quantificar les pèrdues en el procés de producció-expedició de les maduixes de la varietat Chandler i Camarosa, així com a avaluar l'efecte del maneig sobre la qualitat de les maduixes durant la recol·lecció, la comercialització i la venda al detall. S'identificació els danys i defectes per mitjà d'una avaluació visual i es va determinar el percentatge en pes de maduixa amb danys i defectes. Es van estimar els danys per transport simulat i la qualitat de les maduixes sotmeses a vibració amb tres freqüències (8 Hz, 12 Hz i 18 Hz) en una plataforma de vibració.

Els factors que van afectar la qualitat de les maduixes van ser:

- a) El dany mecànic infringit pels propis treballadors durant la recol·lecció.
- b) La manipulació excessiva i les altes temperatures que prevalen, provocant el debilitament de la pell fent-la més susceptible als danys, a l'enfosquiment del color i a la pèrdua d'aigua que provoca que lluisca marcida.
- c) El transport que va provocar abrasions i magolaments.

El paràmetre de qualitat més indicatiu del dany mecànic de les maduixes va ser la fermesa, no obstant, també es va afectar el valor nutricional (contingut de vitamina C), la dolçor (contingut de sucres), i el pes (contingut d'humitat). Pel que es recomana implementar un programa de capacitació als treballadors per a reduir les pèrdues postcollita de les maduixes en la regió d'estudi.





# INTRODUCCIÓN



## 1.1. INTRODUCCIÓN

Las frutas y vegetales juegan un papel muy importante en la nutrición humana, ya que son una fuente importante y considerable de vitaminas, minerales, fibra dietética y antioxidantes. En la actualidad su consumo ha aumentado, debido a las intensas recomendaciones que se dan por los beneficios que trae consigo su ingesta diaria a la salud. Esto soportado por los estudios realizados donde se demuestran algunos de los beneficios como: la reducción del riesgo de algunas formas de cáncer, el descenso de ciertas enfermedades del corazón, de ataques y apoplejías, y de otras enfermedades crónicas.

Las frutas y vegetales, son productos que una vez cosechados siguen vivos, por lo tanto siguen respirando, liberan energía y calor, y pierden humedad. Además están sujetos a diversos cambios y al deterioro. Estas características los convierten en productos perecederos, por lo que entre la cosecha y su consumo se producen pérdidas tanto cuantitativas como cualitativas. Las pérdidas cualitativas son las más difíciles de estimar y pueden representar: la pérdida de comerciabilidad del producto y la aceptabilidad del consumidor, debido a que ya no son aptos para el consumo; la pérdida de la calidad nutricional y del valor calórico.

Las pérdidas poscosecha de frutas y vegetales varían mucho de acuerdo al tipo de producto del que se trate, de las áreas de producción y de la estación o época de producción. Las pérdidas en las ventas al mayoreo, al menudeo y al consumidor se han estimado cercanas al 20% en países en vías de desarrollo y cerca del 10% en países desarrollados. Aunque también se han dado cifras hasta del 30% al 40% en países desarrollados y aun mayores en los no desarrollados. En general se considera que una tercera parte de los cultivos hortícolas producidos nunca son consumidos por los humanos. Es importante considerar la forma de reducir las pérdidas ya que con ello, se puede incrementar la disponibilidad de los alimentos para la creciente población mundial, se reducen las áreas necesarias para la producción y se conservan los recursos naturales (Kader y Rolle, 2004).

La estimación de pérdidas es difícil de establecer debido a la cantidad de causas que las provocan, sin embargo de acuerdo a estudios realizados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1973), las principales causas de las pérdidas

poscosecha, son por enfermedades que ocasionan pudriciones y por daño mecánico. Otras fuentes de pérdidas son la sobre maduración de los productos, la senescencia y el crecimiento de patógenos.

Las condiciones del manejo poscosecha son de considerable importancia ya que tienen influencia sobre los procesos fisiológicos de los productos. Así, los daños mecánicos favorecen las pudriciones, ya que por las heridas pueden entrar los microorganismos patógenos. Las condiciones ambientales como el calor incrementan la velocidad de respiración, por consiguiente el producto pierde agua y se marchita. Una inadecuada sanidad provocará enfermedades. Esto marca la importancia del buen manejo poscosecha para mantener al producto en buen estado, sin embargo, es importante considerar que el manejo poscosecha no puede mejorar la calidad del producto cosechado, por lo que la selección del producto en el momento de la recolección o cosecha es de primordial importancia.

El mal manejo poscosecha también es un problema que afecta gravemente a la economía de los productores, de los comercializadores, de los consumidores y por consiguiente del país productor, ya que la reducción de las pérdidas trae como consecuencia una disminución de los costos de producción, de distribución y de los precios para el consumidor así como un aumento en los ingresos del productor.

En el caso de la fresa por ser un producto suave y delicado se producen también grandes pérdidas poscosecha, sin embargo existen pocos estudios relacionados con la estimación de éstas. En algunos de los estudios las causas del daño que se reportan son muy similares, no así los porcentajes.

El inadecuado manejo se ha presentado aun en los países desarrollados como en los Estados Unidos de Norteamérica manifestándose en grandes pérdidas de productos perecederos. Prueba de ello son los estudios publicados como el análisis de la situación en este país durante tres décadas que concluye que aunque hubo una reducción de las pérdidas poscosecha en algunos productos como resultado de algunos años de investigación, en otros frutos las pérdidas han llegado a ser más serias. En un estudio realizado en los mercados de Nueva York los porcentajes de pérdidas encontrados varían desde un 1.7% para manzanas a un 22.9% para fresas (Lancaster y Coursey, 1984).

En otro estudio realizado en el mercado más grande de Nueva York, se registraron pérdidas en fresas del 6% en la comercialización al mayoreo, del 5% en el menudeo y de 18 % en el ámbito de consumidor (Ceponis y Butterfield, 1973). Las pérdidas encontradas en el mercado al mayoreo fueron causadas por pudriciones, principalmente por el moho gris y por daño mecánico que se manifestó por magulladuras y suavizamiento de la fresa. En el menudeo las pérdidas registradas siguieron el mismo patrón observado que en el mercado al mayoreo. En el ámbito del consumidor la pudrición de las fresas fue considerable (11.6%) así como el daño mecánico (6.4%). En un estudio más reciente relacionado con pérdidas de frutas y vegetales elaborado para la FAO, se estimaron pérdidas del 23% para fresas en países desarrollados (Kader y Rolle, 2004)

En Europa, también se han identificado pérdidas poscosecha en fresas. En un estudio realizado en España por Valenciano (1990), en los almacenes de confección, se observaron pérdidas del 26.2 % por daño mecánico (magulladuras), del 28% por sobremaduración y del 45.85% por otros defectos. La mayoría de las magulladuras detectadas correspondieron al proceso de la recolección. Otros defectos que también se controlan son la presencia de enfermedades, la forma, el tamaño y el color.

En Dinamarca, Kampp y Pedersen (1990) del Instituto Bioteknisk hicieron una investigación para obtener una impresión de la calidad general de los productos e identificar las posibilidades para mejorar su calidad. Encontraron que las fresas tanto danesas como las importadas sufren daños hasta un alto grado de inacceptabilidad. El principal daño observado fue por compresión el cual alcanzó el 20%.

En México, en un estudio realizado por Reyes (1994) en la recepción de una empacadora de fresa, de la ciudad de Irapuato, se hallaron pérdidas por daño mecánico del 9.13%, el cual fue atribuido al transporte.

Las pérdidas de calidad de las fresas frecuentemente se deben a la descomposición causada por el hongo *Botrytis cinérea*, y cuando se combina ésta con la pérdida de agua, el suavizamiento y las magulladuras durante el manejo y el transporte, las pérdidas pueden llegar a ser mayores del 40% antes de que lleguen al consumidor (Bower y col., 2003). Observándose en ocasiones una mayor incidencia

de daño mecánico por compresión que por pudriciones y también por sobre madurez.

En el caso de México, el cultivo de la fresa tiene gran importancia económica debido a que es un cultivo de exportación que requiere de una gran cantidad de mano de obra, lo que genera empleos y divisas. Además es un fruto con una gran posibilidad de utilización industrial en la obtención de diferentes productos. Sin embargo, presenta una gran problemática debido a algunas consideraciones que afectan a la producción y el rendimiento como la disponibilidad de agua y de plantas; la presencia de enfermedades como la secadera causada por hongos (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Verticillium spp.*, *Alternaria spp* y *Rhizoctonia spp*); las condiciones climatológicas, las cuales han cambiado en los últimos años dando lugar a oscilaciones en los rendimientos; pero también al manejo inadecuado del producto lo que da lugar a pérdidas poscosecha y a pérdidas de calidad del producto.

Las pérdidas poscosecha en fresas no siempre representan la pérdida total de la fruta, sino también puede ser la pérdida de su calidad de la cual dependerá su aceptación por parte del consumidor. Ya que la calidad de las fresas está en función de su apariencia (distribución e intensidad del color rojo, tamaño y forma de la fruta, ausencia de defectos y enfermedades), de su firmeza, sabor y valor nutricional.

La calidad de la fresa se ve influenciada por muchos factores pero uno de los que más la afecta es su mal manejo durante la cadena de producción, comercialización y transporte. Además en la actualidad los estándares de calidad son más exigentes, por lo que la calidad se ha convertido en un componente que afecta a la rentabilidad del cultivo.

Debido a que la producción y comercialización de la fresa en México y en varios países del mundo, ha adquirido una considerable importancia desde el punto de vista económico, nutricional y de salud, es importante considerar las diversas operaciones del manejo poscosecha para detectar las principales causas de pérdidas y reducirlas a un mínimo. Aunado a esto hay una creciente disminución en los márgenes de ganancia y los costos de producción han aumentado, por lo tanto, se acentúa más la necesidad de establecer estrategias que minimicen las pérdidas poscosecha.

Por tal motivo el presente trabajo se enfocó al estudio de la estimación de las pérdidas y a la evaluación de la calidad de las fresas durante los principales puntos del manejo poscosecha y durante el transporte simulado en Irapuato, Guanajuato, México. Esto con el objeto de detectar la incidencia y la susceptibilidad al daño así como los tipos de daños que se registran para hacer las recomendaciones pertinentes para minimizarlos.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Los productores de fresa de la región Bajío han puesto una mayor atención en la calidad de las fresas debido a que la han identificado como un componente clave para la rentabilidad del cultivo al haberse incrementado la producción y la competitividad en el mercado nacional e internacional. No obstante, mantener la calidad de las fresas durante su manejo es un gran reto para ellos, debido a la falta de conocimientos sobre el manejo adecuado y a la susceptibilidad de las fresas al daño mecánico durante su manejo poscosecha.

Aunado a esto, durante la comercialización de las fresas en este lugar se realizan una serie de traslados y por ende una gran manipulación: en la cosecha, durante su manejo y en el transporte, generándose en cada una de estas etapas una reducción de su calidad, ya que durante ellas se pueden producir daños mecánicos como magulladuras, cortes, perforaciones y escoriaciones.

Estos daños además de afectar la apariencia externa, provocan pérdida de nutrientes, y un fácil acceso a las infecciones dando lugar a pérdidas poscosecha. Por si fuera poco, estas alteraciones se ven incrementadas por las altas temperaturas que prevalecen en el campo. Debido a la gran diversidad de factores que afectan la calidad de las fresas, los productores de la región de Irapuato, Guanajuato, han manifestado un interés en conocer los principales factores que reducen en gran medida la calidad durante el manejo poscosecha, así como la forma de ser controlados.





## **REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA**



## 2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA FRESA Y SU PRODUCCIÓN

### 2.1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las fresas (*Fragaria x ananassa Duch*) conocidas por su delicado sabor y rico contenido en vitaminas se cultivan en todas las regiones arables de la tierra, son de las bayas más populares y forman parte regular de la dieta de millones de personas en el mundo (Schwab y Raab, 2004). En los últimos años su cultivo ha alcanzado un notable desarrollo, mayor que las demás especies de frutos pequeños con los que tradicionalmente se asocia como la frambuesa y la mora. Su rápida difusión se debe principalmente a que es una fruta que puede cultivarse prácticamente durante todo el año. Además tiene una gran posibilidad de industrialización ya que se puede transformar o emplear en diversos productos. Otro aspecto importante a considerar, desde el punto de vista económico y social es la gran cantidad de mano de obra que requiere el cultivo, lo cual genera empleos.

### 2.1.2. IMPORTANCIA NUTRICIONAL

Las fresas forman parte de la dieta de millones de personas, son muy demandadas por su sabor delicioso y color rojo atractivo pero también porque son muy nutritivas. Se consideran una buena fuente de vitamina C (Voca y col., 2006; Cordenunsi y col., 2002 y Nunes y col., 1998), su contenido varía de 26-120 mg/100 g (Kader, 1991) y en promedio contienen 60 mg/100 g de peso fresco (Wright y Kader, 1997).

El alto contenido de vitamina C que tienen las fresas le confiere otras propiedades importantes relacionadas con la salud. La vitamina C previene el escorbuto, favorece la absorción de hierro no hemo (el hierro que proviene de los vegetales y no de la carne) (Wright y Kader, 1997). Otras funciones biológicas que tiene la vitamina C es su participación en la formación de colágeno, en la reducción de los niveles de colesterol, y en la inhibición de la formación de nitrosaminas (Lee y Kader, 2000). Se considera uno de los antioxidantes naturales más potentes (Cordenunsi y col., 2002; Cordenunsi y col., 2005) lo que da protección contra las enfermedades relacionadas con el “estrés oxidativo” reduciendo el riesgo de la arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Lee y Kader, 2000).

Las fresas contienen unos pigmentos que le imparten el color rojo atractivo, llamados antocianinas. Estos pigmentos según algunos estudios tienen un efecto antioxidante, lo que favorece la eliminación de los dañinos “radicales libres” evitando así las enfermedades relacionadas con ellos, como el cáncer y las enfermedades del corazón, (Tsao y col., 2003; Raloff, 2003).

Otro componente importante que aporta las fresas es el ácido elálgico, el cual en los últimos años ha recibido mucha atención debido a sus beneficios a la salud como agente anti carcinogénico y anti mutágeno; como promotor de la coagulación e inhibidor de hemorragias y como secuestrador de los radicales libres (Singh, 2005). Las fresas también son una fuente de ácido fólico (Johannesson y col., 2002), de potasio y de fibra dietética (Mann, 1997).

Por todas estas propiedades se ha recomendado ampliamente su consumo, el cual ha ido en aumento.

### 2.1.3. PRODUCCIÓN MUNDIAL

La producción de fresa en el mundo presenta variaciones las cuales están relacionadas con: la superficie cosechada, el rendimiento, las condiciones climatológicas, la demanda y la oferta y con la situación económica que prevalece en cada uno de los países productores (FAOSTAT, 2005).

Los principales países productores de fresa se muestran en las tablas 1 y 2. El principal país productor de fresa es Estados Unidos de Norteamérica y en segundo lugar se encuentra España. En los últimos años, Japón, Polonia, Italia, Corea, Rusia, México, Turquía y Alemania se han mantenido entre los primeros diez lugares con algunas variaciones. Marruecos y Egipto han tenido un considerable aumento en la producción en los últimos 2 años, en cambio México presentó una disminución. Los países que presentan la mayor área cosechada se muestran en la tabla 3. De acuerdo a los datos de estas tablas se observa que no hay una correspondencia entre el área cosechada y la producción, lo que indica que hay diferentes rendimientos de producción en cada país productor de fresas.

Tabla 1. Producción Mundial de fresa  
Periodo:1997-2001

País	Producción (t)				
	1997	1998	1999	2000	2001
Estados Unidos	738,354	743,750	831,258	862,828	748,885
España	273,734	308,300	377,527	344,865	314,079
Japón	200,000	181,100	203,100	205,300	175,000
Italia	161,557	178,000	185,852	195,661	208,600
República de Corea	151,199	155,521	152,481	180,501	202,966
Polonia	162,509	149,858	178,211	171,314	242,118
Federación Rusa	125,000	128,000	150,000	160,000	184,314
México	98,318	118,805	137,736	141,130	117,000
Turquía	110,000	120,000	129,000	130,000	130,688
Alemania	78,877	81,545	109,194	104,276	110,130
Marruecos	30,000	40,000	58,200	105,000	90,000
Egipto	45,938	52,321	53,684	70,612	68,137
Francia	80,700	73,700	67,700	57,819	52,737
Reino Unido	31,300	34,900	41,600	37,300	36,600
Holanda	30,000	50,000	35,000	34,000	34,000
Ucrania	24,404	31,390	22,371	32,072	34,518
Serbia y Montenegro	19,000	22,000	23,500	25,057	34,696
Irán	16,984	21,813	22,628	25,361	21,844
Canadá	26,190	26,805	26,620	23,810	23,740
Finlandia	10,389	9,163	10,585	25,361	13,002
Bélgica	0	0	0	46,000	41,300
Chile	26,000	28,000	20,000	21,000	22,500
Colombia	15,300	15,300	15,734	19,142	22,934
Israel	14,800	15,500	15,500	15,400	16,600
Nueva Zelanda	6,000	6,600	6,700	6,500	6,500
Mundial	2,760,164	2,867,719	3,186,076	3,299,287	3,204,152

Fuente: FAOSTAT, 2005. Última actualización febrero 2005

Tabla 2. Producción Mundial de fresa  
Periodo: 2002-2006

País	Producción (t)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Estados Unidos	854,845	977,951	1,004,169	974,500	1,259,449
España	279,441	264,237	288,100	308,000	333,500
Federación Rusa	200,000	205,000	215,000	217,000	235,000
Japón	210,500	202,900	198,200	200,000	190,600
República de Corea	209,938	205,427	202,500	200,000	205,307
Polonia	153,083	131,332	185,583	180,000	193,666
Italia	150,901	154,861	167,718	154,495	131,305
Turquía	145,000	150,000	155,000	160,000	211,127
México	142,245	150,261	150,261	150,261	191,843
Alemania	105,297	95,278	119,384	131,915	173,230
Marruecos	70,000	90,500	106,100	106,100	112,000
Egipto	60,017	79,771	104,971	100,000	100,000
Francia	49,693	45,483	51,793	51,900	57,221
Reino Unido	38,500	44,800	50,200	48,000	62,600
Holanda	35,000	36,000	36,500	36,000	39,200
Ucrania	36,600	32,900	36,400	30,000	30,000
Serbia	34,811	30,069	33,855	34,000	35,457
Irán	32,100	27,000	27,000	27,000	38,494
Canadá	25,068	24,521	24,619	23,340	19,339
Finlandia	11,597	7,899	8,000	8,000	10,377
Bélgica	40,000	41,000	44,000	42,000	44,000
Chile	24,000	25,000	25,200	25,600	25,600
Colombia	23,293	26,591	22,878	21,696	21,696
Israel	16,400	16,500	16,000	16,000	17,783
Nueva Zelanda	6,590	7,300	7,600	7,600	4,900
Mundial	3,215,687	3,335,991	3,546,227	3,521,745	4,081,661

Fuente: FAOSTAT, 2006. Última actualización febrero 2006

Tabla 3. Superficie cosechada de fresa de los principales países productores de fresa y mundial (ha) (2001-2005)

País/Años	2001	2002	2003	2004	2005
Polonia	65,754	38,888	39,000	52,388	53,700
Estados Unidos	18,616	19,264	19,100	20,880	20,300
Federación Rusa	11,000	12,000	12,500	35,000	36,000
Alemania	9,795	9,600	9,600	1,1844	12,254
Turbia	9,700	9,500	9,500	10,400	10,500
Serbia y Montenegro	8,800	8,936	9,000	8,572	10,000
España	9,100	7,800	8,100	7,600	7,600
República de Corea	7,567	7,816	7,816	7,329	7,000
Japón	7,440	7,500	7,500	7,300	7,300
Italia	6,769	6,349	6,622	6,194	6,274
Ucrania	7,000	6,000	6,000	8,000	5,000
México	5,699	5,850	5,414	5,414	5,414
Finlandia	4,546	5,000	5,000	3,700	3,700
Canadá	4,000	4,684	4,425	4,237	4,016
Francia	3,856	3,710	3,700	3,677	3,600
Reino Unido	3,400	3,300	3,300	3,450	3,299
Irán	2,898	2,900	3,000	3,000	3,000
Holanda	1,900	2,800	2,800	2,800	2,800
Egipto	2,700	2,700	2,700	3,838	3,800
Marruecos	2,560	2,560	2,560	2,780	2,780
<b>Total mundial</b>	<b>230,077</b>	<b>206,014</b>	<b>207,000</b>	<b>247,831</b>	<b>247,751</b>

Fuente: FAOSTAT, 2006. Última actualización febrero 2006

#### 2.1.4. PRODUCCIÓN EN MÉXICO

El cultivo de la fresa en México ha formado parte de la tradición agrícola por más de 40 años en Ciudades como Zamora, Michoacán e Irapuato, Guanajuato, pero sus niveles de producción y exportación han perdido terreno paulatinamente.

El cultivo de fresa ocupa solamente el 1% de la superficie dedicada a la agricultura, no obstante ocupa un lugar importante en la producción de hortalizas, figurando entre los principales por la producción obtenida y por los volúmenes exportados. El cultivo es importante desde el punto de vista económico por las siguientes razones:

- Genera un gran número de empleos en la época de cosecha, y por las diversas actividades que se dan en las empacadoras.
- Se canalizan grandes inversiones para su producción, sobre todo si se considera que el cultivo de fresa es una de las actividades más costosas, pero también de las que más reditúan.
- Es una hortaliza que tiene más de cuatro décadas abasteciendo al mercado estadounidense, este concepto de exportación genera divisas. Estos consumidores la demandan cada vez más como complemento de alimentos que se industrializan de manera fresca y congelada en aquella nación (SAGARPA, 2006).

En los últimos años, la producción de fresa en México presenta variaciones que tienen una tendencia a la baja, ya que México había ocupado el cuarto lugar en la producción mundial de fresa, sin embargo para el año 2004 pasó a ocupar el noveno lugar, debido a una disminución en la superficie cultivada (SAGARPA, 2006). Sin embargo en el último año, la producción de fresa en México ha tenido un considerable incremento según lo notificó el Servicio de Información Estadística Agropecuaria (SIAP), ya que los productores sembraron en el ciclo otoño-invierno 2005-2006 alrededor de 3,346 ha de fresa, lo que representó un aumento del 24 % respecto de lo que cultivaron en el ciclo 2004-2005 (SAGARPA, 2006).

En el tema del valor de las exportaciones mundiales de fresa, México ocupa el cuarto lugar, no obstante que sólo envía al mercado internacional, principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica, el

siete por ciento y Bélgica con el 9%. Este último debido a que importa y re-expide a otros países europeos por su posición estratégica.

La fresa se cultiva principalmente en 12 estados de la República Mexicana (Figura 1), siendo estos: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit y Querétaro. La participación de cada uno de ellos en la producción nacional se muestra en la tabla 4.



Figura 1. Principales estados productores de fresa en México

Fuente: SAGARPA. SIAP (2002)

De los doce estados productores de fresa en México, solamente tres de ellos resultan tener un nivel significativo de producción: Michoacán, Baja California y Guanajuato (Figura 2).

Entre los tres principales estados productores de fresa se generan el 91.55% del total de producción nacional de fresa y solamente Michoacán genera el 52.38% de la producción nacional de fresa situándose con esto como el Estado productor más importante de fresa en México, por su volumen de producción aunque no por su productividad ya que el rendimiento que presenta es de 25.56 toneladas por hectárea.

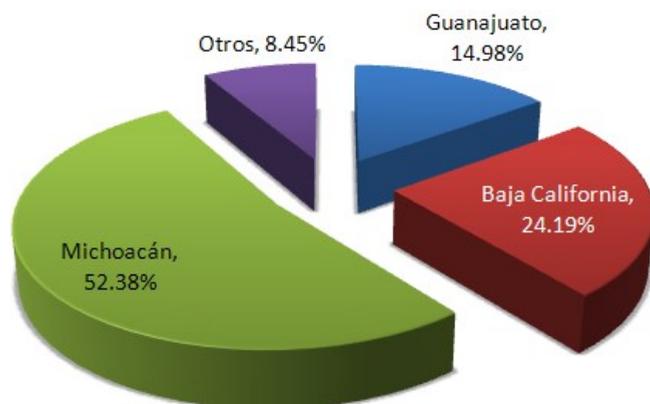


Figura 2. Estados con producción significativa de fresa en México

Fuente: Dirección General de Desarrollo Económico, 2002

Tabla 4. Participación de los Estados en la producción nacional de Fresa en México

Entidad	Participación en el total de la producción nacional
Aguascalientes	0.015%
Baja California	24.19%
Baja California Sur	4.68%
Chihuahua	0.37%
Durango	0.014%
Guanajuato	14.98%
Jalisco	0.20%
Estado. de México	2.68%
Michoacán	52.38%
Morelos	0.17%
Nayarit	0.27%
Querétaro	0.002%
Total Nacional	100%

Fuente: Dirección General de Desarrollo Económico, 2002

La superficie sembrada, cosechada, la producción y el rendimiento en particular de los principales estados productores de fresa para el año 2004 se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Fresa/Riego/2004

Estado	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Precio medio Rural (\$/t)	Valor Producción (pesos mexicanos)
Aguascalientes	6	6	39.00	6.500	7,230	282,000
Baja California	963	963	46,884	48.686	9,478	444,391,485
Baja California Sur	189	189	7,689	40.684	8,403	64,619,532
Chihuahua	60	47	865	18.404	10,000	8,650,000
Durango	4.50	4	67	15.000	8,000	540,000
Guanajuato	1,089	1,042	20,543	19.715	6,612	135,846,700
Jalisco	182	182	2,769	15.214	10,382	28,748,000
México	230	170	3,457	20.338	5,415	18,725,000
Michoacán	3,722	3,705	94,746	25.569	5,275	499,836,265
Morelos	7	7	108	15.429	3,800	410,400
Veracruz	3	3	22	7.500	4,500	101,250
Zacatecas	5	5	29	5.800	5,500	159,500
<b>Total</b>	<b>6,460</b>	<b>6,324</b>	<b>177,221</b>	<b>28.023</b>	<b>6,784</b>	<b>1,202,310,132</b>

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).  
Última actualización. 27 de Julio de 2005

#### 2.1.4.1. PRODUCCIÓN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

En el estado de Guanajuato, la fresa se cultiva en varios municipios, siendo 14 los principales municipios productores de fresa: Abasolo, Acámbaro, Cuerámbaro, Dolores Hidalgo, Huanímaro, Irapuato, Jerécuaro, Pénjamo, Pueblo Nuevo, Romita, Salamanca, Silao, Tarandacuao y Valle de Santiago. De acuerdo a la superficie sembrada, en el Estado de Guanajuato en el año 2001 se sembraron 1,455 hectáreas de fresa, de las cuales 777 corresponden al municipio de Irapuato, es decir, que del total de superficie sembrada en el Estado, solamente en este municipio se concentra el 53.4% de toda esta superficie (Tabla 6).

Tabla 6. Producción de fresa en el estado de Guanajuato

Año	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1999	2486	2454	29077	11.84
2000	2297	1742	22606	12.97
2001	1455	1419	19585	13.80

Fuente: CONAFRE A. C. (2005)

La producción de fresa en el estado ha disminuido de manera considerable. Gran parte de este descenso en el Estado se debe a la enorme disminución que ha tenido la superficie sembrada, ya que de 2,486 ha que se sembraron en 1999, esta cantidad bajó para el año 2002 hasta 2,297 ha, pero el cambio más drástico se presentó en el año 2001, en donde la superficie sembrada fue tan solo de 1,455 ha (CONAFRE, 2005). Pero también Irapuato ha perdido posición en cuanto a la proyección de venta de fresa en otros estados de la República Mexicana. Aunado a esto se tiene la falta de tecnificación del cultivo, la cual ya se emplea en los estados de Michoacán y Baja California como el acolchado, el riego por goteo, la producción del cultivo protegido con macro túneles para evitar heladas y aguaceros sobre los cultivos, así como el empleo de invernaderos con hidroponía (Barbosa, 2007).

A pesar de que el cultivo de la fresa ha sido reemplazado por otros cultivos cíclicos como el sorgo, maíz, trigo y cebada, por su volumen de producción, el cultivo de la fresa ocupa el sexto lugar de producción con un total de 11,033 toneladas.

## 2.2. EL CULTIVO DE LA FRESA

### 2.2.1. ORIGEN DEL CULTIVO DE LA FRESA.

La fresa tiene una gran cantidad de especies. Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria vesca* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero con excelente calidad sensorial. Con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño una en Chile, *Fragaria chiloensis* y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño se les llamó fresones, las cuales fueron llevadas a

Europa e hibridizadas. Actualmente estas fresas grandes dominan el mercado y son producto de una serie de cruces.

Juscafresca e Ibar (1987), hacen una descripción más detallada sobre las principales especies de fresa conocidas por el hombre en los tiempos pasados y de las cuales se generaron las especies comerciales, las especies descritas por ellos son: *Fragaria vesca*, *Fragaria alpina*, *Fragaria virginiana*, *Fragaria chiloensis*, *Fragaria moschata* o *ellator*. De estas especies las de interés desde el punto de vista económico son la *Fragaria vesca*, la *Fragaria chiloensis* y la *Fragaria virginiana* (González, 1993).

La fresa que se cultiva hoy en día es la *Fragaria x ananassa Dúchense*, su origen es relativamente reciente. Esta se obtuvo a partir de la hibridación de la *Fragaria virginiana Dúchense* y de la fresa chilena *Fragaria chiloensis Dúchense*, las cuales fueron llevadas a Europa alrededor del año 1750. Siguiendo con posteriores hibridaciones, especialmente en 1980, *Fragaria ananassa* se desarrolló como una fruta roja, grande, fragante y sabrosa, que hoy se conoce como una excepcional fruta para postre o para procesamiento.

La *Fragaria x ananassa* es el cultivo de fresa predominante aunque *Fragaria chiloensis* aún se cultiva en algunas partes de Sudamérica en donde ha sido cultivada por cientos de años

La fresa cultivada muestra una amplia variación en la adaptación a las condiciones ambientales. La producción de la fresa y la calidad de la fruta están marcadamente influenciadas por las interacciones del foto período, la temperatura, la longitud del período de descanso, enfermedades, condiciones del suelo y fluctuaciones de humedad del aire y del suelo. Como resultado, los cultivares muestran amplios rangos de adaptaciones regionales o ambientales.

El alto grado de heterocigosidad genética presente en *Fragaria* spp, ha facilitado el desarrollo de cultivos de fresa adaptados a una amplia variedad de condiciones ambientales y resistentes a algunas enfermedades.

## 2.2.2. NATURALEZA DEL FRUTO DE FRESA

### 2.2.2.1. CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA

El nombre botánico de la fresa es *Fragaria L* y pertenece a la familia de las Rosáceas (*Rosaceae*). La planta posee un rizoma cilíndrico y retorcido que se entierra verticalmente y del cual, a flor de tierra, nacen las hojas, las flores y los estolones tendidos que emiten raíces (Tamaro, 1981).



Figura 3. Fruto de fresa

Por su morfología las fresas pertenecen al grupo de frutas conocido desde el punto de vista hortícola como bayas (Figura 3), aunque botánicamente no corresponden a una verdadera baya. La fresa es una fruta simple, formada por el engrosamiento del receptáculo floral que permanece pulposo y succulento cuando madura y contiene inmersas las semillas. En este contexto, la fresa es un falso fruto, teniendo las verdaderas frutas o aquenios sobre la parte externa del receptáculo pulposo y unido a él a través de conexiones vasculares (Schwab y Raab, 2004). Otros autores la describen como una fruta agregada y lo que se conoce como fruta de fresa es en realidad un falso fruto, producto de engrosamiento del receptáculo floral. Sobre este falso fruto se encuentran gran cantidad de semillas pequeñas (Figura 4), que son frutos verdaderos llamados aquenios.

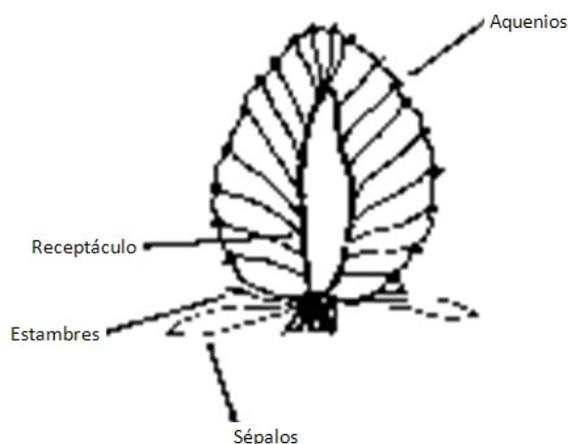


Figura 4. Estructura del Fruto de la Fresa

La fruta crece rápidamente obteniendo su tamaño completo en aproximadamente 30 días, después de la antesis, dependiendo de las condiciones. El tiempo que lleva en alcanzar el color rojo está relacionado con la temperatura y puede variar entre 20 y 60 días (Schwab y Raab, 2004).

Las bayas se caracterizan por tener una piel muy suave, lo cual las hace susceptibles al daño físico (abrasión, cortaduras, magulladuras y pérdida de jugo) y a la invasión de microorganismos patógenos (Green, 1971).

#### 2.2.2.2. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA

Por sus características fisiológicas la fresa es una fruta no climatérica (Kader, 1991, Miszczak y col., 1995, Gun-Hee y Wills, 1998, Cordenunsi y col., 2002, Voca y col., 2006), por lo tanto no madura fuera de la planta, así que deben ser recolectadas cuando están casi completamente maduras y suaves, lo cual reduce considerablemente su vida poscosecha (Perkins-Veazie, 1995, Talbot y Chau, 1998). Su velocidad de respiración es alta, cerca de 15 mg CO<sub>2</sub>/Kg/h a 0 °C y se incrementa de 4 a 5 veces conforme se eleva la temperatura a 10 °C, entre 10°C y 20 °C el incremento es de 2 a 3 veces (Kader, 1991). También se incrementa cuando la fresa se daña mecánicamente (Rosen y Kader, 1989).

Produce muy bajos niveles de etileno (hormona de la maduración), menos de 0.1  $\mu\text{L}/\text{Kg}\cdot\text{h}$  y no responde a los tratamientos poscosecha con etileno para la estimulación de la maduración, razón por la cual también son cosechadas muy cerca de su madurez completa (Kader, 1991, Perkins-Veazie, 1991), no obstante, la eliminación de etileno del aire circundante de la fruta en el almacenamiento puede reducir el desarrollo de enfermedades en las fresas (DeEll, 2006). No son sensibles al daño por frío, es decir, que pueden almacenarse a temperaturas bajas como 0 °C y no sufren desórdenes físicos tales como oscurecimiento interno, siempre y cuando estén sanas y libres de defectos o daños. Los estándares internacionales sugieren una temperatura óptima de 0 °C a 2.5 °C y una humedad relativa de 85 a 90% (ISO, 1983).

Se ha observado que las fresas son tolerantes al almacenamiento en atmósferas modificadas con altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  lo cual ayuda a extender en gran medida su vida útil inhibiendo la descomposición y retardando el suavizamiento (Tudela y col., 2003, Larsen y Watkins, 1995). Las atmósferas típicamente recomendadas son concentraciones de 15 % a 10°C y de 20% a 5 °C (Ke y col., 1993 y Gun-Hee y Wills., 1998), sin embargo la exposición de las fresas a < 2% de  $\text{O}_2$  y/o >25%  $\text{CO}_2$  puede causar desarrollo de sabores desagradables y decoloración dependiendo del cultivo (DeEll, 2006).

En cuanto a la acción del etileno, ha sido aceptado que concentraciones de etileno mayores a 0.1 $\mu\text{L}/\text{L}$  aceleran la senescencia en los productos no climatéricos, sin embargo para el caso de fresas se han hecho muy pocas investigaciones para cuantificar el efecto benéfico de bajas concentraciones de etileno sobre la calidad de la fresa. Por otro lado se ha demostrado que la exposición al etileno es un factor que incrementa el deterioro de la fresa durante la comercialización. Wills y Kim, (1995) reportaron que concentraciones de 0.01  $\mu\text{L}/\text{L}$  de etileno incrementan el suavizamiento y reducen la vida de almacenamiento de las fresas a 0 °C. Sin embargo en otro estudio realizado posteriormente por Bower y col., (2003) en el cual se expusieron fresas a concentraciones de etileno de 0.1 a 1.0  $\mu\text{L}/\text{L}$ , encontraron que concentraciones por arriba de 1  $\mu\text{L}/\text{L}$  no afectan la velocidad de desarrollo de enfermedades ni a 0 °C ni a 5 °C, en este caso el principal efecto fue el oscurecimiento del cáliz. Estas diferencias propone Bower y col., (2003) son debidas posiblemente a la temperatura a la cual se han

llevado a cabo los ensayos, ya que el etileno tiene menos efecto a bajas temperaturas y en algunos casos se han realizado los estudios a 20 °C, también alguno de los efectos del etileno puede estar relacionado a los niveles de infección latente de *Botrytis*.

En otro estudio se muestra que el almacenamiento de las fresas en atmósferas con CO<sub>2</sub> al 20% es efectivo para suprimir la acumulación de etileno, inclusive en mayor grado que la adición de permanganato de potasio, el cual ha sido usado comúnmente en el ámbito comercial como absorbente de etileno. Esto es supuestamente debido a que el CO<sub>2</sub> suprime la producción de etileno por la fruta. Con base en este estudio se deduce que es necesario minimizar las concentraciones de etileno alrededor de las fresas después de cosechadas. La implicación comercial de estos estudios es que las cubiertas de una sola capa de polietileno usadas para envolver los recipientes no generan una concentración adecuada de CO<sub>2</sub> como para inhibir el deterioro de las fresas. Por lo que sería conveniente usar una capa más gruesa que proporcione la atmósfera necesaria de CO<sub>2</sub> (Gun-Hee y Wills, 1998).

### 2.2.2.3. CARACTERIZACIÓN PATOLÓGICA

Dentro de las enfermedades que presenta la fresa, la más seria es la pudrición producida por *Botrytis cinerea* (hongo gris). El desarrollo de esta enfermedad durante el manejo poscosecha, en la mayoría de las veces es el resultado de una infección precosecha, mientras que las infecciones poscosecha ocurren ocasionalmente cuando las frutas sanas se presionan contra la lesión de una fruta enferma (Sommer y col., 1973). Otras enfermedades poscosecha de fresa incluyen la pudrición por *Rhizopus* (causada por *Rhizopus spp*) y la descomposición de la piel causada por *Phytophthora cactorum* (Takeda, 1991)

Los síntomas de la descomposición por *Botrytis cinerea* se manifiestan por lesiones secas y firmes de color café, cubiertas por esporas de color gris-café. Este hongo se puede diseminar durante el almacenamiento aún a bajas temperaturas. La descomposición por *Rhizopus* puede causar pérdida de jugo y desarrollo de un moho blanco con esporas negras. El tejido afectado por *Phytophthora cactorum* llega a decolorarse y a suavizarse y puede perder jugo. Bajo condiciones de humedad se puede desarrollar un moho blanco (Rivera y Tong, 1998).

Otras enfermedades que también se presentan en las fresas son las descritas en la tabla 7.

Para el control poscosecha de la enfermedad, Sommer y col., (1973) hicieron las siguientes recomendaciones:

- Evitar empacar las frutas infectadas.
- Evitar los daños durante la cosecha y el manejo poscosecha.
- Enfriar rápidamente las frutas a temperatura cercana a 0° C.
- Mantener el tiempo del manejo y el transporte a un mínimo y usar aire enriquecido con CO<sub>2</sub>.

Tabla 7. Otras enfermedades de la fresa

Enfermedad	Organismo que la produce	Síntomas
Mancha negra	<i>Colletotrichum spp</i>	Lesiones acuosas circulares de color café que se tornan rosas o negras. No se disemina de una fruta a otra.
Descomposición pardusca	<i>Rhizoctonia solani</i>	Descomposición de color café, con definición clara entre el tejido sano y el tejido enfermo.
Descomposición algodonosa	<i>Sclerotinia Sclerotiorum</i>	Pulpa acuosa y presencia de un hongo blanco algodonoso

Fuente: Rivera y Tong, 1998

#### 2.2.4. ESTRUCTURA DEL FRUTO

De acuerdo con la descripción de Szczesniak y Smith (1969) y Jewell y col., (1973), la fresa está compuesta de cinco zonas de tejidos: la epidermis, la hipodermis, la corteza, la zona de haces y la médula (Figura 5).

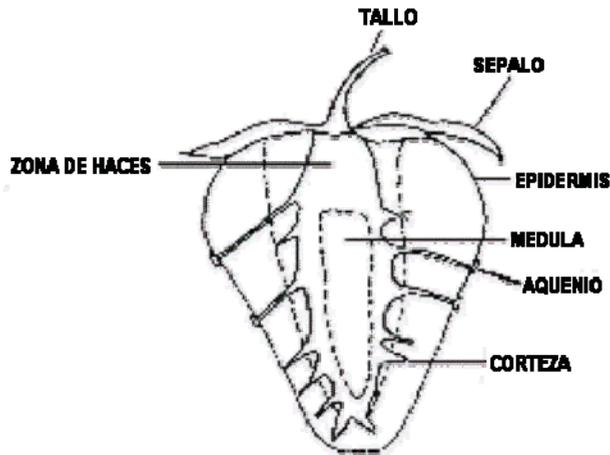


Figura 5. Dibujo Esquemático de una Sección Longitudinal de Fresa

Fuente: Adaptado de Szczesniak y Smith (1969)

- La epidermis consiste de células poligonales (estomas) y de cabellos largos, gruesos y puntiagudos
- La hipodermis, está compuesta de células meristemáticas y sin espacios intercelulares.
- La corteza o pulpa verdadera consiste de células redondeadas con espacios intercelulares.
- La zona de haces consta de vasos en espiral y en forma anular.
- La médula está formada por células de pared delgada, las cuales se separan durante el crecimiento de la baya, lo que da lugar a la formación de grandes cavidades.

La epidermis de la fresa es muy delgada y en ella están embebidos los aquenios, comúnmente conocidos como pepitas o semillas y reconocidas por su color negro y textura dura, los cuales corresponden a las frutas verdaderas (Green, 1971). La zona de haces representa los tejidos conductores y está compuesta por el xilema y el floema. Los xilemas son filamentos largos ahuecados compuestos de células muertas cuyas paredes desarrollan engrosamientos secundarios en forma de anillos, espirales y redes, éstos sirven como tejidos conductores de agua y los tubos largos que transportan alimento

corresponden al floema (Szczesniak y Smith, 1969). La parte central del fruto, médula o corazón, puede estar muy o poco desarrollada.

La estructura de la fresa madura depende ampliamente del mantenimiento de la turgencia de las células del parénquima cortical. Las fresas son firmes, moderadamente crujientes y bajas en cohesividad, conforme maduran pierden firmeza, son menos crujientes, ligeramente adhesivas al tacto y pierden jugo. Esta disminución de su firmeza está asociada con la degradación de las paredes celulares de la epidermis, además de que debido al crecimiento, las células del tejido debajo de la corteza se alargan, esto conduce a un adelgazamiento de las paredes celulares y las hace frágiles. Las células de la médula también experimentan un gran crecimiento durante la maduración y en el fruto sobremaduro estas células son más grandes que las de la corteza.

En un estudio realizado por Szczeniak y Smith (1969), observaron que no existen cambios en las células del xilema y la epidermis durante el congelamiento, pero sí existe una ruptura significativa en las células del parénquima. También se ha visto que las variedades con células grandes sufren más daño que aquellas con células pequeñas. La textura de las fresas frescas y congeladas está determinada por la integridad estructural de la epidermis, el parénquima y el tejido vascular y la magnitud de los cambios de la textura está determinada por el grado de ruptura de células del parénquima en la pared, sin la separación de células.

La fresa está caracterizada por tener sus células grandes y con paredes celulares delgadas. Estas características estructurales indudablemente explican la gran fragilidad de su estructura (Szczesniak y Smith, 1969).

#### 2.2.5. CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA DE LA FRESA

Uno de los aspectos más importantes a considerar durante el manejo poscosecha de la fresa es su pérdida de calidad debida a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo), causado principalmente por el adelgazamiento de las paredes celulares, la licuefacción del contenido celular y la degradación de las pectinas (Szczesniak y Smith, 1969). La textura también está determinada por factores tales como turgencia de la célula, contenido de almidón, pero

esencialmente por la naturaleza de las paredes de la célula, (Vendrell, 1999).

Las fresas son altamente valuadas por su delicado sabor, exquisito aroma y succulenta textura. La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura no es una sorpresa, cuando se considera su contenido de sólidos extremadamente bajo; ya que contienen alrededor de un 10% de materia sólida (Szczeniak y Smith, 1969). Considerando la textura como "la manera en que los componentes estructurales de un alimento se encuentran ordenados en una micro y macro estructura y las manifestaciones externas de su estructura" (De Man, 1979).

El concepto fundamental es que la textura no es una simple propiedad del alimento sino que está compuesta de algunos parámetros interrelacionados.

Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y distancia.

Szczeniak (1963), encontró que las características de textura podrían ser agrupadas en 3 clases principales: (1) características mecánicas, (2) características geométricas y (3) otras, principalmente humedad y contenido de grasa.

Estas características se manifiestan por la reacción de la fresa a la acción de una fuerza aplicada. Estas incluyen cinco parámetros primarios que son básicos y tres parámetros secundarios, que están compuestos de dos o más parámetros primarios.

Los parámetros primarios y secundarios que caracterizan la textura, se encuentran resumidos en la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de las características de textura

<b>Características mecánicas</b>		<b>Términos populares</b>
<b>Parámetros primarios</b>	<b>Parámetros secundarios</b>	
Firmeza o dureza	Fracturabilidad (fragilidad)	Suave- firme- duro
Cohesividad	Quebradizo (brittleness)	Desmenuzable- crujiente
	Masticabilidad (chewiness)	Suave- masticable-duro
	Gomosidad (gumminess)	Harinoso- pastoso- gomoso
Viscosidad		Aguado, poco denso-viscoso
Elasticidad		Plástico- elástico
Adhesividad		Pegajoso, empalagoso
<b>Características geométricas</b>		<b>Términos populares</b>
Tamaño de partícula, forma y orientación		Arenosos, granuloso, grano grueso, burdo
<b>Otras características</b>		<b>Términos populares</b>
Contenido de humedad		Seco- húmedo-mojado- acuoso
Contenido de grasa	Aceitosidad (oiliness)	Aceitoso
	Grasosidad (greasiness)	Grasoso

Fuente: Szczesniak (1963), Costell y col. (1997), Bourne (2002).

- Firmeza. Es la fuerza necesaria para obtener una deformación dada.
- Cohesividad: Es la extensión a la que un material puede ser deformado antes de su ruptura.
- Viscosidad: Es la resistencia al flujo y es indicado por el coeficiente de viscosidad.

- Elasticidad: Es la capacidad de un material para soportar una deformación recuperable o elástica.
- Adhesividad: Es el trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento llega a estar en contacto.

Las propiedades secundarias son:

- Fracturabilidad: Es la fuerza necesaria para producir una fractura en un material.
- Gomosidad: Es la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado de deglución, lo anterior se presenta en un producto de bajo grado de firmeza y un alto grado de cohesividad.
- Masticabilidad: Es la energía requerida para masticar un alimento y llevarlo a un estado de deglución; es producto de la dureza por la cohesividad y por la elasticidad.

La descripción de las características texturales percibidas en un producto alimenticio, la intensidad y el orden de cada uno en que son percibidos; está dado por el Análisis del Perfil de Textura.

#### 2.2.5.1. CAMBIOS EN LA TEXTURA

El principal cambio físico que ocurre en frutas y vegetales después de la cosecha es la pérdida de humedad debido a la transpiración y a la respiración dando como resultado la pérdida de la turgencia y en consecuencia de la textura (Bourne, 1979).

Las frutas frescas y los vegetales son tejidos aún vivos después de que se separan de la planta madre. El proceso de maduración de las células vivas continua y frecuentemente afecta la textura. Muchas frutas llegan a suavizarse conforme los materiales pécticos en la capa de la laminilla media (lamella) se degradan, perdiendo fuerza y poder cementante. Conforme las frutas maduran las sustancias pécticas sufren una despolimerización y usualmente hay una disminución en el grado de esterificación de los grupos carboxilo sobre las cadenas de ácido poligalacturónico. Estos cambios de textura debidos a la fisiología

ocurren durante el almacenamiento, son irreversibles y no pueden detenerse, sin embargo su velocidad si puede ser controlada en cierta medida (Bourne, 1979).

La velocidad de deterioro de la textura de acuerdo a Bourne (1979), varía ampliamente dependiendo del producto y de las condiciones de almacenamiento. De acuerdo con la velocidad de deterioro de su textura los productos frescos se clasifican en tres grupos:

- De rápida velocidad de cambio. En estos productos se presenta en pocos días un cambio sustancial en su textura. Este tipo está ejemplificado con las **fresas**, el maíz dulce, los chícharos y el espárrago. Estos productos tienen una velocidad de respiración elevada.
- De velocidad de cambio media. En estos productos se requiere de una semana o más para que ocurra un cambio en su textura. Entre los productos que pertenecen a este tipo están los tomates, los arándanos y los duraznos.
- De baja velocidad de cambio. En estos productos las propiedades de la textura son estables por algunos meses. A este tipo corresponden las papas, las manzanas, las cebollas y las calabazas. Esos productos tienen una velocidad de respiración baja.

La técnica más efectiva para disminuir la velocidad de la pérdida de la textura es la refrigeración debido a que disminuye la velocidad de los procesos fisiológicos. Por lo que se recomienda enfriar el producto lo más pronto posible después de la cosecha para eliminar el calor del campo y entonces almacenarlo a la temperatura mínima a la cual no sufra el producto daño por frío.

#### 2.2.6. INDICE DE MADUREZ

Los principios que dictan en que etapa de madurez debe cosecharse una fruta son muy importantes para su posterior almacenamiento, vida comercial y calidad. Estos principios se basan en la medición de varios factores cualitativos y cuantitativos. Los métodos usados para establecer la madurez de un producto pueden basarse en la estimación subjetiva de la gente que lleva a cabo esta operación. Pero

también puede hacerse mediante análisis físicos o químicos, o mediante la evaluación de un atributo cualitativo como el color a través de cartas de color (Figura 6).

En el caso de las fresas se usa el color, ya que el color de la piel de la fresa cambia conforme la fruta madura (Thompson, 1996). Por esto el índice de madurez de la fresa está basado en el color rojo de la superficie (Mitcham y col., 1998, DeEll, 2006). Así se considera una fresa madura cuando ésta presenta más de 1/2 o las 3/4 partes de la superficie de color rojo. Esto va de acuerdo a las normas de calidad que se apliquen. La fresa por lo general toma 30 días para alcanzar su tamaño completo y su madurez (Cordenunsi y col., 2002).

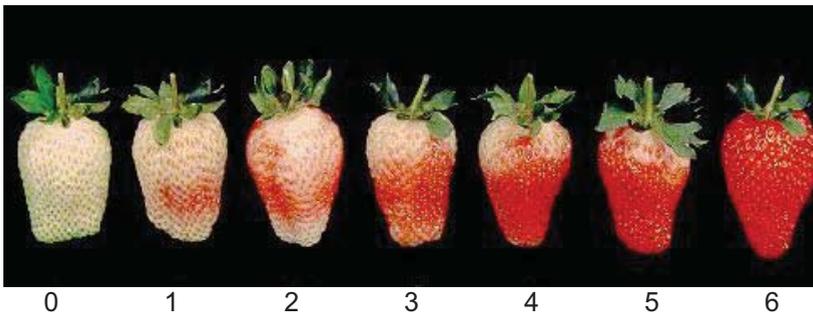


Figura 6. Cambios de color durante la maduración de la fresa (índice de madurez empleado)

Fuente: Secretaría de Economía de México. Norma Oficial Mexicana

Descripción de la figura de color:

- 0 Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado, a este estado se le conoce como madurez fisiológica.
- 1 El fruto es aun de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical.
- 2 Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical.
- 3 El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y la zona de cáliz presenta visos rosados.
- 4 Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz.
- 5 El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz.
- 6 El color rojo intenso cubre todo el fruto.

A diferencia de la mayoría de las frutas no climatéricas, la fresa cambia rápida y dramáticamente en su apariencia durante la maduración, la cual está caracterizada por un ablandamiento (suavizamiento), una síntesis de antocianinas y un incremento en los azúcares solubles (Perkins-Veazie, 1991). Otros cambios incluyen un incremento en el contenido de vitamina C, en los azúcares totales y pH y una disminución en la acidez, en el contenido de fenoles totales, y en la celulosa (Kader, 1991). Las pectinas solubles en agua se incrementan a un 90% de los niveles de la pectina total conforme la fruta madura.

### 2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA FRESA

Hay una gran variedad de genotipos en la composición de la fresa. De tal manera que es posible desarrollar nuevos cultivos que tengan una mejor calidad y que mantengan su firmeza cuando están completamente maduras.

**Azúcares.** El contenido de azúcares en la mayoría de las bayas es de 5 a 8%. Los azúcares son los principales componentes solubles en las fresas maduras, y la sacarosa, la glucosa y la fructosa constituyen más del 99% del total de azúcares. La glucosa y la fructosa predominan sobre la sacarosa y el contenido total de azúcares puede variar durante el periodo de crecimiento, sin embargo la proporción de cada azúcar permanece constante (Cordenunsi y col., 2002). Además se encuentran trazas de sorbitol, xilitol y xilosa (Maniken y Söderling, 1980). Algunos estudios indican que el contenido total de azúcares se incrementa rápidamente hasta que la fruta está completamente madura (Montero y col., 1996).

**Ácidos Orgánicos.** Los ácidos orgánicos son importantes en el sabor de las fresas y la relación azúcar/ácido se usa para determinar el tiempo óptimo de cosecha, debido a que se considera un índice de calidad (Cordenunsi y col., 2002). El principal ácido orgánico es el ácido cítrico, aunque también se encuentra el málico y el glicólico y el shikimico en menor cantidad (Montero y col., 1996).

**Ácido Ascórbico o Vitamina C.** El contenido de ácido ascórbico es relativamente alto en fresas, por lo que se consideran una buena fuente de vitamina C en la dieta humana (Cordenunsi y col., 2005, Nunes y col., 1998). Su contenido varía entre 26-120 mg/100g (Kader,

1991), siendo el promedio de 60 mg/100g de peso fresco (Wright y Kader, 1997).

Los últimos descubrimientos acerca de los efectos benéficos de la vitamina C, nos dicen que posee propiedades antiescorbúticas, favorece la absorción del hierro no hemo, el hierro que proviene de los vegetales y no de la carne, (Wright y Kader, 1997). También se dice que tiene muchas otras funciones biológicas como la formación de colágeno, la reducción de los niveles de colesterol, la inhibición de la formación de nitrosaminas (Lee y Kader, 2000). Se considera además ser uno de los antioxidantes naturales más potentes (Cordenunsi y col., 2002, Cordenunsi y col., 2005), atrapa los radicales libres (superóxido, hidróxido y oxígeno), lo que da protección contra las enfermedades relacionadas con el “estrés oxidativo” por lo reduce el riesgo de la arterioesclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Lee y Kader, 2000). En la actualidad por su alto contenido de vitamina C, la fresa se ha convertido en una fruta con una gran demanda.

Las fresas son una de las mejores fuentes naturales de antioxidantes, sustancias químicas muy necesarias en nuestro cuerpo para combatir los dañinos radicales libres. Se sabe que la vitamina C y la vitamina E son antioxidantes esenciales, sin embargo, hoy en día se ha encontrado que los compuestos fenólicos presentes en las fresas tienen una acción antioxidante más potente. También se ha encontrado que trabajan sinérgicamente con las vitaminas en la eliminación de los radicales libres.

En las fresas se han encontrado muchos compuestos fenólicos diferentes, entre los más importantes se encuentran, las antocianinas, las procianidinas, los ácidos fenólicos y los flavonoides. La concentración y la composición de estos fotoquímicos varía dependiendo de la variedad, lugar de cultivo y época de crecimiento (Tsao y col, 2003).

En un estudio reciente se reportó que la fresa presentó la actividad antioxidante más alta entre doce frutas analizadas así como la contribución de la vitamina C a la actividad antioxidante total (Cordenunsi y col., 2002, Wang y col., 1996).

**Antocianinas.** Los pigmentos responsables del color rojo de la fresa son las antocianinas, importantes componentes estéticos, siendo indicadores naturales de la maduración de las frutas (Montero y col., 1996). Existen dos antocianinas que son casi exclusivamente las responsables del color rojo de las fresas; la 3-glucósido pelargonidina (Pg 3-gl) y la 3-glucósido cianidina (Cy 3-gl). Bajo las condiciones del pH ácido de la fresa, estos pigmentos difieren en su matiz o tono. La 3-glucósido pelargonidina es rojo naranja mientras que la 3-glucósido cianidina es magenta. La proporción de estas dos antocianinas puede variar entre el genotipo de las fresas maduras en el campo, pero generalmente hay cerca del 88% de 3-glucósido pelargonidina (Kalt y col., 1993). El contenido de antocianinas que se ha obtenido varía de 15 mg/100 g a 35 mg/100 g de fruta (Qian y col., 2005).

La intensidad y estabilidad de las antocianinas depende de varios factores incluyendo la estructura y concentración del pigmento; el pH, a pH por debajo de 2 presentan un color rojo que cambia a azul y finalmente a incoloro cuando el pH se incrementa (Hannum, 2004); la temperatura, la intensidad de la luz, la presencia de otros pigmentos, los iones metálicos, el oxígeno, el ácido ascórbico, los azúcares y otros compuestos (Laleh y col., 2006).

Las antocianinas son componentes importantes desde el punto de vista de salud ya que se les ha atribuido propiedades antioxidantes. La actividad antioxidante de las fresas en los ensayos de oxidación in vitro se han correlacionado con el contenido de antocianinas en las frutas (Andersen y col., 2004).

**Acido elágico.** La fresa se ha considerado una buena fuente de ácido elágico, el cual en los últimos años ha recibido mucha atención debido a sus muchos beneficios a la salud como: agente anticarcinogénico y antimutágeno; como promotor de la coagulación e inhibidor de hemorragias y como secuestrador de los radicales libres (Singh, 2005).

**Compuestos del sabor de la fresa.** El característico sabor de la fresa fresca es una interacción compleja entre un gran número de compuestos volátiles y no volátiles. Entre los no volátiles se encuentran los azúcares y los ácidos, los cuales son los responsables de la dulzura y la acidez de la fruta; y los compuestos volátiles como ésteres y aldehídos, son importantes en la producción del distintivo sabor frutal.

Algunos estudios han identificado sobre 200 diferentes compuestos volátiles de la fruta fresca (Watson y col., 2002)

**Compuestos Volátiles.** Los compuestos volátiles son los responsables del aroma y contribuyen al sabor de las fresas frescas, estos compuestos comprenden solamente del 0.01% al 0.001% del peso fresco de la fruta, pero tienen un efecto muy grande en su calidad. Las fresas frescas producen numerosos compuestos incluyendo ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, terpenos, furanonas y compuestos azufrados, aunque los ésteres son los compuestos más abundantes cuantitativamente y cualitativamente (Forney y col., 2000). Algunos de los más importantes incluyen el butanoato de etilo, el 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona, el hexanoato de etilo, el metil butanoato, el linalool y el hexanoato de metilo (Pérez y col., 1992), sin embargo la composición de los volátiles está influenciada por muchos factores como el cultivo, la madurez de la fruta y el ambiente poscosecha (Forney y col., 2000).

En el caso de la fresa de la variedad Chandler se encontró que el número y concentración de compuestos volátiles producidos por esta variedad se incrementa conforme la fruta madura. También se encontró que los compuestos predominantes en esta variedad cuando está completamente madura son el hexanoato de etilo, el butanoato de metilo y el hexanoato de metilo (Miszczack y col., 1995).

La textura está gobernada por los polisacáridos estructurales (sustancias pécticas). La pérdida de la firmeza durante la maduración es el principal factor que determina la calidad de la fresa y la vida útil poscosecha. La compleja relación entre la composición de carbohidratos, la estructura celular y las propiedades físicas del tejido es muy complicada, debido al incremento celular, el cual continúa durante todo el proceso de la maduración (Montero y col., 1996).

La composición general de la fresa se describe en la tabla 9. En cuanto a composición se refiere, ésta puede verse afectada desde la cosecha y durante el manejo poscosecha, lo cual tendría un efecto drástico en el color, el valor nutritivo, la firmeza y la sanidad.

Tabla 9. Composición Química de la fresa

Constituyente	Promedio
Sólidos totales (%)	7.0 – 12.7
Sólidos solubles totales (%)	4.6 – 11.9
Azúcares totales (%)	4.1 – 6.6
Azúcares reductores (%)	3.7 – 5.2
Sacarosa (%)	0.2 – 2.5
Fructosa (%)	1.7 – 3.5
Glucosa (%)	1.4 – 3.1
Pectinas solubles (%)	0.2 – 0.9
pH	3.18 – 4.10
Acidez titulable (%)	0.50 – 1.87
Acido cítrico (%)	0.42 – 1.24
Acido málico (%)	0.09 – 0.68
Acido ascórbico total o vitamina C (mg/100 g)	26 – 120
Fenoles totales (mg/100 g)	58 – 210
Antocianinas totales (mg/100 g)	55 - 145

Fuente: Kader, 1991.

En cuanto al aporte de otros nutrimentos, éste se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Componentes nutricionales de la fresa<sup>1</sup>

Componente	Contenido
Energía (Kcal)	30
Proteína (g)	0.61
Grasa (g)	0.37
Carbohidratos (g)	7.02
Fibra (g)	2.3
Cenizas (g)	0.43
Folato (mcg)	18
Magnesio (mg)	10
Potasio (mg)	166
Fósforo (mg)	19
Vitamina A (U I)	27
Calcio (mg)	14
Sodio (mg)	1

Fuente: Oregon strawberry guide 1998.

1: por 100 g de fresas en fresco

## **2.4. EL MANEJO POSCOSECHA Y SU RELACIÓN CON LAS PÉRDIDAS POSCOSECHA**

Los productos hortofrutícolas después de cosechados siguen vivos, por lo tanto, respiran y al hacerlo liberan energía y calor, además pierden humedad, y están sujetos a diversos cambios y al deterioro. Por consiguiente, las condiciones del manejo poscosecha tienen influencia sobre los procesos fisiológicos de estos productos. Esto marca la importancia del buen manejo poscosecha para mantener al producto en buen estado.

Es importante considerar que el manejo poscosecha no puede mejorar la calidad del producto cosechado, pero el adecuado manejo después de cosechado el producto constituye una de las formas más efectivas y directas para elevar la productividad de los cultivos. Esto da como resultado una reducción de las pérdidas poscosecha, ya que el mal manejo poscosecha es un problema que afecta gravemente a la economía de los productores, de los comercializadores, de los consumidores y por consiguiente del país productor.

Las pérdidas poscosecha varían ampliamente dependiendo de los productos, de las áreas de producción y de las épocas del año. En Estados Unidos de Norteamérica se estima que las pérdidas de frutas y vegetales es del 2 al 23% dependiendo de producto, con un promedio total del 12 % de pérdidas entre los sitios de producción y de consumo. En los países en vías de desarrollo se tienen considerables pérdidas post-cosecha, las que varían grandemente pues van del 1% al 50 % y en ocasiones son mayores (Kader, 2003) En los países desarrollados se tienen pérdidas del 10% al 30% variando de acuerdo al producto y a las condiciones de almacenamiento (Lancaster y Coursey, 1984).

La estimación de pérdidas es difícil de establecer debido a la cantidad de causas que las provocan, sin embargo de acuerdo a los estudios realizados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), las principales causas de las pérdidas poscosecha, son por enfermedades que ocasionan pudriciones y por daño mecánico. Panhwar (2006) también estima que el daño mecánico durante el manejo y transporte es la principal causa de pérdidas poscosecha. Otras fuentes de pérdidas incluyen la sobre maduración, la senescencia, el desarrollo de patógenos y el desarrollo de daños mecánicos latentes.

Por lo que se ha considerado que los daños mecánicos son los responsables de las pudriciones considerables en frutas frescas y vegetales. Las pérdidas post-cosecha de productos debido al daño que sufren durante la cadena de manejo entre los productores y los consumidores se estima que es de alrededor del 30 al 40% (Barchi y col., 2002, Vursabus y Ozguven, 2004).

#### 2.4.1. EL DAÑO MECANICO

El daño mecánico de un producto lo podemos describir de acuerdo a Fabela y col. (2002) como cualquier lesión que altere su forma, su tamaño, su color o sus propiedades físicas. El daño mecánico puede manifestarse por sí mismo como abrasión, magullamiento, pelado, distorsión, cortes y punciones, rajaduras, grietas y puede ocurrir durante todas las etapas del manejo manual o mecanizado involucrado en la cosecha, recolección, almacenamiento y transporte (Mohsenin, 1977).

Para caracterizar la magnitud del daño es necesario encontrar algunos índices. De acuerdo con Giörgy (1986), el único método práctico para evaluar el daño mecánico de frutas y vegetales es mediante un análisis visual. En éste, las unidades con daño se seleccionan, se pesan y se reportan en términos de porcentaje en peso. Así en el caso de abrasión y magullamiento, y/o corte se debe de determinar el porcentaje de productos dañados con relación a la cantidad total. Aunque un simple valor de defectos puede ser adecuado para algunos casos, por lo general es necesario identificar los defectos específicos, o al menos identificarlos como daños críticos, daños mayores o daños menores.

##### 2.4.1.1. PRINCIPALES FORMAS DE DAÑO MECÁNICO

Daño mecánico por compresión. Compresión se define como la acción de una presión sobre un sistema o cuerpo, que disminuye su volumen o modifica su estructura; es decir que este tipo de daño se produce por el efecto de una presión sobre la superficie de la fresa. Esto da como resultado la modificación de la estructura de las fresas, y dependiendo de la magnitud de la presión, puede llegar a destruir totalmente a la fresa.

Daño mecánico por abrasión. Se entiende por abrasión a la acción o efecto de desgastar por fricción. Este tipo de daño se puede presentar por la fricción de las fresas entre ellas u otra superficie durante el transporte o durante alguna etapa del manejo. Aquí la piel del producto se daña o se separa fácilmente del tejido sano. En algunos casos, la abrasión es difícilmente visible después de la cosecha y llega a ser aparente hasta después del almacenamiento.

Daño mecánico por incisiones. Llámese incisión a la hendidura o corte que se hace en algunos cuerpos con un instrumento cortante. Las incisiones pueden ser provocadas por astillas o por el propio recolector.

Daño mecánico por magulladura. En este caso el daño del tejido ocurre como resultado de fuerzas externas causando daños físicos, en ciertos casos decoloración y cambio en el sabor. Se entiende como magullar un producto, a la provocación de una contusión, sin herida, comprimiéndolo o golpeándolo. La magulladura no implica necesariamente la ruptura de la piel.

Daño mecánico por vibración. Se considera vibración a la variación periódica del estado de un sistema físico provocada por una perturbación del equilibrio mecánico. Esta perturbación origina una fuerza recuperadora, que tiende a restablecer el equilibrio, sí a la fuerza se opone un rozamiento, se provoca un daño mecánico. Este tipo de daño se provoca durante el transporte de las fresas hasta su destino.

#### 2.4.1.2. SENSIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS AL DAÑO

La sensibilidad al daño está influenciada por varios factores: un grupo de ellos está relacionado al estado físico y biológico del material (ejemplo: temperatura, contenido de humedad, etapa de crecimiento, madurez), mientras que otros están relacionados con las características de la carga (estática, dinámica, oscilatoria, velocidad de carga, entre otras) (György, 1986).

En la mayoría de los casos la temperatura afecta enormemente las propiedades mecánicas de la fruta y por lo tanto su sensibilidad al daño (Bourne, 1980). El contenido de humedad y las propiedades físicas están íntimamente relacionados, así como la sensibilidad al daño es también dependiente de la humedad.

En numerosos casos, el contenido de humedad está relacionado con la etapa de maduración. En este caso las variaciones en la textura y el contenido de humedad ejercen efectos en común sobre las propiedades mecánicas y la sensibilidad al daño (Giörgy, 1986).

#### 2.4.1.3. SENSIBILIDAD DE LA FRESA AL DAÑO FÍSICO

La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura se debe a su extremadamente bajo contenido de sólidos, (10% de materia sólida) (Szczesniak y Smith, 1969). Lo cual las hace muy sensibles al daño mecánico, considerando como daño mecánico la lesión causada que altere su estructura, forma o tamaño y que sea ocasionada por factores estrictamente externos.

Los estudios realizados demuestran una alta incidencia de daño mecánico en los productos en el mercado. Las causas pueden ser debido a golpes (impactos), compresiones y roces (abrasión) que se producen en conjunto, debido a las operaciones a las que se someten los productos frescos: recolección, manipulación, transporte, acondicionamiento, empaque y venta al menudeo. Un manejo inapropiado puede dar como resultado daños causados por impacto, compresión, abrasión, perforación o por dos o más acciones.

Por lo tanto todos los daños mecánicos del producto deben ser evitados en lo posible durante el manejo y la distribución. Algunos de los daños más obvios son las heridas abiertas (ejemplo: cortes y punciones), los cuales por lo regular ocurren desde la cosecha hasta el transporte.

#### 2.4.1.4. DAÑOS POR TRANSPORTE

La mayoría de los productos agrícolas se transportan en vehículos que transitan por carretera y se ha establecido de manera concluyente que este transporte es una fuente potencial de daño a los mismos, cuya severidad depende de la intensidad y duración de la vibración y otras cargas combinadas que se producen durante el transporte (Fabela y col., 2002). Las frutas generalmente son transportadas en algún contenedor y las fuerzas estáticas y dinámicas que actúan sobre la fruta pueden causar daño si exceden un valor dado.

La fuerza estática puede ser calculada a partir del peso de la columna de fruta que está siendo transportada, mientras que la carga dinámica es una consecuencia de la vibración causada por el transporte.

#### 2.4.2. REACCIONES BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS QUE OCURREN DESPUÉS DEL DAÑO

El daño de un producto hortícola, generalmente da lugar a una infección causada por varios hongos. Como consecuencia del daño, la piel del producto y las capas situadas debajo de la piel se rompen, lo que aumenta la posibilidad de entrada de bacterias al producto. Durante el proceso de daño se ven promovidas actividades fisiológicas de los tejidos del fruto, lo que conlleva a la posibilidad de alteración de su proceso normal de maduración (Fabela y col., 2002). Además las partes dañadas se ponen en contacto con el aire lo que hace que la velocidad de oxidación del tejido se incremente. El tejido dañado se oscurece rápidamente. En el caso de que participen enzimas se tiene un oscurecimiento enzimático, el cual aparece cuando el tejido dañado está en contacto con el aire, lo que ocurre en el oscurecimiento de manzanas, peras, duraznos, cerezas y fresas. Otro aspecto importante del daño es que en los tejidos dañados la respiración se hace más intensa, hay un mayor consumo de oxígeno (Giörgy, 1986), y durante la respiración, los azúcares y otros productos de almacenamiento de las frutas se consumen y contribuyen a la pérdida del valor alimenticio y de las reservas, consecuentemente la calidad sensorial se ve afectada (Crisosto y col., 1993).

#### 2.4.3. ESTUDIOS RELACIONADOS CON LAS PÉRDIDAS POSCOSECHA EN FRESAS

Las fresas por ser un producto suave y delicado son altamente perecederas y con muy corta vida de almacenamiento (Gun-Hee y Wills, 1998; Vicente y col., 2002; Matuska y col., 2006) por lo que se presentan grandes pérdidas poscosecha.

Se han identificado dos causas principales generadoras de daños en las fresas: el daño por hongos y el daño mecánico al cual son muy susceptibles (Takeda, 1990, Anderson y col., 2004). El principal hongo que las afecta es el moho gris (*Botritis cinerea*), que provoca la pudrición

de la fruta (Sommer y col., 1973, Ceponis y col., 1987, Mitchell, 1985, Hertog y col., 1999, Bower y col., 2003). La susceptibilidad a estos daños se ve acentuada si no se pre enfrían los frutos y mantienen a temperaturas apropiadas (Anderson y col., 2004).

En cuanto a la estimación de pérdidas poscosecha existen muy pocos estudios al respecto. La FAO identificó un 23% de pérdidas para fresas (Kader y Rolle, 2004). Según Bower y col (2003) éstas pueden ascender hasta el 40 % si durante su manejo y transporte hay pérdida de agua y suavizamiento de la fruta, antes de que la fruta llegue al consumidor. Por lo que su vida de almacenamiento puede ser de menos de una semana, aun bajo condiciones ideales a 0 °C.

Otros estudios previos se han realizado en el área metropolitana de New York. Uno de ellos indicó que cerca del 5% de las fresas sufrieron daños en el mercado al menudeo y un 18 % adicional en el ámbito del consumidor. Las principales causas fueron pudriciones por el hongo gris y daños mecánicos, manifestándose como magulladuras y suavizamiento de la fruta (Ceponis y Butterfield, 1973). En el otro estudio también realizado en Nueva York se encontró que las pérdidas en el mercado de producto fresco ascendieron del 1.7% para manzanas a un 22.9% para fresas (Harvey, 1978).

En el área de Chicago también se realizó un estudio de estimación de pérdidas en frutas en el mercado al mayoreo, al menudeo y al consumidor (Wright y Billeter, 1975). En el caso de la fresa en el mercado al mayoreo se registraron pérdidas del 2.7 % debidas a daño por hongos, del 2.1% debidas a otras causas (como a la presencia de fruta verde, fruta con quemaduras por el sol, fruta con forma atípica o fruta con daños por caracoles o babosas o por insectos) y del 8.7 % debidas a daño físico, el cual incluía magulladuras, suavizamiento, goteo y cortaduras. En el mercado al menudeo se obtuvieron pérdidas del 1.5% debidas a daño por hongos, del 0.1 % debidas a otras causas y del 3.9 % debidas a daño físico. En el consumidor se obtuvieron pérdidas del 3.9% por hongos, del 1.3 % por otras causas y del 17 % por daño físico.

Las pérdidas poscosecha debidas a la pudrición de la fresa por el hongo gris son de considerable importancia ya que esta enfermedad está ampliamente difundida en todo el mundo y el hongo puede infectar a la fresa durante su desarrollo y después de la cosecha. En la

poscosecha cobra mayor importancia ya que en esta etapa aumentan las pérdidas que se presentan, ya que se incluyen los costos de la cosecha, el empaque y el transporte, además de que las ventas bajan como resultado de la insatisfacción del consumidor.

En el campo, la infección de la fresa puede ser causada por la invasión de las partes florales, por contacto con otras frutas podridas o por contaminación de heridas hechas por animales, particularmente pájaros e insectos (Sommer y col., 1973).

Durante el manejo poscosecha de las fresas los principales problemas que han sido identificados son la presencia de fresas podridas, marchitas, demasiado maduras y con magulladuras (Mitchell, 1985). Por lo que la clave del éxito en el manejo poscosecha debe incluir la cosecha en el estado óptimo de madurez; la selección con el objeto de eliminar fresas dañadas; minimizar los daños físicos durante la cosecha y manejo poscosecha, y el enfriamiento rápido de las fresas a 0 °C.

Otro tipo de pérdidas son debidas al suavizamiento excesivo, al marchitamiento del cáliz (Bower y col., 2003) y a la pérdida de brillo de la fresa. Estos procesos se ven acelerados por un retardo en la eliminación del calor del campo, reduciendo la vida de anaquel de las fresas (Collins, 1993).

Según Nonnecke y Gladon (1998) existen 5 causas que contribuyen al deterioro y a las pérdidas poscosecha de las fresas, siendo éstas:

- Los cambios metabólicos
- El magullamiento y daño mecánico
- La pérdida de agua
- La descomposición fisiológica
- La descomposición patológica

Para controlar estas causas es necesario, tener un adecuado manejo poscosecha de las fresas para evitar el daño mecánico, enfriar las fresas después de cosechadas y mantenerlas en refrigeración a una humedad relativa adecuada. De ser posible almacenarlas en atmósferas modificadas.

Con relación al daño mecánico, éste ha sido considerado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) como la principal causa de la pérdida de calidad en el ámbito de la comercialización al mayoreo y al menudeo en productos como lechuga, papas y fresas. Estas pérdidas se deben principalmente al gran número de traslados durante la cosecha, el manejo, el empaque y el transporte. Ya que en cada uno de estos puntos se provoca una reducción en la calidad y por consiguiente en la vida poscosecha debido a que se infringen daños físicos como magulladuras, cortes, perforaciones y abrasiones (escoriaciones).

Existen otros estudios que registran pérdidas poscosecha en fresas como el realizado por Merco, S. A. en Madrid, España quien menciona que los daños que se producen en fresas durante su recolección son aproximadamente del 26% del total de los daños mecánicos y guardan una relación muy estrecha con el grado de madurez (Valenciano, 1990).

Debido a la susceptibilidad de la fresa al daño mecánico es de interés realizar estudios que estimen las pérdidas poscosecha. En México existen pocos trabajos realizados para identificar las pérdidas poscosecha en fresa. En un estudio realizado en la recepción de una empacadora de fresa, de la ciudad de Irapuato, Reyes (1994) reportó pérdidas del 9.13% por daño mecánico el cual fue atribuido al transporte.

#### 2.4.4. ESTUDIOS SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS DURANTE EL TRANSPORTE EN FRUTAS.

La mayoría de los productos agrícolas cosechados se transportan del campo a los centros de comercialización o las compañías empacadoras o procesadoras por medio de vehículos a través de caminos rurales y carreteras. México no es la excepción ya que solo una quinta parte de los productos se mueve por ferrocarril (Fabela y col., 2002).

Existen varios estudios realizados que ponen de manifiesto, la importancia del transporte en la generación de daños mecánicos en los productos agrícolas debido a las vibraciones generadas en los vehículos empleados (O'Brien y col., 1969., Cheson y O'Brien, 1971., Hinsch y col., 1993, Slaughter y col., 1993., Vursavus y Osguven, 2004). Los

niveles de vibración generados pueden ocasionar daños mecánicos, ya sea alterando su forma, tamaño, color u otras propiedades físicas (Fabela y col., 2002).

Algunos de estos estudios se han hecho a través de una simulación del transporte (Chesson y O'Brien., 1971., Armstrong y col., 1992, Slaughter y col., 1993), y otros durante el transporte real o in-situ (O'Brien y col., 1969., Hinsch y col., 1992., Vursavus y Osguven, 2004).

La mayoría de éstos se ha llevado a cabo en frutas con hueso como durazno (O'Brien y col., 1963, Vergano y col., 1991) y albaricoques (O'Brien y Guillou, 1969); algunos con manzanas (Armstrong y col., 1992., Vursavus y Osguven, 2004), otros con peras (Slaughter y col., 1993), con naranjas (Chesson y O'Brien., 1971) y pocos son los que se han hecho con frutas suaves como las fresas (Gooding., 1976, Fisher y col., 1990, Slaughter y col., 1993, Yan Liu y Kojima., 1997).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el daño que se presenta en los productos siempre es mayor en las capas superiores de la fruta (O'Brien y Guillou, 1969., O'Brien y col., 1969., Chesson y O'Brien., 1971) y bajo condiciones severas de transporte, éste puede extenderse hacia las capas inferiores. El daño excesivo se presenta cuando la aceleración se aproxima ó es igual a 1.0 G, ya que esto provoca que la fruta en la parte superior se mantenga intermitentemente sin peso, lo que hace que empiece a rotar y a golpearse contra las otras frutas (O'Brien y col., 1969).

Las vibraciones que se generan en el vehículo durante el transporte dependen de la aspereza del camino; del tipo de suspensión del vehículo y del número de ejes; de la distancia recorrida; de la velocidad a la que se transita y de la carga (Berardinelli y col., 2003, O'Brien y col., 1969). Los efectos de las vibraciones generadas sobre los productos dependen de la frecuencia de vibración, de la amplitud y de la duración de la vibración aplicada (Slaughter y col., 1998) además de las características de vibración de las frutas, del contenedor y del llenado de éste (Chesson y O'Brien., 1971), también algunos tipos de empaquetado, como el empaquetado a granel puede aumentar marcadamente las vibraciones durante el transporte desde la parte inferior de la

plataforma hasta el tope de la columna del transporte (O'Brien y Guillou, 1969, Chesson y O'Brien 1971).

Se ha observado que el componente de vibración del vehículo con mayor efecto durante el transporte es la vibración vertical, debido a que este componente es mayor en esta dirección que en las otras, por lo que en la mayoría de los estudios realizados se han despreciado los otros componentes de vibración y únicamente se ha tomado en cuenta el efecto de la vibración vertical (Vursavus y Osguven, 2004).

Para poder evaluar el efecto del transporte sobre los productos agrícolas, se puede hacer una simulación del transporte ó realizarse en los vehículos de transporte comercial durante su recorrido real. El mejor método indudablemente es el del transporte en condiciones reales, pero es difícil controlar las variables bajo estas condiciones, por lo que las señales aleatorias o señales de vibración senoidales son usadas para conducir experimentos relacionados con el transporte de frutas y vegetales (Vursavus y Osguven, 2004).

Para la simulación del transporte en el laboratorio se puede hacer uso de unidades de vibración como la unidad electromagnética y las mesas vibratorias. La unidad electromagnética es la más versátil y está comercialmente disponible, pero es costosa. Las mesas vibratorias con mecanismos de transmisión por manivela o excéntrico son el tipo más accesible (O'Brien y Guillou, 1969).

El equipo más accesible y sencillo para la simulación del transporte en laboratorio es el empleado por O'Brien y Guillou (1969), por Chesson y O'Brien (1971) y por Vursavus y Osguven (2004), el cual consiste en una unidad de vibración accionada por un motor eléctrico y una mesa diseñada para oscilar sobre unos resortes y acoplada a un contrapeso para proporcionar amplitudes y frecuencias que están dentro del rango usualmente registrado en los vehículos de transporte. La mesa puede moverse verticalmente, en lugar de una translación circular, por los dos pesos contra rotativos.

Para determinar las vibraciones se emplean acelerómetros de cristal piezo-electrico de un rango de frecuencia de 0 a 150 Hz, un amplificador, dos calibradores y un registrador. Los niveles de aceleración de vibración que se han registrado en las plataformas de los

vehículos son del orden de 0.25 a 0.50 picos G ( $1G = 9.8 \text{ m/s}^2$ ) con frecuencias predominantes entre 2 y 7, 10 y 20, y de 50 a 100 Hz (Armstrong y col., 1992).

Se han usado otros equipos como el empleado por Armstrong y col., (1992) que consiste en una mesa vibratoria y un controlador, este equipo simula un transporte de semi-tráiler y emplea dos tipos de suspensión y usa las graficas de densidad espectral de energía para cuantificar la intensidad de la vibración aleatoria.

Algunos de los estudios realizados en transportes reales han dado los siguientes resultados: la mayor aceleración registrada en un tráiler refrigerado con suspensión de muelles se presentó a una frecuencia cercana a 3.5 Hz mientras que la aceleración desarrollada por un tráiler con suspensión de aire transitando por el mismo camino fue mucho menor, y no se presentaron altas aceleraciones a la frecuencia cercana a los 3.5 Hz, pero si se presentaron de bajas a moderadas aceleraciones a 6 y a 9 Hz, y de 15 a 18 Hz.

La posición de los productos en la plataforma del tráiler es importante ya que en el centro de ésta tanto del tráiler con suspensión de aire y con suspensión de muelles se desarrollaron aceleraciones menos severas que en la parte trasera (Barchi y col., 2002). Las aceleraciones horizontales perpendiculares a la dirección del tránsito fueron menores que las aceleraciones verticales para ambos tipos de suspensión. Los productos sensibles a las frecuencias de vibración por debajo de 5 Hz estarán sujetos a menos daño cuando sean transportados en tráileres equipados con suspensiones de aire (Hinsch y col. 1993). Otro estudio muestra que la frecuencia de la aceleración vertical desarrollada por la plataforma de un tráiler bajo condiciones de transito fueron máximas en los intervalos de 5-10 y de 10 a 15 Hz. La distribución más grande de la aceleración ocurrió a aceleraciones de 0.5 a 0.50 y de 0.50 a 0.75 G (Vursavus y Osguven 2004).

#### 2.4.5. ESTUDIOS SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS DURANTE EL TRANSPORTE EN FRESAS

La fresa dependiendo de su manejo poscosecha y transporte puede sufrir alguno de los daños mencionados con anterioridad. Se ha observado que las fresas debido a su naturaleza frágil son susceptibles

de sufrir una degradación en su calidad cuando se someten a vibración (agitación) por largo tiempo durante el transporte debido precisamente al daño mecánico.

Este daño mecánico, en muchos casos puede conducir al ataque de microorganismos y a cambios fisiológicos los cuales pueden exacerbar la pérdida de calidad. Por lo que reduciendo el daño por vibración durante el transporte se podrá obtener un producto de mayor calidad. Con base en estas observaciones y con el objetivo de disminuir las pérdidas debido a este factor (transporte), se han realizado algunos estudios para evaluar el efecto de la vibración sobre la calidad de la fresa a través de una simulación del transporte.

Gooding (1976), realizó una serie de experimentos con fresas para determinar la resistencia al daño mecánico y la determinación de la vida de anaquel cuando éstas son sometidas a agitación. Para su experimento utilizó fresas de la variedad "Cambridge Favourite", las cuales son cultivadas en la región del experimento y fresas cultivadas en un lugar distante del laboratorio, las que fueron transportadas en un trayecto de aproximadamente 193 km, ya sea por tren o por camión.

Su experimento consistió en sacudir las fresas en un cajón de madera que fue accionado por un motor eléctrico produciendo un movimiento alternativo horizontal de 38 mm, a diferentes condiciones de tiempo (24 h, 96 h y 7 días) y frecuencias de movimiento (de 0.42 a 17 Hz).

Las fresas fueron seleccionadas en dos tamaños diferentes. Se colocaron 300 g en una canastilla de fibra y luego la canastilla se colocó dentro del cajón.

Para la variedad Cambridge, Gooding (1976) reportó que el daño en la superficie fue más severo usando un tiempo de 96 h, que un tiempo de 24 h para todas las frecuencias. Para la variedad Cambridge y los otros cultivares cuando se sometieron a vibración a la frecuencia de 2 Hz y a un almacenamiento de 24 h, la superficie dañada fue muy similar para todas las condiciones, de igual forma para las fresas que no fueron sacudidas, pero si almacenadas por 24 h. Para el tiempo de almacenamiento de 96 h, todas desarrollaron la infección por el hongo *Botrytis cinerea*.

Para las fresas de la variedad Cambridge la cantidad de daño que reportó fue aproximadamente la mitad del daño ocasionado por el transporte de las otras variedades en el recorrido de 193 km, antes de someterlas a las pruebas de vibración en laboratorio.

Holt y Schoorl (1982) realizaron unos estudios sobre los daños por magullamiento y la disipación de la energía absorbida en dos variedades de fresa. Encontraron que los tejidos de la fresa son más susceptibles a magullamiento por compresión lenta que por impacto. El volumen magullado fue aproximadamente del 49% o más en la compresión lenta. Ellos postularon que la compresión provoca cambios en la forma de las células distorsionándolas y rompiendo las paredes celulares en las regiones sujetas a esfuerzos constantes altos. Esta distorsión y rompimiento de las células explica la energía disipada en el magullamiento de los frutos. La medición de la energía absorbida puede ayudar a predecir el magullamiento de las fresas.

Kader (1991), reportó un estudio realizado por Morris y colaboradores, en Arkansas, donde compararon, los atributos de calidad en fresas locales de la variedad Cardinal con fresas de la variedad Chandler y Parker, transportadas a 2400 km. En sus resultados no encontraron diferencias en la calidad nutricional. Sin embargo, los atributos sensoriales sí fueron afectados por el transporte, particularmente el sabor, de las variedades que tuvieron un largo recorrido. La calidad de la variedad Parker fue inferior a la variedad Chandler, sin embargo, no fue posible determinar si esta diferencia de calidad fue debida al cultivo, al tiempo de almacenamiento, al manejo o a otros factores.

Fisher y colaboradores (1992), realizaron un estudio para evaluar la calidad de fresas y uvas frescas empacadas durante la simulación del transporte. Las frutas fueron sometidas a condiciones de vibración simulando la transportación en camión. Para ello utilizaron un sistema electro hidráulico de vibración y frecuencias de vibración de un rango de 2 Hz a 30 Hz, con tiempos de exposición de 60 min para uvas y 30 min para fresas.

La calidad de la fruta la evaluaron antes y después de la vibración, y después de una semana de almacenamiento. Los parámetros de calidad evaluados fueron la firmeza, el color, la velocidad

de respiración y la producción de etileno. También determinaron el porcentaje de fruta dañada después de la vibración.

Los resultados que obtuvieron mostraron que de un amplio rango de frecuencias utilizadas, el rango de 5 Hz a 10 Hz causó el mayor daño para las dos frutas. La posición de cajas en las pilas mostró tener un efecto significativo en el daño de fresas, ya que observaron un porcentaje elevado de pérdidas en las cajas superiores de las pilas. Aunque estadísticamente la posición de las cajas no tuvo un efecto significativo, en caso del daño a uvas, los efectos fueron visualmente perceptibles, el color demostró ser una buena medida de calidad en uvas, puesto que los resultados que obtuvieron para este parámetro, reflejó el peso de bayas destruidas.

Slaughter y colaboradores (1993), efectuaron un trabajo que hicieron con fresas, cuyo objetivo fue identificar las frecuencias de vibración que exhiben los camiones refrigerados que transportan fresas de California a los mercados del este de Estados Unidos y determinar el efecto de la vibración durante el transporte en pérdidas físicas de fresas.

Para determinar las características de la vibración, instrumentaron el camión con acelerómetros, colocados en diferentes posiciones. La carga fue transportada de California a Filadelfia. El camión utilizó una suspensión de amortiguadores de acero, y en los ejes traseros le adaptaron un tensor con una suspensión de amortiguadores de aire.

Para determinar el efecto de la vibración durante el transporte, relacionada con pérdidas físicas en fresas, colocaron bandejas individuales con fresas en una plataforma de vibración y expuestas de 15 s a 30 min de vibración a 0.18 G, 0.53 G, 0.88 G o 1.23 G de aceleración, todos con una frecuencia de 18.5 Hz. La degradación de la calidad de las fresas se determinó después de cada tratamiento sometiendo la fresa a una evaluación de la calidad después de un corto periodo para permitir que los defectos aparecieran.

De los resultados obtenidos observaron que la aceleración fue más alta cuando utilizaron frecuencias más bajas de 5 Hz y con frecuencias altas los niveles de aceleración fueron bajos. La aceleración fue mucho menor en la parte media del camión. Los datos que

obtuvieron para 15 s de tratamiento indicaron que en períodos cortos de aceleración arriba de 0.7 G, se causa un daño significativo en las fresas.

Pudieron concluir que las fresas transportadas por autopistas, pueden presentar un daño pequeño de vibración debido al transporte, si son cargadas en la parte del frente y media del camión con una suspensión de amortiguadores de aire en los ejes traseros. La fruta cargada en la parte superior de las tarimas, colocada sobre las ruedas traseras, puede experimentar daño por vibración. La fruta cargada en estas partes del camión puede requerir de un empaque especial para prevenir el daño por vibración.

Thompson (1997), menciona que en los estudios realizados en la Universidad de Davis, California, se encontró que las fresas son muy sensibles al daño mecánico. Realizaron unas pruebas de vibración a nivel laboratorio, las cuales mostraron que el daño puede ocurrir a aceleraciones mayores de 1G (correspondiente al pico más alto de aceleración) en un periodo tan corto como 15 s, a diferencia de otras frutas, las cuales pueden mantenerse por 10 minutos a esta aceleración sin sufrir daño. En estos estudios, la frecuencia de vibración empleada fue de 18.5 Hz, debido a que se ha visto que los vehículos presentan sus más altos gastos de energía a 3-4 Hz y a 18.5 Hz. En el caso de las fresas presentan una mayor transmisibilidad a 18.5 Hz que a 3 Hz.

En otros estudios que han realizado se muestra que las fresas se dañan mucho también por el contacto entre ellas y con los recipientes. Por consiguiente, han desarrollado sistemas de manejo, en los cuales se minimiza la manipulación. Las fresas frescas las seleccionan y empaacan en el campo y las someten a un proceso de enfriado dentro de las primeras tres horas después de la cosecha. Las frutas nunca son re-empacadas después de haber sido empacadas en el campo y los sistemas de suspensión de los vehículos empleados son de aire (Thompson, 1997).

Fabela y col., 2002. Realizaron un estudio de simulación de vibración en laboratorio, empleando frecuencias de vibración de 10 y 20 Hz, con amplitudes de vibración de 5 mm y 10 mm de desplazamiento. Estas pruebas se aplicaron en tomate, aguacate, y fresa transportados a granel en contenedores de plástico. Después de que los frutos fueron sometidos a vibración, se midió su capacidad de resistencia al aplastamiento, empleando un dispositivo simple para medir su

deformación diametral al aplicar una carga de compresión. El tiempo de exposición a la vibración necesario para obtener la ruptura en el caso de la fresa a las diversas frecuencias se muestra como sigue: a la frecuencia de 10 Hz y a una amplitud de 5 mm no se detectó ruptura en 200 min de prueba, a esta misma frecuencia pero a una amplitud de 10 mm se detectó ruptura a los 150 min. A la frecuencia de 20 Hz y 5 mm de amplitud, la fresa sufrió ruptura después de 120 min de prueba y a la frecuencia de 20 Hz y amplitud de 10 mm hubo ruptura después de 60 minutos.

## **2.5. LA CALIDAD DE LA FRESA Y SU EVALUACIÓN**

El consumidor hoy en día ha cambiado con relación a la aceptación de los productos hortofrutícolas. Debido a la diversa información que se divulga, está más educado, es menos predecible en su comportamiento de compra y es más consciente de los aspectos relacionados con el efecto del consumo de frutas y vegetales en su salud. Además la percepción del producto por parte del consumidor ya no está restringida a las propiedades físicas del producto sino también considera las prácticas empleadas en la obtención del producto, dando como resultado una demanda de productos mejores en calidad y en sanidad.

Para definir la calidad de un producto ha sido difícil debido a la diversa variedad de opiniones vertidas al respecto. Algunos como Haffner (2002), dicen que la calidad de los productos hortofrutícolas frescos es una combinación de las características, atributos y propiedades que le confieren su valor de acuerdo a la apreciación del consumidor. Las preferencias de las características de calidad varían en los diferentes mercados alrededor del mundo y por lo general se enfocan al cultivo, al tamaño, a la forma, al color, a la firmeza y al sabor.

Según Kader (1988), para los productores es importante que sus productos tengan una buena apariencia y pocos defectos visuales, pero además que tengan un alto rendimiento, que sean resistentes a las enfermedades y que sean fáciles de cosechar. Para los distribuidores comerciales, la calidad de apariencia es lo más importante, además de las características de firmeza y la vida de almacenamiento del producto. Finalmente los consumidores demandan un producto con buena

apariencia, buena firmeza, con un agradable sabor y con un adecuado valor nutritivo.

Según Kramer y Twigg (1970) el conjunto de parámetros que define la calidad de los alimentos puede resumirse en tres grandes grupos: parámetros de aspecto, parámetros de textura, y parámetros de sabor y aroma. Bourne (2002) describe cuatro factores de calidad. La apariencia que comprende el color, la forma, el tamaño, el brillo; el sabor percibido por la lengua y el olor percibido en el centro olfatorio de la nariz; la textura, siendo principalmente la respuesta a los sentidos táctiles a un estímulo físico que resulta del contacto entre alguna parte del cuerpo y el alimento; la nutrición que comprende los principales nutrientes (carbohidratos, grasas, proteínas) y los nutrientes menores (minerales, vitaminas y fibra).

Jongen (1995) menciona que el consumidor compra y consume un producto por una serie de razones, y estas razones se refieren a las propiedades del producto, las cuales dependen de factores intrínsecos y factores extrínsecos. Los factores intrínsecos se refieren a las propiedades físicas tal como el sabor, la textura, la apariencia, la vida de almacenamiento y el valor nutricional. Estas propiedades además de poderse medir directamente son objetivas y se tornan en atributos de calidad por la percepción del consumidor. Los factores extrínsecos se refieren al sistema de producción e incluyen factores tales como la cantidad de pesticidas usados durante su crecimiento, el tipo de material de empaque usado, la tecnología específica de procesamiento o el uso de biotecnología para modificar las propiedades del producto. Los factores extrínsecos no necesariamente tienen una influencia directa sobre las propiedades físicas, sino que influyen en la aceptación del producto por el consumidor. El total de los factores extrínsecos e intrínsecos determina el comportamiento de compra.

Un aspecto muy importante a considerar es que los productos agrícolas presentan una gran variabilidad en la calidad del producto como consecuencia de las variaciones estacionales, de las prácticas de cultivo y de las diferencias de cultivos. No obstante, el productor debe adherirse a las especificaciones dadas. Otra consideración importante para frutas y vegetales es que previo a la cosecha, durante el crecimiento y desarrollo del producto, su calidad se está construyendo, mientras que durante el almacenamiento y manejo inevitablemente se conduce a la pérdida de calidad.

Finalmente, a pesar de las diferencias se puede establecer que la calidad para los consumidores es un aspecto muy importante y está determinada por las propiedades físicas y químicas del producto (Pérez de Camacaro, 2005).

Para el caso particular de la fresa, la calidad de acuerdo a Kader, (1991), Shamaila y col. (1992), Mitcham y col. (2000), depende de:

- Su apariencia. La cual está dada por la intensidad y distribución del color rojo; por su tamaño y uniformidad; por su forma y por la ausencia de defectos, de daños (magullamiento) y de pudriciones.
- Su firmeza (ausencia de frutas suaves, sobremaduras o fresas que gotean).
- Su sabor (impartido por el contenido de sólidos solubles, por la acidez titulable y por los volátiles del sabor).
- Su valor nutricional (contenido de vitamina C).

Los factores que afectan la calidad de las fresas son:

- La propia naturaleza de las fresas (piel muy suave; elevada velocidad de respiración; alto contenido de agua; susceptibilidad a la invasión por patógenos, principalmente hongos)
- Los defectos de la apariencia. Los que pueden originarse en el campo debido a los daños causados por los pájaros, quemaduras por el sol, maduración irregular y suavizamiento excesivo. Durante la cosecha por: daño físico, por eliminación del cáliz y en la poscosecha debido principalmente a daños físicos y a la presencia de hongos (Kader, 1991).
- La composición. Esta puede verse afectada desde la cosecha y durante el manejo poscosecha, lo cual tendría un efecto drástico en el color, el valor nutritivo, la firmeza y la sanidad.

Para evaluar la calidad de un producto se han usado diversos parámetros o atributos de calidad. La importancia relativa de cada factor depende del producto y del uso que se le va a dar (sí es para mercado en fresco o procesado).

### 2.5.1. PARÁMETROS O ATRIBUTOS DE CALIDAD DE LA FRESA

**COLOR.** Es un atributo de calidad muy importante de todas las frutas y vegetales y para algunos de ellos es el atributo crítico de calidad para determinar el grado de frescura del producto. Por lo que para productos en fresco, el color de la superficie es de primordial importancia.

El color de las fresas frescas está condicionado en parte por la concentración de antocianinas en la epidermis y en la corteza (Nunes y col., 2005), por los tratamientos poscosecha que afectan la respiración y el oscurecimiento (Rosen y Kader, 1989). El color también se ve afectado por las variables ambientales precosecha, como son la luz, la temperatura, y los factores nutricionales, ya que éstos afectan la síntesis de antocianinas y el desarrollo del color de la fruta fresca.

El color es sin duda el primer factor de calidad que percibe el consumidor (Shaw, 1991). En el caso de la fresa es uno de los factores más importantes en la apariencia de las fresas en fresco y contribuye en mucho a la calidad de la fruta (Nunes y col., 2005).

La importancia del color es decisiva en la evaluación sensorial de los alimentos puesto que según los psicólogos, con el sentido de la vista captamos el 83% de nuestro entorno, quedando solo el 17% para lo que captamos con los restantes sentidos. A esto hay que añadir que la evaluación visual del color es previa a las demás (sabor, olor, textura, etc.), por lo que tiene un carácter que puede actuar en forma excluyente. Si un alimento lo rechazamos en el examen visual, no llegamos a evaluar el resto de sus parámetros de calidad por excelentes que éstos puedan ser (Calvo, 1992).

La percepción del color la hacemos cuando la luz que llega a la superficie de la fruta o vegetal se refleja y da a la retina del ojo, así que no hay color si no hay luz. La percepción depende del tipo y de la

intensidad de la luz, de las características químicas y físicas del producto y de la habilidad de la persona para caracterizar el color.

La evaluación del color puede ser objetiva y subjetiva. En la subjetiva el ojo humano es usado para evaluar el color sus ventajas son: es más rápido y más fácil que las mediciones objetivas, no requiere equipo especializado, se pueden usar cartas de color o guías como referencias para comparar y describir los colores como en plátanos, nectarinas y tomates y últimamente en fresas. Las desventajas son que los resultados pueden variar considerablemente debido a las diferencias humanas en la percepción del color y al error humano. El ojo humano tiene sus limitaciones como un aparato diferenciador de color. La fatiga ocular, el daltonismo y las condiciones de visión son ejemplos de las limitaciones del ojo humano. Además, el ojo hace un pobre trabajo diferenciando las tres características importantes responsables de la forma como percibimos y juzgamos la aceptabilidad del color.

La evaluación objetiva emplea un instrumento para proporcionar un valor específico del color basado en la cantidad de luz reflejada de la superficie del color o la luz transmitida a través del producto. Las ventajas que presenta es que hay menos variabilidad en la medición del color; puede medir pequeñas diferencias de color con exactitud, puede estar automatizado a la línea de empaque, también existen unidades portátiles que se pueden sostener con la mano. Sus desventajas son el requerir equipo especializado a un costo significativo y que puede ser más lento que una evaluación subjetiva. La evaluación subjetiva del color puede ser más práctica y rápida y puede ser referida a los valores objetivos y a la concentración del pigmento (Mitcham y col., 1998)

El color puede considerarse bajo tres aspectos: matiz (hue), brillo (lightness) y saturación (cromaticidad). El matiz se refiere al nombre del color y está relacionado con la longitud de onda de la radiación que produce la estimulación óptica, por lo que se considera una magnitud sensorial en presencia de luz. Es un aspecto cualitativo y el más distintivo del color, sin matiz no hay color. El matiz no se define, solo se describe con palabras como verde, azul, rojo, amarillo, violeta.

El brillo es la medida del grado de dilución del matiz con el negro, en el caso de la luz blanca puede existir solo.

La saturación (cromaticidad) es la pureza del color o bien puede considerarse alternativamente como el grado de dilución con el blanco. Los colores saturados serán por tanto aquéllos que no contengan traza de luz blanca. Como sucede con otras mediciones, el color de muchas frutas y vegetales no solo es un índice de calidad del color, sino que generalmente está asociado con la madurez. La obtención de una muestra representativa para la medición del color es difícil debido a que el color no es uniforme en toda la fruta, sin embargo con los equipos actuales es posible medir el color en varias partes del fruto y obtener un valor promedio del color de la superficie.

Para medir el color y expresarlo numéricamente se han ideado algunos métodos. En la actualidad la medida del color está normalizada en el ámbito internacional a partir de la reunión de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, llamada así por las iniciales del nombre francés, Commission Internationale de L' Eclairage) celebrada en París el año 1931. En esta reunión se estableció una nomenclatura y un espacio de color. Estos espacios de color son usados a través de todo el mundo para la comunicación del color y en ellos están basados los principios de los instrumentos usados para medir color (Colorímetros y Espectrofotómetros). Los colorímetros usan sensores que simulan el modo en que el ojo humano percibe el color, pero a diferencia de éste pueden asignar parámetros de medición consistentes a cada color, independientemente de las condiciones ambientales.

**FORMA Y TAMAÑO.** La forma uniforme y característica de un producto son importantes atributos de calidad. Los productos malformados pueden ser más susceptibles a los daños mecánicos y generalmente son rechazados por los consumidores. El tamaño del producto también puede ser importante dependiendo de su uso. Los consumidores tienden a asociar el tamaño grande con mayor calidad y frutas grandes como más maduras.

La evaluación subjetiva de la forma y tamaño del producto puede llevarse a cabo una vez que se hayan determinado o definido las características deseables e indeseables del producto. Para varios productos se encuentran disponibles cartas de forma y tamaño y el peso es una medida cercana al tamaño preciso del producto (Mitcham y col., 1998).

**AUSENCIA DE DEFECTOS.** Los productos deben ser evaluados para detectar la presencia de defectos. También se debe determinar el nivel de tolerancia para cada tipo de defectos tales como cortes, magulladuras, enfermedades, daño por frío y desordenes fisiológicos. Durante la evaluación de la calidad, el porcentaje de fruta con cada clase de defecto puede ser determinada como una guía para la calidad total del producto. Un sistema de puntuación como el siguiente puede ser usado para describir la incidencia y severidad de defectos. La escala podría ser: 1= ninguno, 2= ligeramente 3= moderado, 4 = severo, y 5 = extremo (Mitcham y col, 1996).

**SABOR Y AROMA.** Son dos de las propiedades más importantes que dan el valor comercial a las frutas en general e influye en la aceptación por parte del consumidor (Miszczack y col., 1995).

Un sabor aceptable en fresas requiere de un mínimo de sólidos del 7% y/o un máximo de acidez titulable del 0.8% (Rivera y Tong, 1998). Ya que el sabor depende del contenido de sólidos solubles y de la acidez se requiere evaluar el contenido de sólidos solubles.

**CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES.** Los azúcares son los principales sólidos solubles en el jugo de las frutas y por lo tanto los sólidos solubles pueden usarse como una estimación del contenido de azúcares, aunque también contribuyen a los sólidos los ácidos orgánicos, los aminoácidos, los compuestos fenólicos y las pectinas solubles (Mitcham y col., 1996).

En las frutas no climatéricas como en el caso de las fresas, los azúcares tienden a acumularse durante la maduración. Así la medición de azúcares en la fruta puede proporcionar un índice de la madurez de la fruta y en la mayoría de los casos, este valor refleja de manera exacta la dulzura de la fruta (Thompson, 1996). Las fresas no acumulan almidón durante su desarrollo y su sabor dulce es debido al rompimiento de la sacarosa la cual se acumula durante la primera parte de la vida de la fruta. Es por eso que debe cosecharse madura o muy cercana a su madurez completa para que su sabor sea aceptable por el consumidor (Marty, 2002).

Prácticamente para todas las frutas, mientras más grande sea el valor de los sólidos solubles, más madura y más dulce será la fruta.

También los cambios que ocurren durante el almacenamiento de frutas y vegetales pueden ser registrados por este método.

Para propósitos de control de calidad, los sólidos solubles corresponden al valor obtenido con el refractómetro, en donde los valores del índice de refracción son convertidos a la escala de sólidos solubles. La determinación se lleva a cabo mediante un refractómetro Abbe. El procedimiento consiste en triturar la muestra colocando una o dos gotas del jugo sobre el prisma del refractómetro y el valor del contenido de azúcares se lee en la escala de °Brix. Para productos que no contienen una gran cantidad de sólidos suspendidos los resultados son muy precisos y muy significativos.

**ACIDEZ.** La acidez representa el contenido de ácidos y en la mayoría de las frutas cambia durante la maduración. La acidez corresponde al valor obtenido mediante una valoración (titulación) del contenido de los ácidos. Esto se lleva a cabo mediante la extracción del jugo de la fruta y titulando una porción de jugo con una solución estándar alcalina, generalmente hidróxido de sodio. Generalmente la acidez está representada por el ácido que predomina en ella. El control de la acidez es importante desde el punto de vista del sabor. Es importante medir la acidez de la fruta por titulación y no mediante el pH de la fruta, porque los jugos tienen una considerable capacidad reguladora por lo que el pH no representaría la acidez de la fruta.

El método más usado para medir la acidez de las frutas es mediante el cálculo del porcentaje de acidez titulable en términos del ácido que predomine en la fruta, por lo general es ácido cítrico. Este método es útil también para indicar un parámetro de sabor como agrio o ácido.

Normalmente la acidez por sí misma no es una medida de la madurez de la fruta, sino que generalmente se relaciona con los sólidos solubles dando lo que comúnmente se llama relación °Brix/acidez.

**RELACIÓN AZÚCAR/ACIDEZ.** Una parte importante del sabor atractivo de muchas frutas es la mezcla de notas de dulzor y acidez. Así la relación azúcar/acidez indicará el desarrollo de los azúcares durante la maduración de la fruta y la reducción de los ácidos en una proporción adecuada.

Desde el punto de vista de calidad de sabor, una fruta puede llegar a ser sobre madura no por la acumulación de los azúcares, sino por la pérdida de los ácidos de tal manera que no proporciona el sabor agrio característico.

El pH representa la concentración de iones hidrogeno e indirectamente la acidez de la fruta. Su determinación se lleva a cabo mediante un potenciómetro, el cual posee un electrodo que mide la concentración de los iones hidrogeno.

**VALOR NUTRITIVO.** El valor nutritivo de las fresas está dado por su contenido de ácido ascórbico (Vitamina C), ya que se consideran una buena fuente de éste (Voca y col., 2006). Este varía entre 26-120 mg/100 g de fruta (Kader, 1991). El contenido total de ácido ascórbico depende de la variedad y es afectado por diversos factores: Es susceptible a la degradación en presencia de luz y oxígeno y a la actividad enzimática interna, la que se presenta en el tejido interno de la fruta cuando ésta sufre cortaduras y magulladuras. Es afectado por la temperatura, la humedad, la acidez, ya que los ácidos regulan el pH celular y pueden influir en la apariencia de los pigmentos dentro de la fruta y finalmente también se ve afectado por el grado de maduración (Hudson y Mazur, 1985), así como por las condiciones entre la cosecha y el consumo; las temperaturas durante el transporte y por las diferencias entre las áreas de crecimiento y las estaciones.

Además del ácido ascórbico, la fresa proporciona otros nutrientes que la hacen una fruta muy valiosa desde el punto de vista nutritivo. Dentro de estos nutrientes se encuentran el ácido fólico, el potasio, la vitamina B<sub>6</sub> y el magnesio. Johannesson y col. (2002) consideran que las fresas son una buena fuente de ácido fólico, del cual es sabido que puede prevenir defectos congénitos del tubo neural, y en recientes estudios se ha observado que proporciona protección contra el cáncer de colon, de senos y cáncer pancreático, aun cuando estos estudios necesitan investigación adicional, el folato parece ser importante en curar y prevenir errores en la réplica del ADN.

**CONTENIDO DE AGUA (humedad).** El contenido de agua representado por la humedad del producto es indudablemente el criterio de calidad más importante y más frecuentemente usado. El método usado para determinar la humedad en frutas y vegetales es el Método oficial de la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC, 1990), el

cual se basa en la evaporación de la humedad de un determinado peso de muestra.

TEXTURA (FIRMEZA). La textura es un atributo de calidad muy importante para cualquier producto hortícola y tiene el mismo peso que la apariencia y el sabor. La textura es la percepción humana de las propiedades mecánicas de un alimento y corresponde a un grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto.

La palabra *textura* proviene del latín *textura*, que significa tejido y originalmente se tomó en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. Es difícil dar una definición de textura ya que significa diferentes cosas para diferentes personas. No obstante, hoy en día, de acuerdo a ciertos parámetros de textura de los alimentos que se relacionan con los términos populares de textura se da la siguiente definición: "Las propiedades de textura de un alimento son un grupo de características físicas que surgen a partir de los elementos estructurales del alimento y se perciben principalmente por los sentidos del tacto, y están relacionadas con la deformación, la desintegración y el flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza, y se pueden medir objetivamente en función de la fuerza, el tiempo y la distancia" (Bourne, 2002).

Para el caso de la fresa, la firmeza es uno de los principales atributos, por lo que un aspecto muy importante a considerar durante su manejo poscosecha es la pérdida de su calidad debido a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo). La firmeza mide la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte; depende del momento y método de recolección y de la temperatura de almacenamiento (Buitrago y col., 2004)

La textura puede medirse por dos técnicas básicas; por métodos objetivos y por métodos subjetivos. Aunque las mediciones de las propiedades de los materiales se han enfocado al estudio de la fuerza o resistencia de éstos, en la medición de la textura de los alimentos debe considerarse más como un estudio de la debilidad del material preferentemente a su resistencia (Abbott y Harker, 2002).

Entre los métodos objetivos para la medición de la Textura de los productos hortícolas de acuerdo a Bourne (1980) se encuentran:

- Medición de la fuerza de: Punción, Extrusión, y Compresión.
- Medición de la Deformación.
- Mediciones Múltiples: Análisis de Perfil de Textura.

Dentro de los métodos objetivos, se usan tres principios básicos en los instrumentos para medir la textura de frutas y vegetales frescos, siendo estos la punción, la deformación y la extrusión.

**PRUEBA DE PUNCIÓN Y PENETRACIÓN.** Son los métodos más simples y más ampliamente usados para medir la firmeza de alimentos sólidos (Bourne, 1966, Costell y col., 1997). Se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada (generalmente de metal) penetre, es decir mide la fuerza máxima requerida para empujar un vástago cilíndrico, una probeta, una aguja o punzón dentro del alimento en un intervalo de tiempo y a una profundidad dada. La determinación de la fuerza máxima se toma como una medida de firmeza.

En este tipo de prueba, se obtienen 3 tipos básicos de curvas para productos hortícolas, las cuales se muestran en la figura 7.

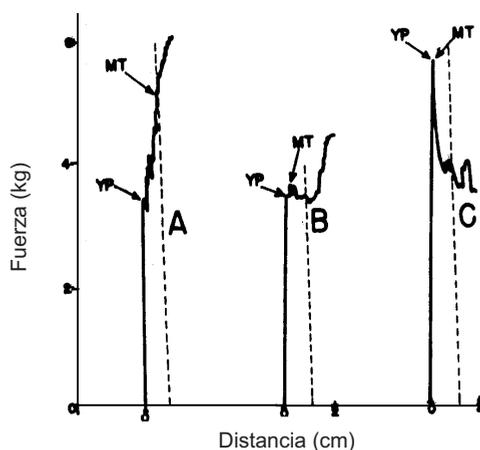


Figura 7. Curvas de Punción

Fuente: Adaptado de Bourne, 1980.

En cada una se presenta un rápido aumento inicial en la fuerza en una distancia corta del movimiento conforme la punta de la probeta se mueve sobre el producto. Durante esta etapa el producto se deforma bajo la carga, pero no hay punción del tejido. Esta etapa termina abruptamente cuando la probeta comienza a penetrar en el alimento, evento que está representado por el cambio repentino en la pendiente llamado "punto de fluencia" YP (por sus siglas en inglés, yielding point). Este punto marca el instante cuando la probeta comienza a penetrar dentro del producto causando un aplastamiento irreversible. En los productos biológicos, el comienzo de la ruptura en el sistema celular está indicado por el límite de fluencia biológica o biofluencia (bioyield point).

En la tercera fase de la prueba, después del punto de fluencia (YP) y durante la penetración de la probeta, la trayectoria de la fuerza cambia dando lugar a los 3 tipos de curvas. En la gráfica también se muestra el punto MT el cual corresponde a la lectura de la fuerza registrada con un penetrómetro Magness Taylor (instrumento portátil empleado en la industria como estándar para la medición de la firmeza en frutas). El funcionamiento del penetrómetro se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada penetre en él (Costell y col., 1997)

En la curva del tipo A, la fuerza ejercida continúa incrementándose después del punto de fluencia, este tipo de curva se presenta en manzanas recién cosechadas. En el tipo B la fuerza se mantiene aproximadamente constante después del punto de fluencia, este comportamiento lo siguen manzanas, peras y duraznos que se han mantenido en almacenamiento refrigerado por un largo período de tiempo. En el tipo C, la fuerza disminuye después del punto de fluencia, este tipo de curva se presenta en la mayoría de los vegetales crudos con textura dura (papa, pepino, calabaza, zanahoria, remolacha) (Bourne, 2002).

**PRUEBA DE EXTRUSION.** Es el segundo principio usado para medir la textura de frutas y hortalizas. Las celdas empleadas con el principio de extrusión por lo general incluyen combinaciones complejas de compresión, extrusión, corte, fricción y quizá otros efectos, pero para fines prácticos esta prueba se describe solo como "extrusión". En este caso se mide la fuerza requerida para hacer pasar un flujo de muestra a través de un orificio o ranura. Uno de los instrumentos más conocidos

que usan este principio es la celda Kramer. Otro instrumento que ha sido muy usado en la industria en Europa y Gran Bretaña y que se basa en este principio es el tenderómetro, empleado para medir la calidad y madurez de chicharos frescos, aunque tiene sus limitaciones sigue siendo utilizado en la industria (Bourne, 2002).

**DEFORMACION.** La firmeza es un factor muy importante de calidad en muchas frutas y vegetales y generalmente se percibe mediante la aplicación de una presión (apretón) por la mano. Si al presionar el fruto con los dedos, la presión que se ejerce es muy baja, el producto es considerado suave y si se requiere hacer más presión para deformar el fruto, éste se considera un producto firme. Esta prueba sensorial utiliza el principio de deformación, es decir mide la distancia que el producto se comprime bajo la aplicación de una fuerza. En la actualidad se puede realizar de manera objetiva mediante un texturómetro.

Para llevar a cabo las determinaciones de firmeza los productos deben tener un tamaño uniforme para evitar la variación en la firmeza debido a éste, ya que las frutas más grandes generalmente son más suaves que las pequeñas. También se debe asegurar que la temperatura de las frutas sea homogénea porque las frutas calientes son más suaves que las frutas frías y el estado de madurez, ya que las fresas inmaduras son más firmes que las maduras.

**ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA.** El perfil de textura provee una completa descripción de las características de textura de un producto alimenticio. El perfil de textura instrumental intenta cuantificar tantos parámetros texturales como sean posibles. Basado en el concepto de algunas características de textura (especialmente algunas mecánicas), que podrían ser medidas instrumentalmente; la empresa General Food de Estados Unidos diseñó el texturómetro, como un método objetivo para la caracterización de la textura de un alimento. El instrumento imita la fuerza aplicada en una mordida. Una muestra estandarizada de alimento se coloca en una placa sensible que mide la deformación y un émbolo el cual hace dos compresiones (mordidas), penetra  $\frac{3}{4}$  de distancia a través de la muestra. Los resultados son registrados en una gráfica. Los valores de varios parámetros juntos delinean la textura de un alimento y es llamado "Perfil de Textura".

En la figura 8 se muestra el análisis de perfil de textura. En esta curva se gráfica fuerza contra tiempo.

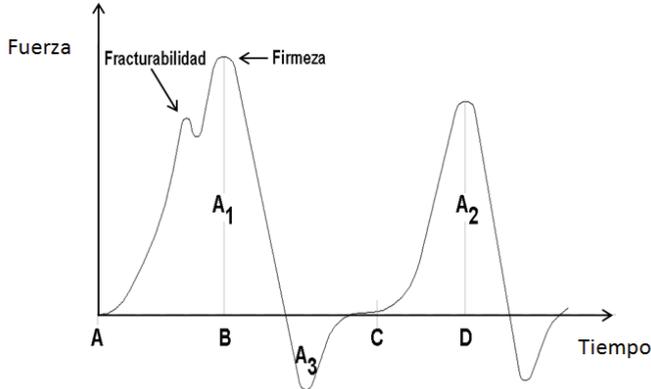


Figura 8. Análisis de perfil de textura obtenido para fresa

Fuente: Adaptado de Szczesniak y Smith, 1969.

- La fracturabilidad corresponde al primer pico de la primera área.
- La dureza (en el caso de los granos) o firmeza (para frutas) corresponde al segundo pico.
- La cohesividad es igual a la relación de las áreas  $A_2/A_1$ .
- La adhesividad corresponde al área  $A_3$ .
- La elasticidad corresponde a la relación  $CD/AB$ .
- La gomosidad está dada por el producto de la firmeza con la cohesividad.



3

**OBJETIVOS**



### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los defectos y daños físicos infringidos durante el manejo poscosecha y transporte simulado de fresas cultivadas en la región de Irapuato, Guanajuato (México), así como la calidad de las fresas durante las etapas del manejo para identificar el punto donde se tiene el mayor porcentaje de daño.

#### 3.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los campos de cultivo que proporcionaran la fresa de las variedades seleccionadas para los ensayos, así como los mercados de comercialización y una empacadora de fresa ubicada en Irapuato, Guanajuato.
- Poner a punto las técnicas y métodos de análisis para realizar el seguimiento de la calidad durante el manejo poscosecha.
- Realizar la caracterización física, mecánica y química de la fresa de la variedad Chandler y Camarosa cultivadas en la región.
- Realizar una evaluación comparativa de la calidad de la fresa y del porcentaje de pérdidas por daños mecánicos durante:
  - ❖ La recolección.
  - ❖ El manejo y la comercialización.
  - ❖ El transporte simulado.
- Evaluar el efecto del estado de madurez sobre los parámetros de calidad de las fresas.
- Evaluar los daños y defectos de fresa en la recepción de una empacadora
- Evaluar la calidad de la fresa durante el almacenamiento refrigerado.
- Establecer los criterios para el adecuado manejo de la fresa
- Elaborar un folleto informativo sobre el manejo poscosecha de la fresa.

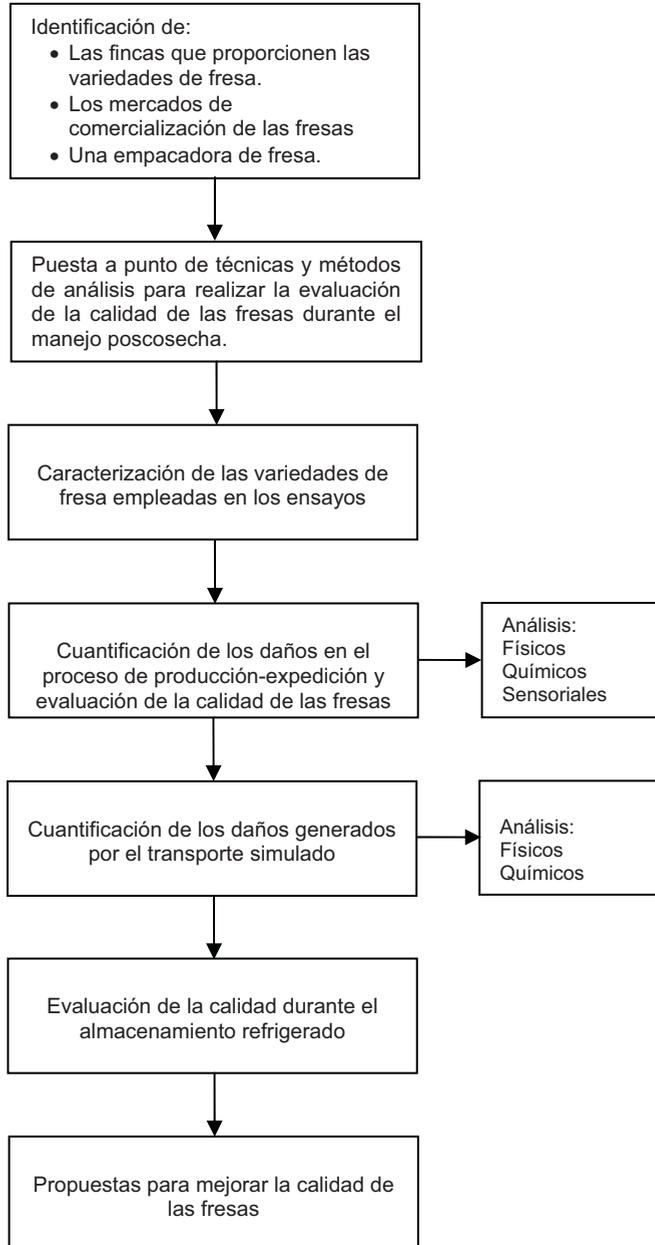




# **MATERIALES Y MÉTODOS**



PLAN DE TRABAJO DESARROLLADO





#### 4.1. MATERIAL BIOLÓGICO

Se emplearon fresas (*Fragaria x ananassa Duch*), de las variedades Chandler y Camarosa por ser las dos principales variedades de fresa que se cultivaron en la región durante el período de ensayos.

La procedencia de las fresas para cada uno de los ensayos realizados estuvo en función de la disponibilidad de éstas durante los períodos de estudio. Se identificaron dos fincas con cultivos de fresa de las variedades seleccionadas localizadas en el municipio de Irapuato, Gto., México. La primera finca (Rancho Arandas), se localiza a 8 km del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad de Guanajuato. El cultivo de fresa en esta finca (Figura 9-a) abarca una superficie de 2 ha. El tipo de suelo es arenoso, se emplea riego por gravedad (por surco) y el agua es de pozo.

La segunda finca (Rancho San Vicente) se localiza a 16 km del ICA. En esta finca el cultivo de la fresa (Figura 9-b) alcanza una extensión de 9 ha. El tipo de suelo es franco arcilloso. El tipo de riego que se emplea es el tradicional, por gravedad, el agua se extrae de un pozo profundo.



a) Rancho Arandas



b) San Vicente

Figura 9. Cultivo de fresa

## 4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FRESAS

### 4.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Las muestras de fresa empleadas para la caracterización física, mecánica y química, de la variedad Chandler procedieron de la Finca San Vicente y las de la variedad Camarosa de la Finca Rancho Arandas en la campaña marzo-julio del 2005.

Las fresas fueron recolectadas en la mañana por los trabajadores del campo y puestas en canastas, de las cuales se tomó una muestra al azar de 100 fresas de cada una de las variedades, Chandler y Camarosa en cada periodo de corte correspondiente para cada variedad. Las fresas fueron llevadas al laboratorio del ICA en una hielera portátil con recubrimiento interno de poliuretano para evitar daños y se sometieron al análisis para su caracterización el mismo día de la recolección.

Se usó como índice de madurez la intensidad y la distribución del color rojo ( $\frac{3}{4}$  partes de la superficie debieron estar de color rojo para considerarse maduras). Las cosechas se realizaron entre las 7 y 8 de la mañana. La temperatura promedio durante la recolección fue de 13 °C a las 7 de la mañana y de 32 °C entre las 11 y 12 h del medio día. La humedad relativa a las 7 de la mañana fue de 89 % y descendió hasta más del 40% a las 11 de la mañana en la época de verano.

Para la caracterización se evaluaron los tres parámetros físicos más usados en la clasificación y selección de los productos hortícolas; el tamaño, el peso y la forma típica (Barbosa-Cánovas y col., 2004).

**Tamaño.** Se considera que el peso es una medida del tamaño del producto, sin embargo, en las empacadoras de fresa de la región de Irapuato, Gto., es más frecuente la determinación del diámetro ecuatorial. El peso de cada una de las fresas de las muestras seleccionadas se registró en una balanza granataria digital Mettler PC 4400 con una sensibilidad de 0.01g. El diámetro ecuatorial se determinó mediante el uso de un vernier.

**Forma.** La forma uniforme y homogénea es considerada una característica de calidad para los productos hortícolas. La forma de las fresas se determinó de acuerdo a la carta de formas de fresa (Figura

10), editada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Daubeny, 1980).

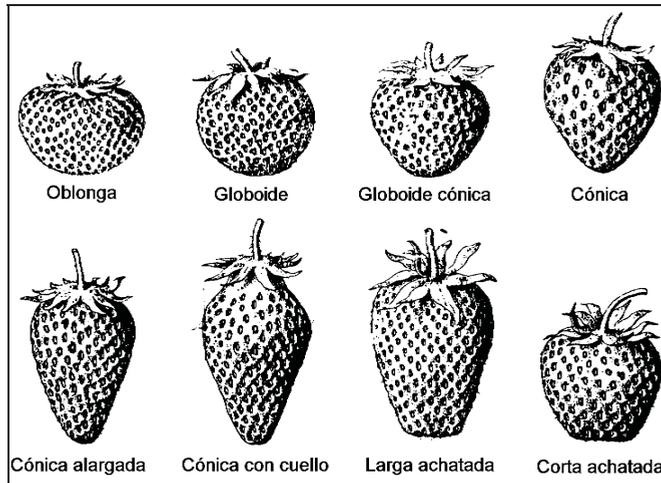


Figura 10. Carta de Formas de Fresas. Editada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (Daubeny, 1980)

#### 4.2.2. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Las características o propiedades mecánicas de los materiales biológicos, son aquéllas que se relacionan con el comportamiento que presentan cuando se les aplican fuerzas; como las propiedades de tensión-deformación, que se presentan cuando estos materiales se encuentran bajo cargas estáticas y dinámicas. Los productos hortícolas durante el manejo poscosecha comúnmente se encuentran bajo cargas estáticas y dinámicas, por lo que es de considerable importancia evaluar el efecto que tienen en sus propiedades mecánicas.

La textura es una característica mecánica y constituye un parámetro de calidad de las frutas y hortalizas, siendo uno de los principales criterios que usa el consumidor para determinar la aceptabilidad de las frutas y vegetales (Abbot y Harker, 2002), por lo cual es muy importante su determinación.

Los atributos de textura de las frutas y vegetales están relacionados a las características estructurales, fisiológicas y bioquímicas de sus células vivas, a sus cambios con el tiempo, y a sus alteraciones por los procesos a los que se someten. Los continuos cambios fisiológicos en las células vivas, además de su variabilidad inherente entre las unidades individuales del producto hace difícil la determinación de la textura. No obstante, se han desarrollado varios métodos para medir los diferentes atributos de la textura de diferentes productos (Abbott, 1997), pero el método básico sigue siendo el método de punción (Kuczynski, 1985). Aunque existen métodos sensoriales, se prefieren las mediciones instrumentales, ya que los instrumentos reducen la variación entre las determinaciones debido a los factores humanos, además, son más precisos y proporcionan un lenguaje común (Abbott y Harker, 2002).

Las fresas fueron provistas del Rancho San Vicente y Rancho Arandas durante la temporada marzo-julio del 2005. Las fresas se recolectaron con cuidado para evitar daños mecánicos. La recolección se hizo a las 7.00 de la mañana, para después trasladarse al laboratorio del Instituto de Ciencias Agrícolas, donde se hicieron las determinaciones el mismo día.

Para los ensayos se seleccionaron fresas sanas, maduras, de tamaño y color uniforme, ya que la firmeza varía con el tamaño de las fresas (Ourecky y Bourne, 1968) y el color es un índice de su maduración.

El equipo empleado fue un analizador de textura, el texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems Ltd., 1993). Las pruebas usadas fueron la medición de la fuerza de punción y de penetración con su respectiva deformación y el análisis de perfil de textura para determinar la firmeza de las fresas.

Se hicieron tres ensayos durante tres semanas consecutivas para la variedad Chandler y tres para la variedad Camarosa. El número de fresas por ensayo fue de 20 para cada una de las pruebas realizadas (punción, penetración, y perfil de textura), de acuerdo a las recomendaciones del estándar No. S368.3MAR95 de la Asociación Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE Standards, 1995). Esta asociación establece que debido a la variabilidad inherente de los productos biológicos (forma, tamaño, estructura celular, estado de

madurez), se deben diseñar los ensayos de tal manera que se emplee un mínimo de 20 especímenes para que el análisis estadístico dé resultados confiables.

Calibración del Texturómetro. El equipo se calibró de acuerdo al Manual de operación del equipo (Stable Microsystems Ltd., 1993). Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

Modo de prueba:	Fuerza en compresión.
Tipo de Gráfica:	Fuerza vs. Tiempo (para TPA). Fuerza vs. Distancia (Punción y penetración).
Límites de Fuerza:	20 g (TPA), 100 (Punción y penetración).
Límites de Distancia:	0.50 (TPA, punción y penetración)
Escala de Fuerza:	1500 – 2000 g (TPA), 200 (Punción y penetración).
Escala de la Distancia:	50 mm (TPA), 200 (Punción y penetración).
Auto – Escala:	On.
Tipo de Archivo:	ASCII.
Presentación (Display):	Plotted points. Puntos por segundo: 200 (TPA), 100 (Punción y penetración).
Resultados:	TPA y Gráfica.
Unidades de Fuerza:	Gramos y Newton.
Configuración del pico:	On.
Área de contacto:	Dependiendo del área del émbolo.

#### 4.2.2.1. Prueba de punción

La prueba de punción es una medida de la resistencia de la piel a la penetración, otra medida importante que se establece en este ensayo es la deformación (mm), la cual puede emplearse como indicador de la turgencia de los tejidos externos del fruto (Buitrago, 2004).

Esta prueba consistió en hacer penetrar un vástago o probeta cilíndrica de acero inoxidable de 1.6 mm de diámetro en la piel de las fresas. Las fresas se colocaron una a una con el tallo en el plano horizontal sobre la plataforma (Figura 11). La distancia que penetró la

probeta fue de 3 mm y la velocidad de descenso de 0.3 mm/s (18 mm/min) de acuerdo al método empleado por Mercado (1998). De esta manera se registró la fuerza necesaria en Newton para romper la piel y la deformación en mm de acuerdo a la gráfica de fuerza-distancia obtenida (Figura 12).



Figura 11. Prueba de Punción

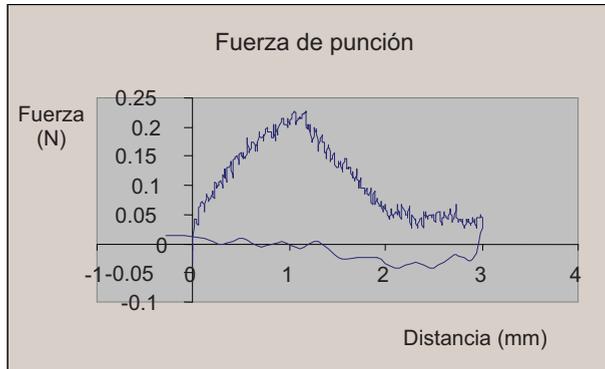


Figura 12. Curva de la Prueba de Punción

#### 4.2.2.2. Prueba de penetración

Esta prueba se usa para determinar la resistencia de la pulpa de la fresa a la penetración. Los ensayos se realizaron con el mismo texturómetro y de la misma manera que en el método anterior, pero en

este caso se empleó una probeta o vástago de 3 mm de diámetro (Figura 13), de acuerdo a los estudios realizados por Mercado en 1998 y por Holcroft y Kader en 1999. En frutas con piel delgada y suave la fuerza adicional requerida para penetrar la piel con la probeta se considera despreciable de acuerdo a lo publicado por Bourne (1980), por lo que este caso no se quitó la piel a las fresas. La distancia de penetración fue de 3 mm y la velocidad de descenso de 0.3 mm/s. En esta prueba se registró la fuerza necesaria para penetrar la pulpa en Newton y la deformación provocada en mm. Un ejemplo de las curvas que se registraron se muestra en la figura 14.



Figura 13. Prueba de Penetración

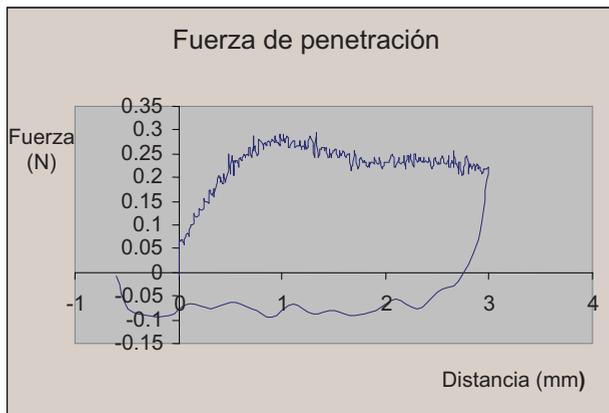


Figura 14. Curva de Penetración

#### 4.2.2.3. Análisis de perfil de textura

La evaluación de la textura de la fresa se realizó con el mismo equipo, empleando el método de análisis de perfil de textura descrito por Szczesniak y Smith (1969). Mediante el cual se obtuvieron los valores de firmeza, elasticidad, cohesividad y adhesividad de la fresa. Las condiciones de trabajo del equipo fueron: velocidad de 5 mm/s; distancia recorrida 10 mm, y el tiempo entre las dos compresiones (mordidas) fue de 5 s. Se empleó una probeta cilíndrica plana de plástico, con un diámetro de 10 mm.

La prueba consistió en colocar la fresa en la placa, después se le aplicó una fuerza para provocar dos compresiones sucesivas (Figura 15), sujetándose la fresa con la mano para que durante el momento de la retracción la fresa no quedara adherida al vástago y estuviera en posición para la “segunda mordida”.

La curva que se obtiene es de fuerza-tiempo (Figura 16), donde el primer pico en la primera compresión corresponde a la fracturabilidad, y el segundo a la firmeza (dureza en el caso de granos). La relación de las áreas positivas  $A_2 / A_1$  es la cohesividad. El área  $A_3$  es la adhesividad que se genera durante la retracción del vástago o probeta entre las dos compresiones y la relación  $CD/AB$  es la elasticidad.

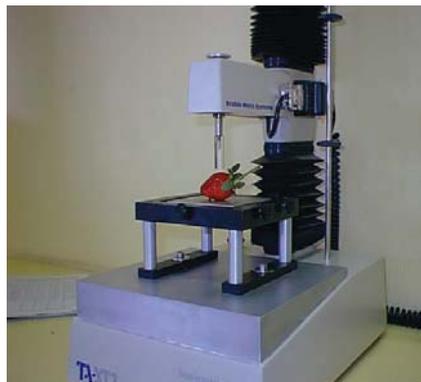


Figura 15. Prueba de Análisis de Perfil de Textura

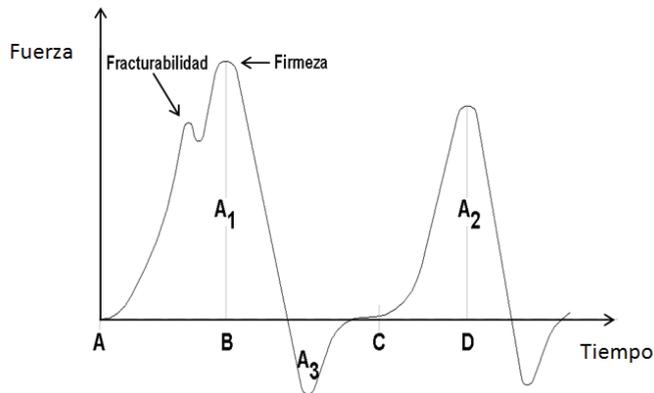


Figura 16. Análisis de perfil de textura obtenido para fresa  
Fuente: Adaptado de Szczesniak y Smith, 1969

### 4.2.3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Esta caracterización está descrita por los principales atributos químicos de calidad de la fresa como son la humedad y sólidos totales, los sólidos solubles (dulzor), la acidez, el pH, el contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Para esta caracterización se emplearon fresas de madurez uniforme, cubriendo el color rojo las  $\frac{3}{4}$  partes de la superficie del fruto.

#### 4.2.3.1. Contenido de humedad y de sólidos totales

La determinación del contenido de humedad es un factor muy importante desde el punto de vista económico, ya que su pérdida durante el manejo repercute en el peso fresco vendible. El método empleado es el descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 1990). Este método se basa en la evaporación del agua de la muestra mediante un calentamiento. Para ello se colocó una determinada cantidad de fresas en un recipiente puesto previamente a peso constante y se introdujo en una estufa con vacío y con control de temperatura. La temperatura se mantuvo a 70 °C. Una vez evaporada el agua, lo cual se sabe que ocurre cuando ya no hay variación del peso de la muestra (fresas) contenida en el recipiente, se determinó el peso de la muestra y por diferencia de peso se determinó el contenido de humedad.

La materia sólida que queda después de la evaporación del agua corresponde a los sólidos totales.

#### 4.2.3.2. Sólidos solubles

Los principales sólidos solubles en el jugo de las frutas son los azúcares, por consiguiente su determinación puede usarse para estimar el contenido de azúcares. Los sólidos solubles pueden determinarse en una pequeña muestra de jugo de la fruta usando un refractómetro.

El refractómetro mide el índice de refracción, el cual indica que tanto un rayo de luz cambia su dirección cuando pasa a través del jugo de la fruta. El equipo consta de un par de prismas, en el prisma inferior se coloca una gota del filtrado y se hace incidir luz en forma de un número infinito de rayos, la luz pasa a través de la muestra, los rayos golpean la superficie del otro prisma y son refractados. Mediante el ocular del aparato se mueve la línea divisoria entre las porciones de luz y sombra del campo y se ajusta para tomar la lectura. El refractómetro tiene una escala para el índice de refracción y otra para la equivalencia de °Brix o por ciento de sólidos solubles los cuales pueden leerse directamente.

Para pequeños productos tal como cerezas, fresas y uvas, la fruta entera puede exprimirse directamente. La temperatura del jugo es un factor crítico para la exactitud debido a que todos los materiales se expanden cuando se calientan y llegan a ser menos densos. Para una solución de azúcar, el cambio es de cerca del 0.5% por cada 5.6 °C (Mitcham y col., 1996), por lo que se debe ajustar la temperatura.

La metodología empleada para los ensayos fue la descrita por Shamaila y col., (b) (1992) y Lees (1993). Se molieron 3 réplicas de muestra de 100 g cada una, en una licuadora comercial de baja velocidad durante tres minutos. El macerado se centrifugó a una velocidad de 10 000 rpm durante 10 minutos para obtener un sobrenadante y se mantuvo a 4 °C, el cual se filtró en un papel filtro Whatman No. 4. Este filtrado sirvió para determinar los sólidos solubles, el pH, y la acidez.

Se empleó el refractómetro Abbe Baush & Lomb (Figura 17). Para tomar la lectura se limpiaron los prismas del refractómetro y se calibró con agua destilada, debiendo dar una lectura del índice de

refracción de 1.333 a 20 °C o 0% de sólidos solubles. Una vez calibrado el equipo se colocó una gota del filtrado sobre el prisma y se registró la lectura en °Brix. Las lecturas se hicieron por triplicado y se promediaron.



Figura 17. Refractómetro de Abbe (Baush & Lomb)

#### 4.2.3.3. pH

La medición del pH es una medida de la acidez iónica de una solución y se realiza a través de un potenciómetro. En este caso se usó un potenciómetro digital de lectura directa. Pye Unicam modelo PW9409 (Figura 18).

El equipo se calibró usando una solución reguladora de pH conocido (pH = 4.0) cuyo valor es lo más cercano al valor esperado de las fresas. Se tomó una muestra del filtrado y se colocó en un vaso de precipitados. La cantidad de muestra fue la suficiente para cubrir el electrodo detector de la concentración de iones hidrógeno. El electrodo se introdujo en la muestra, se ajustó el equipo a la temperatura de la medición. Se leyó el valor de pH directamente en la escala del potenciómetro. Se realizaron tres determinaciones de la muestra preparada. Se tomó como resultado la media aritmética de las tres repeticiones.



Figura 18. Potenciómetro  
(Pye UNICAM)

#### 4.2.3.4. Acidez titulable.

La acidez representa el contenido de ácidos y en la mayoría de las frutas ésta cambia durante la maduración. Una medida general de la acidez de las frutas se obtiene titulando el jugo de las mismas contra una solución estándar alcalina, generalmente hidróxido de sodio. Es importante medir la acidez por titulación y no por el pH de la fruta debido a la considerable capacidad reguladora de los jugos de las frutas.

Para la determinación de la acidez se empleó el método de la A.O.A.C. (1990). Se tomó una muestra de 10 g del filtrado y se depositó en un vaso de precipitados, se diluyó a 50 mL con agua destilada y se tituló con una solución de hidróxido de sodio de concentración 0.1N hasta obtener un pH de 8.1, el cual se registró en un potenciómetro. La acidez total titulable se calculó con base en los mililitros gastados de hidróxido y en el miliequivalente del ácido cítrico (0.064), debido a que es el principal ácido presente en la fresa. Los resultados se convirtieron a porcentaje de ácido cítrico ( $\text{mL de NaOH} \times 0.1 \times 0.064 / 10 \text{ g} \times 100$ ).

#### 4.2.3.5. Contenido de ácido ascórbico (vitamina C)

El ácido ascórbico fue cuantificado por el método AOAC 967.21 (2000). Este método se basa en una reacción de oxidación-reducción y se emplea el colorante 2,6-diclorofenolindofenol, el cual es reducido por el ácido ascórbico. Se molieron 25 g de fresas con aproximadamente 70

mL de ácido oxálico al 1% en una licuadora durante 2 minutos, después se aforó a 100 mL y se centrifugó a 4000 rpm durante 10 min a 15 °C. Posteriormente se filtró el líquido y se transfirió a un matraz aforado de 100 mL y se aforó con solución de ácido oxálico al 1%.

Se preparó una curva patrón. Se pesaron 50 mg de ácido ascórbico en una balanza analítica Bosch con una precisión de 0.0001 g, se disolvieron con ácido oxálico y se llevaron a un volumen de 50 mL, para tener una solución con una concentración de 1 mg/mL de ácido ascórbico. De esta solución se tomaron 5 mL y se transfirieron a un matraz de 50 mL y se aforaron con ácido oxálico, obteniéndose una concentración de 0.1 mg/mL. Se tomaron 2 mL de la solución patrón en un matraz Erlenmeyer y se añadieron 5 mL de ácido oxálico, valorándose con la solución de 2,6 diclorofenolindofenol. El punto final se da cuando la primera gota en exceso del reactivo da una coloración rosada de la solución. Esto se hace por duplicado. Se determinó el equivalente del colorante (E), dividiendo los mL del colorante utilizados en la titulación de la solución tipo de ácido ascórbico entre 2 mg ácido ascórbico.

Para las muestras de fresa se tomó una alícuota de 10 mL del filtrado obtenido, se colocó en un matraz Erlenmeyer, se adicionaron 20 mL de éter etílico, debido a que el color de la muestra enmascara el vire (cambio de color del colorante), éste se observó en la capa de éter etílico. Se agitó y se tituló con solución de 2,6-diclorofenol indofenol hasta la aparición de un color rosa pálido en la capa del éter etílico. Para el cálculo de vitamina C en la fresa se utilizó la siguiente fórmula:

$$AA = \left( G \cdot V / a \cdot m \right) \cdot E$$

Donde:

AA = contenido de ácido ascórbico mg /g

G = mL de colorante utilizados en la titulación de la muestra

E = equivalente del 2,6 diclorofenol indofenol

a = mL de la muestra utilizada

m = masa de la muestra (g)

V = volumen al que se aforó (mL)

### **4.3. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN-EXPEDICIÓN DE LAS FRESAS VARIEDAD CHANDLER Y CAMAROSA**

#### **4.3.1. EVALUACIÓN DE DAÑOS MECÁNICOS Y DEFECTOS DURANTE LA RECOLECCION**

La estimación de la calidad de apariencia y del daño físico durante la recolección se realizó en fresas recién cosechadas a mano por los trabajadores del campo del Rancho Arandas. Se tomaron al azar 5 canastas en cada corte, el número de cortes fue de 3 para la Chandler y 3 para la Camarosa. La calendarización de los cortes se muestra en la tabla 11.

Las fresas se vaciaron sobre una lona de plástico, y mediante una evaluación visual se identificó el tipo de daño, se separaron y clasificaron de acuerdo al daño y defecto presentado (Figura 19), se pesaron en una báscula en el campo y se determinó el porcentaje en peso de fresa con daños y defectos (Kramer y Twigg, 1980 y György, 1986). Los parámetros a evaluar fueron porcentaje de fresa con defectos por maduración: fresa en estado inmaduro (fresa de color verdoso a rojo naranja y de textura muy firme), fresa sobremadura (fresa de color rojo oscuro y muy suave al tacto); fresa con daño mecánico (con magulladuras o con cortes); fresa cotorruda (fresa con forma atípica); fresa con daño por hongos, con daño por insectos y enlodada y finalmente la fresa madura aceptable (fresa de color rojo bien desarrollado y firme).

#### **4.3.2. EVALUACIÓN DE DAÑOS MECÁNICOS Y DEFECTOS DURANTE LA COMERCIALIZACIÓN Y EN ETAPA CONSUMIDOR**

La evaluación de los daños y defectos durante la comercialización y a la venta al detalle, se realizó en las fresas contenidas en dos canastas, provenientes de un mercado local de la ciudad de Silao, Guanajuato, localizado a 30 Km del laboratorio de experimentación del ICA. Este mercado es el lugar de destino para la comercialización de las fresas recolectadas en la misma finca donde se hizo la evaluación de los daños y defectos en la recolección.

Las canastas con las fresas recolectadas en la finca y con destino al mercado seleccionado fueron señaladas con una marca para

identificarlas en el momento del muestreo. Las canastas identificadas en el mercado se trasladaron de inmediato al laboratorio.

Las muestras del consumidor se compraron a granel directamente en el mercado y provenían del mismo lote de fresas que se recolectaron en la finca Arandas. Las muestras fueron llevadas al laboratorio en bolsas de plástico simulando las condiciones que lleva a cabo el consumidor.

La estimación de los daños y defectos en las fresas del mercado y del consumidor se realizó usando la misma metodología que para la recolección (Figura 20).

Las condiciones que prevalecieron en los diferentes días de los ensayos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Calendarización de los cortes para la estimación de los daños en el manejo poscosecha de las fresas

Chandler									
Año 2005	Cosecha			Mercado			Consumidor		
Día	Hora	T (°C)	H.R. (%)	Hora	T (°C)	H.R. (%)	Hora	T (°C)	H.R. (%)
18 Marzo	8.00 A.M.	16.5	75.7	14.00	28	42.44	15.00	24.34	38.7
13 Abril	7.00 A.M.	19.17	77.0	14.00	26	41.59	15.30	26.00	39.5
27 Abril	8.00 A.M.	19.8	60	14.00	28	46.00	15.30	25.00	40.5

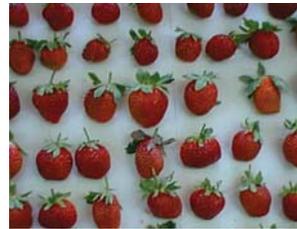
Camarosa									
Año 2005	Cosecha			Mercado			Consumidor		
Día	Hora	T (°C)	H.R. (%)	Hora	T (°C)	H.R. (%)	Hora	T (°C)	H.R. (%)
3 Mayo	8.00	22	45	15.00	30	30	16.30	34	28.2
11 Mayo	8.30	22.5	45	14.30	32	26	16.30	33	26.5
18 Mayo	8.00	23.0	50	15.30	34	25	16.00	32	28.5



Recolección de la fresa en el municipio de Irapuato, Guanajuato



Selección de las fresas



Clasificación de las fresas



Pesado de las fresas

Figura 19. Evaluación de los daños y defectos en la recolección



Figura 20. Evaluación de los daños y defectos en fresas del mercado y en etapa consumidor

#### **4.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FRESAS VARIEDAD CHANDLER Y VARIEDAD CAMAROSA DURANTE EL MANEJO POSCOSECHA.**

Para observar el efecto del manejo sobre la calidad de las fresas se evaluaron en cada una de las etapas del manejo (recolección, venta al menudeo y etapa consumidor) los atributos físicos, químicos y sensoriales. Se evaluó la pérdida de peso, el color y la textura en este orden y posteriormente se evaluó el contenido de sólidos solubles, la acidez, el contenido de vitamina C, de antocianinas y el pH.

La evaluación de los parámetros de calidad se hizo por triplicado, excepto para firmeza que fue de 20 repeticiones, de acuerdo al estándar No. S368.3MAR95 de la Asociación Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE Standards, 1995).

##### **4.4.1. Pérdida de peso**

La pérdida de humedad (peso) en las fresas se determinó por gravimetría. Para la evaluación de la pérdida de peso se tomó como peso inicial, el peso de la canasta con fresas al comienzo de la recolección, el peso final para la recolección correspondió al peso de la

canasta con fresas al final de la recolección. Para el mercado el peso final se registró en el momento de descargar la camioneta en el mercado y para el consumidor el peso se determinó en la canasta que se destinó a la venta a granel, determinándose éste hasta la llegada al laboratorio.

#### 4.4.2. Medición del color

La evaluación del color se hizo objetivamente mediante el uso del espacio de color  $L^* a^* b^*$  (también referido como CIELAB), propuesto por la Commission Internationale de l' Eclairage CIE  $L^* a^* b^*$ . Este sistema es uno de los espacios más populares para medir el color de los objetos y es usado virtualmente en todos los campos y es el que mejor representa la sensibilidad del ojo humano al color.

En este espacio de color,  $L^*$  indica la luminosidad y varía del 0 (negro) al 100 (blanco) y  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas cromáticas de manera que  $a^*$  varía de -60 (verde) a +60 (rojo) y  $b^*$  varía de -60 (azul) a +60 (amarillo) ( $+L^*$  es blanco y  $-L^*$  es negro). El diagrama de cromaticidad  $a^* b^*$ , se muestra en la Figura 21.

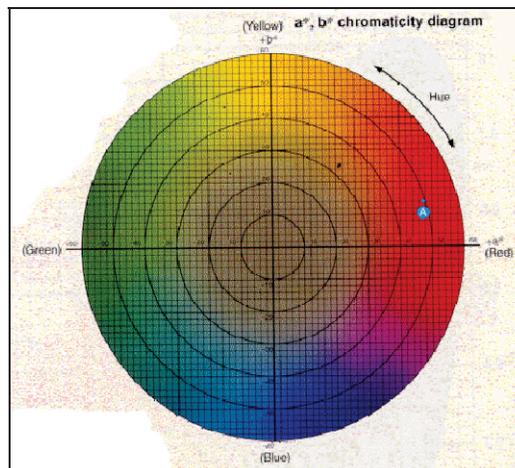


Figura 21. Diagrama de cromaticidad

Fuente:Minolta 1996

En este diagrama, se pueden ver las direcciones del color:  $+a^*$  en la dirección del rojo,  $-a^*$  en la dirección del verde,  $+b^*$  en la dirección del

amarillo y  $-b^*$  en la dirección del azul. El centro es acromático y conforme los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se incrementan la saturación del color se incrementa.

El equipo empleado fue un espectrofotómetro marca Minolta 508-d, provisto de una placa blanca para calibrarlo. Las condiciones del equipo se establecieron de acuerdo al Manual de operación del equipo (Minolta, 1996) se empleó el modo de lectura en valores absolutos y ángulo de visión de  $2^\circ$  (segundo grado). El iluminante empleado fue el estándar D 65, el cual corresponde a la luz de día incluyendo la región ultravioleta, que se emplea para medición de objetos iluminados por luz natural en la región visible y ultravioleta.



Figura 22. Espectrofotómetro (Minolta 506-d)

Para realizar las lecturas, se calibró el instrumento colocando el cabezal de medida sobre la placa blanca y se ajusta a la función de “calibrate” hasta que el equipo indica que se ha realizado la calibración. Se pone el sistema en modo de medida y se oprime el botón “measure”. Para la toma de lecturas de las muestras se llevó a cabo la metodología seguida por McGuire (1992) y por Sacks y Shaw (1994). A las fresas seleccionadas se les determinó el color externo y se midió en tres lados de la fruta ya que el color no es uniforme en toda la superficie del fruto. El espectrofotómetro se colocó sobre la superficie del fruto (Figura 22), se oprimió el botón para realizar la medición y se registró directamente

en la pantalla el valor promedio de las tres lecturas. La muestra de fresas para cada evaluación fue de 20 frutos. En el ensayo de almacenamiento refrigerado también se calculó la cromaticidad  $C^*$  respectivamente utilizando la siguiente ecuación:

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

#### 4.4.3. Medición de Firmeza

La determinación de la firmeza se determinó mediante el Texturómetro TA-XT2 (Stable Microsystems Ltd., 1993). La metodología que se siguió fue la propuesta por Szczesniak y Smith (1969), empleando el método de análisis de perfil de textura mediante el cual se registró únicamente el valor de la firmeza, por ser el parámetro más indicativo de la textura de la fresa. Las condiciones de trabajo del equipo fueron las mismas que se emplearon para la caracterización mecánica de las fresas: velocidad de 5 mm/s; distancia recorrida 10 mm, y el tiempo entre las dos compresiones (mordidas) fue de 5 s. Se empleó una probeta cilíndrica plana de plástico, con un diámetro de 10 mm. La firmeza correspondió al pico más alto de la primera compresión en la curva fuerza-tiempo, y equivale a la fuerza máxima de la primera penetración, los resultados se registraron en Newton.

#### 4.4.4. Sólidos solubles, acidez, ácido ascórbico y pH.

Estos parámetros se determinaron siguiendo la misma metodología empleada para la caracterización química de las fresas, la cual ya ha sido descrita.

#### 4.4.5. Contenido de antocianinas.

Las antocianinas son los pigmentos responsables del color rojo de las fresas y su contenido está en función del grado de madurez de las fresas. Para la determinación de su contenido se empleó el método espectrofotométrico de Wrolstad, (1976). Este método se basa en el coeficiente de extinción de la pelargonidina 3-glucósido, la antocianina que predomina en las fresas. El método consiste en hacer una extracción de las antocianinas en un medio ácido para después evaluar su absorbencia en el espectrofotómetro y cuantificarlas a través de una fórmula empírica. Las fresas se muelen, a determinada porción de fresas molidas se le adiciona la solución reguladora de pH 1,0 para hacer la

extracción, se toma una alícuota de este extracto y se diluye con la solución reguladora las veces que se requiera, se centrifuga, se toma el sobrenadante claro y se lee la absorbencia a una longitud de onda de 520nm en un espectrofotómetro. La cuantificación de antocianinas se lleva a cabo a través de la siguiente fórmula:

$$C(mg/L) = A/\epsilon L \times PM \times 10^3$$

Donde:

C = concentración molar.

A = Absorbencia

$\epsilon$  = coeficiente de extinción o absorbencia molar del pigmento 2400.

L = paso de la luz de la celda en cm. 1=cm.

PM = peso molecular del pigmento (pelargonidina 3-glucósido)  
433.2 g /gmol.

#### 4.4.6. Evaluación sensorial de las fresas.

Evaluación sensorial.

Para esta evaluación se utilizó una prueba de análisis descriptivo cuantitativo (Pedrero y Pangborn, 1989, Shamaila y col., 1992 (a), Heintz y Kader, 1983), cuyo objetivo es identificar y cuantificar las características sensoriales de la fresa. Los atributos evaluados fueron, el color, la firmeza, el sabor, la dulzura, y la acidez. Estos atributos fueron seleccionados ya que son los elementos de calidad que el consumidor considera.

Para la prueba se seleccionaron y lavaron fresas maduras con todo y sépalo, y sin defectos ni daños de las muestras tomadas en la recolección, en el mercado y en etapa del consumidor. La selección se hizo al azar y se hicieron 10 lotes de dos fresas cada uno, para cada día de ensayo. Las fresas se colocaron en tazas de poliestireno y se codificaron con números de tres dígitos seleccionados al azar. Las fresas seleccionadas se dieron a 10 panelistas (alumnos y profesores del Instituto). Los panelistas fueron instruidos para realizar la evaluación (anexo 1, página 199). Se hicieron 5 pruebas para las fresas de la variedad Chandler y tres para la variedad Camarosa.

La prueba se realizó en un cuarto aislado y los panelistas tomaron la fresa por el tallo y la mordieron a la mitad de la misma.

Para evaluar cada uno de los atributos se usó una escala lineal de 10 cm sin mayores descriptores que los extremos de la escala (anexo 2) donde se indicaron los valores límite:

- Para color: verde y rojo intenso.
- Para firmeza: blanda y extremadamente firme.
- Para sabor: insípida y sabor extremadamente intenso.
- Para dulzura: no dulce y extremadamente dulce.
- Para acidez: no ácida y extremadamente ácida.



Figura 23. Evaluación sensorial

Los panelistas indicaron la intensidad de cada atributo colocando una línea vertical sobre la escala lineal (Figura 23). La calificación de los resultados se obtuvo midiendo la distancia desde cero a la línea vertical señalada.

#### **4.5. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POSCOSECHA DE FRESA EN LA RECEPCIÓN DE UNA EMPACADORA**

Debido a que un gran porcentaje de fresa se destina a las plantas procesadoras, principalmente congeladoras, se realizó una evaluación de los daños que se registran en la recepción de una planta congeladora, situada en la ciudad de Irapuato. La evaluación se hizo visualmente, identificándose y clasificándose la fruta con daños y defectos, para después pesarse y obtener el porcentaje en peso de fruta dañada. Se empleó la clasificación establecida por la empacadora: fresa con hongo, fresa podrida, fresa cotorruda, fresa con daño físico, fresa enlodada, fresa sobremadura, fresa verde, fresa de segunda, entre 2.2 cm o menos y fresa de primera, fresa de tamaño mayor a 2.2 cm (7/8 in). Las muestras consideradas para este estudio fueron las provenientes del Rancho Arandas, uno de los campos que abastecen a esta empacadora y la variedad de fresa correspondió a la Chandler.

La cantidad de muestra analizada por día fue de 5 kg, la cual se obtuvo tomando muestras al azar de las cajas de fresa que hacían un total de 1500 kg aproximadamente. Las evaluaciones se hicieron por un periodo de cuatro meses (Febrero-mayo).

#### **4.6. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA CALIDAD DE LAS FRESAS**

De acuerdo con algunos estudios se dice que la madurez de la fresa en el momento de su cosecha afecta su calidad y la vida de almacenamiento (Forney y col., 1998, Talbot y Chau, 1998, Kader, 1991), además de afectar la calidad del sabor de las fresas (Voca y col., 2006). Sabiendo la importancia que tiene el estado de madurez en la calidad de las fresas y la gran incidencia encontrada en los ensayos anteriores de recolectar fresas en estado inconveniente de madurez. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del estado de madurez sobre los principales índices de calidad de la fresa. Para este ensayo se emplearon fresas de la variedad Camarosa por ser las disponibles en el periodo de estudio (julio-septiembre 2005) y provinieron de la Finca "Rancho Arandas".

Los atributos considerados fueron los sólidos solubles y la acidez, los cuales representan el sabor de la fresa; el contenido de

vitamina C que proporciona el valor nutritivo; el color a través de la evaluación del contenido de antocianinas (pigmentos responsables del color rojo de la fresa), y por medio de la determinación de los parámetros de color: L\*, a\*, y b\* y la firmeza. Se seleccionaron fresas en los tres principales estados de madurez encontrados durante la recolección realizada por los trabajadores: fresas inmaduras, maduras y sobremaduras.

La selección de las fresas para su cosecha se realizó de acuerdo al desarrollo del color y a su textura siguiendo la misma clasificación empleada por Szczesniak y Smith, 1969).

- Fresa inmadura (fresa de color verdoso a rojo naranja y de textura muy firme).
- Fresa madura (fresa de color rojo bien desarrollado y firme).
- Fresa sobremadura (fresa de color rojo oscuro y muy suave al tacto).

4.6.1. Evaluación de los atributos de calidad de las fresas en los tres estados de madurez.

Se tomó una muestra completamente al azar de fresas en los tres estados de madurez seleccionados y se procedió a evaluar cada uno de los atributos de calidad (color externo, firmeza, contenido de antocianinas, de sólidos solubles, de ácido ascórbico y acidez) de las fresas. Se empleó la misma metodología descrita con anterioridad en los ensayos previos.

#### **4.7. CUANTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS POR VIBRACIÓN DURANTE EL TRANSPORTE SIMULADO.**

Existen varios estudios realizados que ponen de manifiesto, la importancia del transporte en la generación de daños mecánicos en los productos agrícolas debido a las vibraciones originadas en los vehículos empleados (O'Brien y col., 1969, Cheson y O'Brien, 1971., Hinsch y col., 1993, Slaughter y col., 1993., Vursavus y Osguven, 2004). Los niveles de vibración generados pueden ocasionar daños mecánicos, ya sea alterando la forma, el tamaño, el color u otras propiedades físicas de los productos hortícolas (Fabela y col., 2002). Por lo que es importante la valoración de los daños durante esta etapa del manejo de los productos.

Para la simulación del transporte en el laboratorio se pueden usar unidades de vibración como la unidad electromagnética y las mesas vibratorias. La unidad electromagnética es la más versátil y está comercialmente disponible, pero es costosa. Las mesas vibratorias con mecanismos de transmisión por manivela o excéntrico son el tipo más accesible (O'Brien y Guillou, 1969). En este estudio se empleó una plataforma (mesa) de vibración para simular el transporte de las fresas y evaluar los daños que se originan durante éste, así como el efecto de las vibraciones generadas sobre los principales atributos de calidad de la fresa.

#### 4.7.1. Determinación de la frecuencia natural de vibración de la fresa.

Este ensayo se realizó en el Laboratorio de Vibraciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guanajuato (FIMEE), con el objeto de identificar la frecuencia en la cual la fresa presenta una excitación mayor cuando se somete a vibraciones.

Se empleó una plataforma de vibración construida en el Departamento de Ingeniería Agrícola del Instituto de Ciencias Agrícolas. El equipo consta de una plataforma vibratoria de 0.85 m de largo por 0.60 m de ancho, con movimiento en el plano vertical y está soportada por una estructura principal

La plataforma vibratoria tiene un marco metálico con recubrimiento de melamina de 0.016 m de espesor y está suspendida por tres brazos metálicos articulados con pernos de acero y bujes de goma, dos de los brazos se encuentran directamente sujetos a la estructura principal, mientras que el tercer brazo actúa como leva para generar la vibración. El sistema de accionamiento está provisto de un motor eléctrico de 0.37 kW (0.5 HP), el cual acciona la plataforma a través de un mecanismo de biela y manivela. La amplitud es constante y es de 0.004 m. El equipo se ilustra en la figura 24.

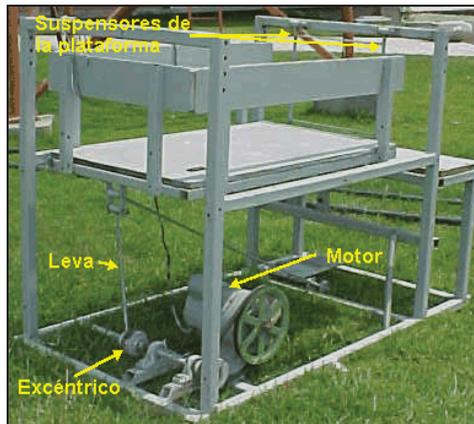


Figura 24. Plataforma de vibración

El ensayo consistió en colocar fresas sanas y sin daño mecánico, en una canasta de carrizo (figura 25), por ser el contenedor más empleado en la región para la venta de fresa en fresco.



Figura 25. Canasta conteniendo fresas

La canasta con las fresas se puso sobre la plataforma de vibración descrita y se instalaron dos acelerómetros piezoeléctricos de la marca Bruel& Kjaer (tipo 2635) con una sensibilidad de carga de 9.79 pC/g y con una resonancia de 40 kHz. Los acelerómetros piezoeléctricos son generadores de cargas y no necesitan fuente de alimentación. No tiene partes que se desgasten, finalmente su salida es proporcional a la

aceleración que se puede integrar para disponer de señales proporcionales a la velocidad o al desplazamiento.

Previo a su instalación, los acelerómetros se calibraron con la ayuda de un excitador marca Bruel& Kjaer (tipo 4294), el cual funciona como excitador de vibraciones y provee un nivel de aceleración fijo de  $10 \text{ m/s}^2$  RMS en 159.2 Hz (1000 rad/s).

Uno de los acelerómetros se fijó sobre la plataforma a través de un orificio con rosca, éste mediría la aceleración generada en la plataforma durante la vibración en la dirección vertical. El otro acelerómetro se colocó en el interior de la porción de fresas contenidas dentro del canasto (Figura 26) para registrar la aceleración vertical generada en la canasta de fresas. Este último se sujetó mediante una tuerca sobre una pieza de madera (de  $0.03 \times 0.03 \times 0.006$  m) con el propósito de mantener la orientación vertical deseada y así obtener lecturas confiables, de acuerdo al procedimiento descrito por Chesson y O'Brien (1971).

El propósito de colocar un acelerómetro en la plataforma y otro dentro del canasto fue para comparar las aceleraciones generadas en la plataforma y en el interior del canasto debidas a la vibración y sobre todo en el instante en el que las fresas vibraron con mayor intensidad para identificar la frecuencia natural de la fresa.

Una vez instalados los acelerómetros, se accionó el mecanismo de vibración, la velocidad del motor se controló con un transformador variable marca Powerstat (tipo 3PN 116B) para 120 Voltios con un rango variable de salida de 0-140 voltios a 10 amperios. Aumentando el voltaje se incrementaba la frecuencia de vibración. La frecuencia de vibración se registró con un tacómetro óptico digital marca Cole Parmer (modelo 08199) con intervalo de medición de 2.2-100 000 rpm.

Los acelerómetros que son sensores de movimiento, traducen el movimiento mecánico en una señal eléctrica, la cual en este caso es transferida a un amplificador de carga Bruel & Kjaer (tipo 2635). Con este aparato es posible acondicionar la señal proporcionada por el acelerómetro en: desplazamientos (mm), aceleraciones ( $\text{m/s}^2$ ) y velocidad (m/s). La señal se amplificó a 100 mV/mm. La velocidad de muestreo fue de 100 datos por segundo y la duración del registro de datos fue de 5 s.

Una vez obtenida la señal en un intervalo adecuado de voltaje, ésta se hizo pasar a través de una tarjeta de adquisición de datos Lab Tech Notebook (modelo DVRDAS 20), que es una puerta electrónica que reconoce la señal y la transfiere al medio de control para la visualización, registro y almacenamiento. Esta tarjeta se encontraba colocada dentro de la computadora. El control y la automatización del proceso de adquisición de los datos se realizan a través de un software especializado en el control de la señal de los instrumentos y de la tarjeta de adquisición de los datos.

Durante cada incremento de voltaje se observó visualmente el efecto de la frecuencia de la plataforma sobre las fresas, al mismo tiempo se registró la frecuencia en cada uno de estos eventos a través del acelerómetro.

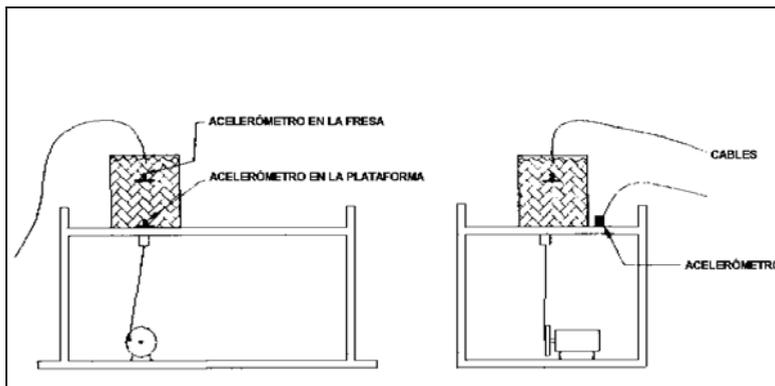


Figura 26. Diagrama del equipo empleado para determinar la frecuencia natural de la fresa

#### 4.7.2. Evaluación del daño por vibración en fresas durante el transporte simulado

Para estos ensayos se emplearon fresas de la variedad Chandler, del Rancho San Vicente. Las fresas se cortaron cuidadosamente a las 8.00 de la mañana durante la temporada agosto-septiembre de 2005. Inmediatamente después se llevaron al Instituto en una hielera recubierta en el interior con poliestireno. Las fresas se

seleccionaron descartándose las que presentaban daños y/o defectos para eliminar la posibilidad de medir el daño que pudo ocurrir durante la recolección.

La cantidad de muestra empleada fue de 6 kg de fresa para cada contenedor (caja y canasta), las canastas quedaron totalmente llenas y en las cajas quedo un pequeño espacio. Las dimensiones de la canasta fueron de 29 cm de altura y de 25 cm de diámetro y las de las cajas de 49 cm de largo por 35 cm de anchura y de 12 cm de altura. El número de contenedores por ensayo fue de dos canastas y dos cajas y el número de ensayos fue de cuatro.

Las fresas contenidas en las cajas y canastas se colocaron sobre la plataforma de vibración y se sometieron a vibrar durante 30 minutos (figura 27) a diferentes frecuencias de vibración. Las frecuencias de vibración empleadas fueron de 8, 12 y 18 Hz respectivamente. Las frecuencias de 8 y 18 Hz se seleccionaron con base en los estudios previos que se realizaron para fresa (Hinsch y col., 1993 y Fisher y col., 1992). La selección de la frecuencia de 12 Hz se hizo con base a que a esta frecuencia se observó y registró la mayor vibración de las fresas en la superficie de la canasta (frecuencia natural de la fresa registrada en ensayos previos).

Para evaluar el efecto de la vibración sobre la calidad, se determinaron los atributos de calidad de la fresa antes y después del tratamiento. El daño mecánico se evaluó de manera visual y se estimó con base en la presencia de daños. Para ello, las fresas de las canastas y de las cajas se vaciaron sobre una mesa, se analizaron visualmente una por una, se clasificaron de acuerdo al tipo de daño que presentaron, se separaron y pesaron en una báscula Mettler PC 4400 con una sensibilidad de 0.01 g, el daño se reportó como porcentaje en peso.



Figura 27. Ensayos de la simulación del transporte

La evaluación de los atributos mecánicos (fuerza y deformación de punción y de penetración y firmeza) y de los químicos (contenido de humedad, acidez, sólidos solubles, vitamina C) se realizó en el laboratorio del ICA en muestras de fresas de cada uno de los contenedores y sometidas a diferentes frecuencias de vibración. La metodología empleada fue la misma que se usó para la caracterización química y mecánica.

#### **4.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FRESA DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

El propósito de este ensayo fue estudiar el efecto del almacenamiento refrigerado y las características del contenedor (con perforaciones y sin ellas), sobre la calidad de las fresas.

Se emplearon fresas de la variedad Chandler cultivadas en el Rancho San Vicente, durante la temporada de corte de Octubre a Noviembre del 2000. Las fresas fueron cosechadas a las 8.00 de la mañana e inmediatamente se transportaron en una hielera al laboratorio. Las fresas fueron seleccionadas para eliminar frutos con daños, sobremaduras o de baja calidad, quedando las fresas firmes y de color homogéneo. Los contenedores empleados fueron cajas de poliestireno cristalino (material transparente quebradizo), con las siguientes dimensiones: 27 cm de longitud, 20 cm de anchura y 4 cm de altura. A un lote de cajas se les hicieron perforaciones de 3 mm.

Se prepararon tres lotes de 15 cajas cada uno. Para el lote 1 se emplearon cajas sin perforaciones. En cada una de ellas se colocó una muestra de 20 fresas de las seleccionadas. El lote 2 consistió de 15 cajas con perforaciones a las que se les colocó en cada una de ellas otra muestra de 20 fresas. El lote 3 correspondió a una muestra de 20 fresas sin empacar (testigo), correspondiendo al día cero de almacenamiento

Después se sometieron a un almacenamiento refrigerado a 5 °C, por un periodo de almacenamiento de 4 días. Los ensayos se hicieron por duplicado durante tres periodos de cosecha durante octubre y noviembre.

La calidad se evaluó en las fresas recién cosechadas y cada día del periodo de almacenamiento se tomó una caja con fresas de cada lote para su evaluación.

La calidad se evaluó en función de los cambios que se presentaron durante el almacenamiento en el peso, el color, la firmeza, la acidez, el contenido de sólidos solubles y de ácido ascórbico.

La pérdida de peso y el color se registraron en una misma caja de cada lote durante todo el periodo de almacenamiento. La pérdida de peso se evaluó pesando las fresas contenidas en las cajas seleccionadas de cada lote antes (peso inicial) y después del almacenamiento (peso final) por gravimetría. Los cambios en el color se determinaron de una manera objetiva mediante los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma y tono y las evaluaciones de firmeza, acidez y contenido de sólidos solubles y ácido ascórbico se determinaron empleando la misma metodología que se describió con anterioridad.

#### **4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para todos los ensayos realizados se usó un diseño completamente al azar. Para la caracterización física, química y mecánica el tratamiento fue un arreglo factorial 2x3, dos variedades de fresa (Chandler y Camarosa) y 3 repeticiones. Para la evaluación de daños y defectos y de la calidad de las fresas durante el manejo poscosecha y en la evaluación sensorial se usó un arreglo factorial 2x3x3, dos variedades de fresa, tres condiciones (recolección, mercado,

consumidor) y tres repeticiones. En la evaluación del efecto del estado de madurez en los atributos de calidad de la fresa de la variedad Camarosa el tratamiento fue un arreglo factorial de 3x10, tres estados de maduración (fresas inmaduras, maduras y sobremaduras) y 10 repeticiones.

En el efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas y químicas de la fresa variedad Chandler se usó un arreglo factorial de 4x2x4, 4 niveles de frecuencia (0, 8, 12 y 18 Hz), dos contenedores (canasta y caja) y 4 repeticiones.

Para la evaluación del almacenamiento refrigerado el diseño también fue completamente al azar y el tratamiento fue un arreglo factorial de 2x5x3, dos contenedores (caja sin orificios y caja con orificios), cinco días de almacenamiento (0, 1, 2, 3 y 4 días) y tres repeticiones.

Para el análisis estadístico de todos los datos obtenidos en las diferentes experiencias se analizaron mediante el programa Statgraphics Plus (versión 2.1 y 5.1) para Windows. El análisis de varianza (ANOVA) fue usado para probar las diferencias estadísticas en los atributos entre las muestras. Cuando la diferencia entre los valores medios de los tratamientos en el análisis de varianza fue estadísticamente significativo, la comparación de medias de los atributos entre las muestras fue analizada por la prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%, así los valores fueron considerados significativamente diferentes cuando  $p \leq 0.05$  o sea con un nivel de confianza del 95%.

También se usó un análisis de regresión lineal para relacionar los parámetros de calidad de sólidos solubles, firmeza y acidez titulable con los parámetros sensoriales dulzura, firmeza y acidez respectivamente para cada variedad.



# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## **5.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados:

- La caracterización física, química y mecánica de dos variedades de fresa: Chandler y Camarosa.
- El efecto del manejo sobre la calidad fisicoquímica y sensorial de las fresas.
- La cuantificación de daños en el proceso de producción-expedición.
- La cuantificación de los daños por vibración mediante la simulación del transporte en laboratorio. También se presentan los resultados del análisis estadístico y la discusión de los mismos.
- El efecto del almacenamiento refrigerado sobre los principales atributos de calidad de la fresa.

## **5.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FRESAS DE LAS VARIEDADES CHANDLER Y CAMAROSA**

La caracterización de la fresa se realizó de manera física, química y mecánica.

### **5.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA**

Para la caracterización se evaluaron los tres parámetros físicos más usados en la clasificación y selección de los productos hortícolas; el tamaño, el peso y la forma típica (Barbosa-Cánovas y col., 2004). Las características físicas de la variedad Chandler y Camarosa se encuentran resumidas en la tabla 12.

De acuerdo a la carta de formas típicas de la fresa (Figura 10), editada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Daubeny, 1980), la fresa de la variedad Chandler presenta una forma cónica alargada, lo que se puede apreciar en la figura 28.

En cambio para la fresa de la variedad Camarosa, la forma que predominó fue larga achatada (Figura 29) lo que coincide con lo

reportado por la Universidad de Florida (IFAS, 2000). Sin embargo, también se encontraron fresas que desarrollaron otras formas. Esto coincide con lo reportado por Barbosa (2005) quien menciona que en los cultivos de fresa Camarosa en la región de Irapuato se ha encontrado una gran diversidad de formas.

Tabla 12. Caracterización física

VARIEDAD	TAMAÑO <sup>1</sup> (Diámetro ecuatorial mayor) (cm)	PESO <sup>1</sup> (g)	FORMA
Chandler <sup>a</sup>	2.75 ± 0.05 (2.71 - 2.87)	10.74 ± 3.01 (7.24 – 19.31)	Cónica alargada <sup>c</sup>
Camarosa <sup>b</sup>	2.83 ± 0.79 (1.71-4.08)	15.42 ± 5.28 (6.3 – 33.34)	Larga Achatada <sup>c</sup>

1: Valores medio ± D.S. y valores mínimo y máximo encontrados.

a: media de cinco promedios de 100 repeticiones cada uno.

b: media de tres promedios de 100 repeticiones cada uno.

c: Determinada de acuerdo a la carta de formas típicas de fresa de la USDA (Daubeny, 1980)

El tamaño promedio obtenido para la fresa Chandler fue de 2.70 cm y para la fresa de la variedad Camarosa fue de 2.83 cm. Estos valores se encuentran dentro del intervalo de diámetro ecuatorial correspondiente a la categoría B (de 2.6 a 3.2 cm), de la Norma Oficial Mexicana (NOM. 2002).



Figura 28. Forma típica de fresas variedad Chandler



Figura 29. Forma típica de fresas variedad Camarosa

De acuerdo a los resultados obtenidos, las fresas de la variedad Camarosa presentaron un tamaño y un peso mayor al de la variedad Chandler, siendo esta característica una de las razones por la cual los productores se han inclinado por el cultivo de esta variedad. Sin embargo, la fresa de la variedad Chandler mostró ser una fruta más uniforme en cuanto a tamaño pues los valores oscilaron entre 2.71 cm y 2.87 cm, en comparación con la Camarosa cuyo valor mínimo fue de 1.71 cm y el valor máximo de 4.08 cm mostrando una gran dispersión de tamaños, lo mismo ocurrió con el peso.

### 5.2.2. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

La caracterización mecánica consistió en la medición de los principales parámetros mecánicos de la fresa; la firmeza, la elasticidad, la fuerza de punción y la fuerza de penetración, registrándose en estas dos últimas pruebas, la deformación. Los resultados se encuentran resumidos en la tabla 13. Los valores medio obtenidos en la caracterización mecánica de las dos variedades se encuentran en las tablas 32 y 33 de los anexos, página 201.

La fresa Camarosa presentó un valor de firmeza mucho mayor que el de la Chandler, casi el doble, razón por la cual la diferencia resultó ser altamente significativa. Ya que la resistencia al daño mecánico está relacionada a la firmeza (Burkhart, 1943, Gooding, 1976), la fresa Chandler podría ser más susceptible al deterioro mecánico

durante el manejo. Esto también se corrobora con los valores obtenidos de fuerza de punción y de penetración ya que representan la resistencia que opone la fresa a la penetración, los cuales son más elevados en la Camarosa que en la Chandler siendo la diferencia altamente significativa.

Tabla 13. Caracterización mecánica de las fresas<sup>1</sup>

Características mecánicas	Variedad		Valor de p
	Chandler <sup>a</sup>	Camarosa <sup>b</sup>	
Firmeza (N)	9.93 ± 0.66 (9.34 - 10.78)	18.99 ± 4.05 (14.32 - 21.60)	0.0021
Elasticidad	0.729 ± 0.12 (0.548 - 0.899)	0.694 ± 0.007 (0.685 - 0.699)	0.6642
Cohesividad (N)	0.177 ± 0.032 (0.135 - 0.211)	0.195 ± 0.005 (0.19 - 0.2)	0.3998
Adhesividad (Joules)	-0.045 ± 0.009 (0.033 - 0.055)	-0.299 ± 0.090 (-0.198 - -0.372)	0.0006
Fuerza de punción (N)	0.347 ± 0.032 (0.305 - 0.388)	0.565 ± 0.038 (0.57 - 0.603)	0.0001
Deformación de punción (mm)	0.783 ± 0.061 (0.695 - 0.840)	1.602 ± 0.105 (1.516 - 1.72)	0.0001
Fuerza de penetración (N)	0.233 ± 0.030 (0.199 - 0.261)	0.422 ± 0.10 (0.36 - 0.54)	0.0070
Deformación de penetración (mm)	1.349 ± 0.24 (1.068 - 1.59)	1.333 ± 0.22 (1.093 - 1.54)	0.9306

a: Media de 5 promedios de 100 determinaciones

b: Media de 3 promedios de 100 determinaciones.

1: Valores medio ± D.S. y valores mínimo y máximo encontrados

Diferencia significativa según la prueba de Fisher a un nivel de significancia del 0.5 %

Como referencia a los valores obtenidos de la caracterización mecánica de la fresa variedad Chandler, existen muy pocos trabajos que muestren datos de estas características, Smith y Skog (1992), dan un valor de firmeza para fresa Chandler de un cultivo canadiense de 6.31 N, empleando una probeta plana de 6.4 mm de diámetro. No citan el equipo

empleado. Nunes y col. (1995), obtuvieron un valor de 4.5 N (0.459 Kgf) para fresas de un cultivo de Florida, Estados Unidos. Ellos emplearon un Equipo Instron y una probeta de 16 mm de diámetro. Mercado (1999) reporta un valor de dureza de 24.67 N, empleando un texturómetro y una probeta de 13 mm de diámetro.

Con relación a la fresa de la variedad Camarosa, Álvarez (1999) reporta una firmeza de 19.76 N con una probeta de 10 mm de diámetro y Lobato en el mismo año, reporta una firmeza de 16.06 N con el texturómetro empleando una probeta cilíndrica de 13 mm de diámetro, ambos emplearon el texturómetro Stable Micro System TA-XT2.

De acuerdo al estudio realizado por Döving y Mage (2002), la dispersión de valores que se presenta en las mediciones de la firmeza, podría ser debida en primer lugar a la variabilidad inherente de la firmeza de los productos biológicos en este caso la fresa; al estado de madurez de las fresas empleadas para la prueba, ya que las fresas inmaduras son más firmes que las maduras; a las características y dimensiones de las probetas usadas; a las condiciones agronómicas y climáticas del lugar de donde provengan las fresas y un factor importante a considerar durante la medición es la temperatura que prevalece en el momento de la medición. Ya que con el incremento de la temperatura el promedio de la firmeza disminuye por cualquier método que se use. Debido a que no existe un método estandarizado para la determinación de firmeza en fresa como lo existe para manzana, se emplean diversos métodos e instrumentos lo que genera grandes variaciones. Esta misma carencia ya había sido citada por Burkhart desde 1943 al mencionar en su estudio la falta de un dispositivo satisfactorio (penetrometro) para evaluar la firmeza en fresas.

### 5.2.3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Los valores de las características químicas de las dos variedades no mostraron grandes diferencias, a excepción del contenido de humedad. No obstante, comparando el contenido de ácido ascórbico de la fresa variedad Chandler con relación al de la Camarosa, resultó ser mayor en un 17%, siendo éste un factor importante a considerar por los beneficios asociados a la salud que trae consigo el consumo de frutas ricas en ácido ascórbico. Otra ventaja que se tiene es que el ácido ascórbico le confiere mayor resistencia a la fresa ante los agentes

oxidantes durante su procesamiento (Castro y col., 2002). El resumen de los resultados obtenidos se muestran en la tabla 14 y los valores medios de la caracterización química de las dos variedades se encuentran en los anexos, en las tablas 34 y 35, página 202.

Con relación al contenido de sólidos solubles, la fresa variedad Camarosa presenta un valor más alto que la Chandler, 9.6 contra 9.0, sin embargo, el contenido de acidez es mayor en la Camarosa que en la Chandler, 1.04 contra 0.84. Esto afecta al sabor, ya que se ha visto que un sabor aceptable se tiene cuando el contenido de sólidos solubles mínimo es de 7% y se tiene una acidez de 0.8% (Rivera y Tong, 1998), y en este caso la acidez es más alta para la variedad Camarosa, lo que da una relación sólidos solubles/acidez mayor en la fresa variedad Chandler.

Tabla 14. Caracterización química de las fresas<sup>1</sup>

Características químicas	Variedad		p
	Chandler <sup>1</sup>	Camarosa <sup>1</sup>	
Humedad (%)	90.76 ± 0.14 (90.76 – 91.13)	89.43 ± 0.70 (88.7 - 90.1)	0.0025
Sólidos totales (%)	9.02 ± 0.14 (8.87– 9.24)	10.56 ± 0.70 (9.9 – 11.3)	0.0025
Sólidos solubles (°Brix)	9.02 ± 0.47 (8.6 – 9.8)	9.6 ± 0.53 (9.1 – 10.2)	0.1642
Acidez (%)	0.87 ± 0.08 (0.75 – 0.97)	1.04 ± 0.05 (0.9 – 1.18)	0.0216
Relación SST/Acidez	10.37±0.91 (9.38-11.86)	9.19±0.90 (8.57-10.24)	0.1272
Acido ascórbico (mg/100g)	57.96 ± 9.88 (47.5 – 71.5)	48.16 ± 3.25 (41.64 – 51.84)	0.1565
pH	3.39 ± 0.08 (3.28 – 3.51)	3.29 ± 0.09 (3.1 – 3.4)	0.1632

a: expresado como % de ácido cítrico.

1: Valores medio ± D.S. y valores mínimo y máximo encontrados

Los valores obtenidos para la variedad Chandler de estos parámetros de calidad se encuentran dentro del intervalo de valores promedio reportados por Kader (1991) y por Nunes y col. (1995), los cuales se pueden ver en la tabla 15. Sólo en el caso del contenido de ácido ascórbico, los valores están por debajo de los reportados. Esto es

debido posiblemente a que hubo pérdidas de la vitamina durante el traslado de las fresas al laboratorio, o también puede ser debido al método empleado en la determinación. Para la variedad Camarosa los valores de los parámetros de calidad reportados por varios autores se encuentran en la tabla 16.

Es importante considerar que las condiciones climáticas incluyendo luz y temperatura promedio tienen una fuerte influencia sobre la composición química de los cultivos hortícolas, así como la madurez y el método de cosecha (Lee y Kader, 2000). En el caso de las fresas su composición química depende además de la variedad, del cultivo y de su estado de madurez. Otro factor que influye en el contenido del ácido ascórbico y de los sólidos solubles es la temperatura, como lo menciona en su estudio Cordenunsi y col., (2005), por lo que es importante su control durante el manejo poscosecha.

Tabla 15. Valores reportados para las características químicas de calidad de fresa Chandler

Reportes	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Vitamina C (mg/100g)	pH
Kader (1991)	7.7 – 8.9	0.77 – 0.94	84 -86	3.40 – 3.53
Nunes y col. (1995)	10.93 – 13.23	1.25 – 1.32	84.68 – 100.52	3.39 – 3.47
Ensayo	8.6 - 9.8	0.75 – 0.97	47.5 – 71.5	3.28 – 3.51

Tabla 16. Valores reportados para las características químicas de calidad de fresa Camarosa

Reportes	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Vitamina C (mg/100g)	pH
Lobato (1999)	7.30	1.45	-	-
Álvarez (1999)	8.92	0.60	49	2.96
Castro y col. (2002)	–	0.86	16.3	3.49
Qian y col. (2005)	8.22	1.056	48	-
Ensayo	9.0 – 10.2	0.9 – 1.18	41.64 – 51.84	3.1 – 3.4

### 5.3. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN-EXPEDICIÓN DE LAS FRESAS.

Las pérdidas poscosecha se registraron como daños y defectos durante la recolección, a través de una evaluación visual en las fresas de las dos variedades, lo mismo se hizo en la etapa de la comercialización y del consumidor. Los resultados se reportan como porcentaje y se muestran en las tablas 17 y 18 y en forma gráfica en las figuras 30 y 31.

Tabla 17. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha<sup>1</sup> de fresas variedad Chandler

Tipo de daño o defecto	Etapa del manejo		
	Recolección <sup>2</sup> (%)	Mercado <sup>2</sup> (%)	Consumidor <sup>2</sup> (%)
Hongos	1.13 ± 0.77ab (0.5-2.0)	2.51 ± 1.25a (1.22-3.72)	0.13 ± 0.15b (0.0-0.3)
Daño por insectos	0.65 ± 0.31a (0.4-1.0)	0.58 ± 0.20a (0.4-0.8)	0.13 ± 0.23a (0.0-0.4)
Forma Atípica	1.54 ± 0.90a (0.7-2.5)	2.08 ± 0.66a (1.5-2.8)	1.98 ± 0.60a (1.49-2.66)
Daño Físico	7.62 ± 1.69b (6.2-9.5)	20.53 ± 2.84a (17.68-23.36)	21.42 ± 1.35a (19.9-22.5)
Enlodada	0.2 ± 0.52a (0.0-1.0)	0±	0±
Sobre Madura	3.34 ± 1.87b (2.2-5.5)	9.23 ± 2.55a (7.65-12.18)	11.24 ± 3.36a (8.5-15.0)
Inmadura	5.91 ± 1.57a (4.75-7.7)	4.47 ± 2.09a (2.15-6.23)	7.02 ± 3.71a (3.5-11.0)
Maduración irregular	0.84 ± 0.15a (0.7-1.0)	0.49 ± 0.42a (0.0-0.8)	0.26 ± 0.25a (0.0-0.5)
Madura (aceptable)	78.75 ± 7.86a (69.8-84.55)	60.02 ± 9.56b (50.11-69.19)	57.81 ± 9.32b (51.94-63.2)

1. Valores promedio de 3 repeticiones

2. Valores medio ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las filas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 18. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha<sup>1</sup> de fresas variedad Camarosa

Tipo de daño o defecto	Etapa del manejo		
	Recolección <sup>2</sup> (%)	Mercado <sup>2</sup> (%)	Consumidor <sup>2</sup> (%)
Hongos	0.65 ± 1.13a (0- 1.96)	1.26 ± 1.22a (0-2.44)	3.04 ± 5.26a (0-9.12)
Daño por insectos	1.37 ± 0.78a (0.69-2.23)	1.34 ± 1.06a (0.59-2.56)	0.21 ± 0.375a (0-0.65)
Forma Atípica	6.04 ± 5.59a (0.76-11.9)	6.12 ± 2.46a (3.8-8.7)	3.5 ± 3.20a (0-6.28)
Daño Físico	3.79 ± 3.54b (1.5-7.87)	8.56 ± 3.99ab (4.92-12.83)	11.99 ± 0.63a (11.27-12.48)
Enlodada	0.34 ± 0.59 (0-1.03)	0	0
Sobre Madura	8.94 ± 6.78a (1.26-14.06)	15.48 ± 6.57a (7.93-19.86)	15.93 ± 5.91a (9.16-20.1)
Inmadura	20.97 ± 2.17a (18.63-22.94)	11.34 ± 7.48b (2.7-15.73)	11.35 ± 1.11b (10.53-12.63)
Maduración irregular	2.47 ± 0.59a (1.79-2.87)	4.33 ± 3.27a (2.38-8.12)	2.28 ± 2.86a (0-5.5)
Madura (aceptable)	54.84 ± 0.53a (54.29-55.36)	51.5 ± 2.93a (48.16-53.53)	51.66 ± 2.14a (49.25-53.3)

1. Valores promedio de tres repeticiones

2. Valores medio ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las filas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

### Pérdidas poscosecha registradas en la recolección

Los daños que se presentaron fueron causados por la manipulación (daños mecánicos), por la presencia de hongos y por insectos, además de presentarse fresas con defectos.

El daño mecánico infringido se manifestó por cortes, por abrasiones o por magulladuras en las fresas de las dos variedades. Estos daños fueron ocasionados en general por los propios recolectores

o por la aspereza de la superficie de las canastas. El porcentaje de daño registrado en las fresas variedad Chandler fue mucho mayor (7.62%), el doble del que presentó la Camarosa (3.79%).

El daño por insectos (Figura 32) se presentó en un porcentaje pequeño para las dos variedades. Éste fue ligeramente mayor (1.37%) para la variedad Camarosa que para la Chandler (0.65%). El daño por hongos también fue pequeño, 0.65% para la variedad Camarosa y ligeramente mayor para la Chandler, 1.13%.

En cuanto a los defectos (Figura 32), se encontraron fresas en estado inconveniente de madurez: fresas inmaduras (verdes); fresas sobre maduras, de color oscuro y de textura blanda, y fresas con maduración irregular. La variedad Camarosa presentó los mayores porcentajes en estos defectos, en el caso de fresas inmaduras dio un porcentaje muy alto, de 20.93 % y mientras que para la Chandler de 5.91%.

El porcentaje de fresas con maduración irregular fue relativamente bajo, de 2.47% para Camarosa y de 0.84% para Chandler. Las fresas sobremaduras alcanzaron un 8.94% en la Camarosa y para la Chandler un 3.34%.

La falta de uniformidad en cuanto al estado de madurez, indica que no se está llevando una selección adecuada de las fresas durante la recolección, lo que repercute en la calidad del producto. Ya que al no hacerse dicha selección en el campo, ésta se hará posteriormente aumentando la manipulación del producto y la incidencia del daño mecánico. Dado que el color es el índice de madurez usado, sería conveniente contar con alguna carta de color para seleccionar las fresas en el momento de la cosecha, además de capacitar a los trabajadores del campo y pagarles en función de la calidad de la fresa recolectada.

Se encontraron otros dos defectos: la presencia de fresas con forma atípica (Figura 32) y la falta de uniformidad de tamaño de la fresa. Las fresas con forma atípica predominaron en la variedad Camarosa siendo el porcentaje encontrado de 6.04%, y para la Chandler de 1.54%. Para identificar la diversidad de tamaño, las fresas se clasificaron por tamaños de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de calidad para fresa en fresco (NOM, 2002). Los valores promedio de los diversos tamaños

encontrados y los porcentajes de cada uno de ellos se aprecian en la Tabla 19.

Tabla 19. Tamaño promedio de las fresas<sup>a</sup>  
variedad Chandler y Camarosa

Categoría	Variedad Chandler		Variedad Camarosa	
	Diámetro ecuatorial (cm)	Porcentaje	Diámetro ecuatorial (cm)	Porcentaje
<b>Tamaño A</b> > 3.2	3.25 ± 0.02 (3.22-3.28)	11.15	3.45 ± 0.22 (3.21-4.08)	15.33
<b>Tamaño B</b> 2.6 - 3.2	2.75 ± 0.05 (2.71-2.87)	65.33	2.87 ± 0.17 (2.60-3.20)	54.33
<b>Tamaño C</b> 2.0 – 2.6	2.24 ± 0.18 (2.0-2.5)	20.02	2.39 ± 0.14 (2.03-2.59)	28.33
<b>Tamaño D</b> 1.6 - 1.9	1.58 ± 0.28 (1.0-1.9)	3.5	1.88 ± 0.10 (1.71-1.98)	2.0

a: Media de 3 promedios de 100 fresas cada uno.  
Valores medio ± DS y valores mínimo y máximo

Se encontró que el tamaño que predomina tanto en la variedad Chandler como en la Camarosa es un tamaño mediano y corresponde a la categoría B cuyas dimensiones están entre 2.6 cm y 3.2 cm de diámetro ecuatorial. Dentro de esta categoría se encontró el mayor porcentaje de fresas. La Camarosa presentó un porcentaje mayor de fresas de tamaño grande (15.33%), correspondiente a la categoría A (>3.2 cm). No obstante, la Chandler resultó ser una variedad de fresas con un tamaño más homogéneo ya que presentó un 65.33% de fresas con la categoría B, un tamaño medio, siendo un 16.84% mayor que el presentado por la Camarosa (54.33%).

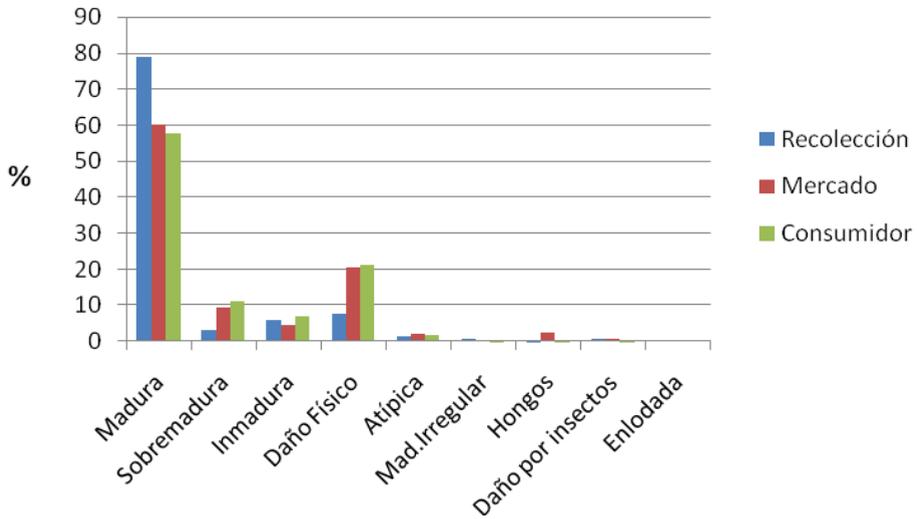


Figura 30. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Chandler

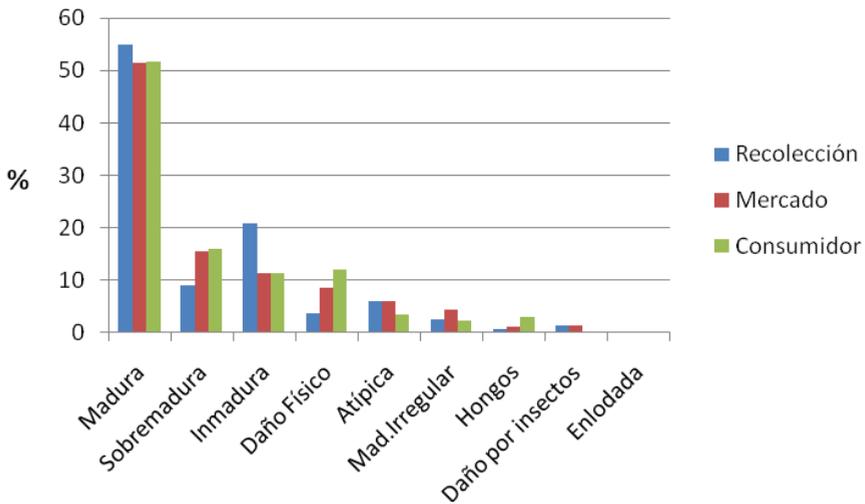


Figura 31. Daños y defectos registrados en el manejo poscosecha de fresas variedad Camarosa



Fresas sobre maduras



Fresas con maduración irregular



Fresas con forma atípica



Fresa inmadura



Fresas con daños por insectos y con daños físicos



Figura 32. Fresas con daños y defectos

### **Pérdidas poscosecha registradas en la comercialización.**

En la etapa de la comercialización al menudeo, también se observa un gran porcentaje de fresas con daños y defectos. Un dato importante lo representa el porcentaje de fresas con daño físico registrado. La fresa de la variedad Chandler presentó un porcentaje considerablemente alto, de 20.54% y para la Camarosa fue de 8.56%. El porcentaje de daño aumentó considerablemente con relación al obtenido en la recolección. Para la Chandler de un 7.62% pasó a un 20.54% y para la Camarosa del 3.79% paso al 8.56%, lo que representa un incremento de más del 100% para las dos variedades.

Se presentaron también fresas en estado inconveniente de madurez (inmaduras, sobre maduras y con maduración irregular), con forma atípica, con daños por insectos y por hongos. Algo importante que se observa en esta etapa es el aumento considerable del porcentaje de fresas sobre maduras. Para la Camarosa, éste paso de un 8.94% registrado en la recolección a un 15.48%, lo que representa un incremento del 73.15%. Para la Chandler de un 3.34% aumentó a un 9.23%. Este punto es de considerable atención ya que las fresas sobre maduras debido al suavizamiento que se produce en su piel son más sensibles al daño físico.

Comparando el porcentaje de fresas con maduración irregular, la variedad Camarosa presentó un mayor porcentaje (4.33%), con relación a Chandler (0.49%).

### **Pérdidas registradas en la etapa de consumidor.**

En cuanto a las fresas destinadas al consumidor se resalta nuevamente un incremento en el porcentaje de fresas con daño mecánico. Se encontró un porcentaje muy alto para las fresas de la variedad Chandler, alcanzando el valor de 21.42%, en cambio para la Camarosa fue mucho menor, siendo de 11.9%.

Se encontraron además en diferentes porcentajes fresas con los demás defectos mencionados con anterioridad. En el caso de las fresas sobremaduras al igual que el daño físico su porcentaje aumentó con relación al valor obtenido en las etapas anteriores. Las fresas sobremaduras para la variedad Camarosa alcanzaron un 15.93%.

De la comparación entre las diferentes etapas del manejo y entre las dos variedades se resalta en primer lugar, que el daño físico se presentó en mayor porcentaje en la fresa de la variedad Chandler en todas las etapas del manejo con relación a la variedad Camarosa, habiéndose encontrado una diferencia altamente significativa a un nivel significancia del 5% ( $p = 0.0003$ ). Esto indica que la variedad Chandler es más susceptible al daño físico que la variedad Camarosa.

En cuanto a la forma atípica, se encontró un porcentaje bajo en las dos variedades, sin embargo en cada una de las etapas se obtuvo un porcentaje mayor en las fresas de la variedad Camarosa siendo la diferencia significativa ( $p = 0.028$ ), debida a la variedad. Esto muestra que la variedad Camarosa dio en este caso mayor cantidad de frutos mal formados.

Para el caso de las fresas sobremaduras, el porcentaje fue mayor en cada una de las etapas del manejo para las fresas de las dos variedades, sin embargo, los porcentajes mayores correspondieron a la variedad Camarosa. En ambas variedades los aumentos fueron considerables, para la Chandler, los valores pasaron de 3.34% en la recolección a 9.23% en el mercado y hasta 11.24% en la etapa del consumidor, casi quintuplicándose su valor inicial. Para la Camarosa los aumentos fueron menores, sin embargo los porcentajes registrados fueron mayores que para la Chandler, de 8.94% en la recolección paso a 15.93% en la etapa del consumidor. La diferencia entre estas muestras fue altamente significativa ( $p = 0.0349$ )

Los resultados obtenidos nos indican que los daños se van acumulando durante las operaciones del manejo lo que coincide con el estudio realizado por Valenciano (1990). Quien además identificó como principales causas de la pérdida de calidad de las fresas durante el manejo poscosecha, el daño mecánico y la presencia de fruta sobremadura.

#### 5.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FRESAS DURANTE EL MANEJO POSCOSECHA

Para observar el efecto del manejo sobre la calidad de las fresas se evaluaron en cada una de las etapas del manejo (recolección, venta al menudeo y etapa consumidor) los atributos físicos y químicos. Se evaluó la pérdida de peso, el color y la textura en este orden y posteriormente se evaluó el contenido de sólidos solubles, la acidez, el contenido de vitamina C, de antocianinas y el pH.

Los resultados del efecto del manejo sobre los atributos físicos se encuentran en la Tabla 20.

**Pérdida de peso.** Se presentó una pérdida de peso durante el manejo poscosecha en las dos variedades de fresas (figura 33). Esto es debido probablemente a la pérdida de agua, ya que durante el manejo prevalecen temperaturas altas (de hasta 32 °C), lo que provoca que aumente la velocidad de respiración de las fresas ya de por sí alta (Kader, 1991, Mitcham y Mitchell, 2002) y la transpiración (Miszczak y col., 1995).

Esta pérdida de peso tuvo un efecto negativo en la apariencia de la fresa, ya que la hizo lucir marchita y opaca y puede tenerlo en la rentabilidad del producto, ya que se pierde el mismo porcentaje en peso fresco vendible. La disminución del peso fue del 11.72% en las fresas del consumidor y un 3.96 % en las fresas del mercado en el caso de las fresas variedad Camarosa y en el caso de la Chandler fue de 5.14% en fresas del mercado y de 12.77 en fresas del consumidor.

Tabla 20. Efecto del manejo poscosecha sobre el peso, el color y la firmeza de las fresas

<b>Variedad Chandler</b>					
Condición	Pérdida de peso (%)	L*	a*	b*	Firmeza (N)
Recolección	1.2	31.40 ± 1.52a (29.76-32.78)	30.17 ± 3.06a (27.88-33.65)	28.49 ± 0.88a (27.47-29.04)	9.65 ± 0.38a (9.27-10.03)
Mercado	5.14	28.29 ± 1.29ab (27.19-29.72)	27.17 ± 0.33ab (26.79-27.41)	26.93 ± 1.76a (24.92-28.2)	7.80 ± 0.12b (7.66-7.91)
Consumidor	12.77	25.0 ± 2.11b (23.09-27.28)	24.84 ± 3.17b (21.34-27.52)	21.81 ± 0.69b (21.33-22.61)	7.26 ± 0.49b (6.7-7.6)
<b>Variedad Camarosa</b>					
Condición	Pérdida de peso (%)	L*	a*	b*	Firmeza (N)
Recolección	1.5	31.13 ± 1.83a (29.98-33.25)	25.54 ± 2.05a (23.55-27.65)	16.09 ± 1.82a (14.58-18.12)	20.32 ± 1.76a (18.32-21.60)
Mercado	3.96	30.43 ± 1.26a (29.28-31.79)	26.54 ± 3.87a (22.45-30.16)	14.80 ± 2.79a (12.88-18.01)	16.39 ± 3.06ab (13.58-19.66)
Consumidor	11.72	28.27 ± 1.68a (26.33-29.34)	24.71 ± 3.26a (20.99-27.13)	14.59 ± 2.55a (12.57-17.46)	11.81 ± 1.03b (10.80-12.86)±

Valores medio ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las columnas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5% para cada variedad

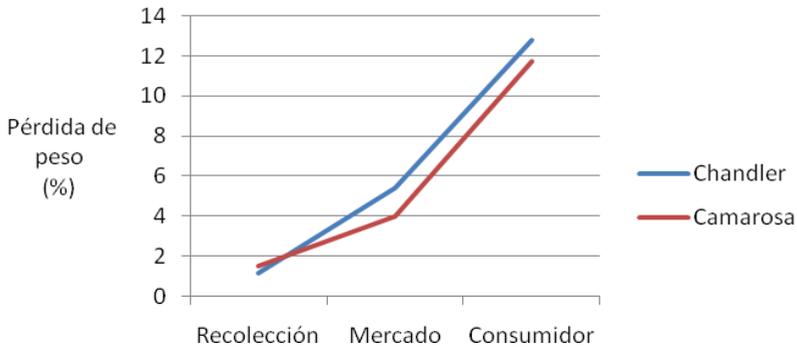


Figura 33. Pérdida de peso de las fresas registrado en cada etapa del manejo

**Color.** El color se vio afectado ya que la fresa al perder agua perdió su brillo característico lo que se ve reflejado en la disminución del parámetro  $L^*$  que mide precisamente la luminosidad o brillo de los productos. Este parámetro generalmente indica frescura o ausencia de pérdida de agua como lo menciona Mitcham (1996). Los cambios en los parámetros de color se pueden apreciar en forma gráfica en las Figuras 34, 35, 36 y 37.

El parámetro  $L^*$  mostró una diferencia altamente significativa para las fresas de la variedad Chandler ( $p = 0.0102$ ), ya que fue disminuyendo, obteniéndose una reducción del 20% en la etapa consumidor. En la variedad Camarosa no hubo diferencia estadística significativa a un nivel de significancia del 5%, sin embargo el valor promedio de  $L^*$  paso de 31.13 a 28.27, teniéndose una pérdida del 9.0% en la fresa del consumidor. La fresa del consumidor se mostró más oscura y sin brillo.

El parámetro  $a^*$  que representa el color rojo de la fresa fue disminuyendo, lo que indica una fresa menos roja y aun cuando las fresas se ven más rojas el color es más oscuro lo que posiblemente está indicando la reducción de este parámetro. Esto coincide con el estudio realizado por Nunes y col. (1995), quien mostró que en fresas a las cuales se les retardó el preenfriamiento por 6 horas y se mantuvieron a 30 °C presentaron un color oscuro, menos brillante y valores de  $L^*$  y  $a^*$

disminuidos. El parámetro b que representa el componente amarillo también disminuyó, sin embargo para el caso de las fresas no se considera tan importante como los parámetros  $a^*$  y  $L^*$ .

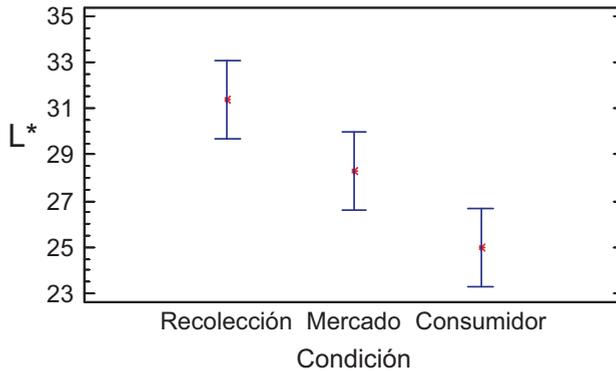


Figura 34. Variación del parámetro de color  $L^*$  (luminosidad) de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

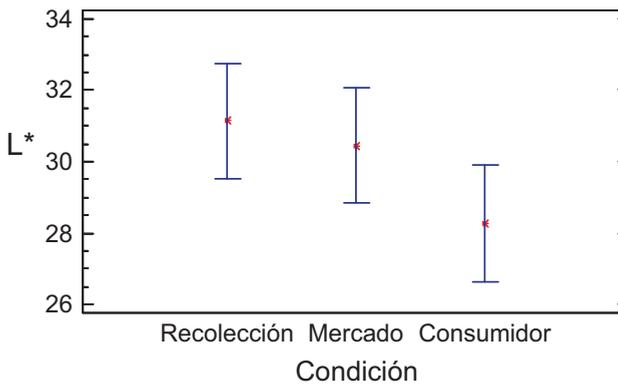


Figura 35. Variación del parámetro de color  $L^*$  (luminosidad) de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

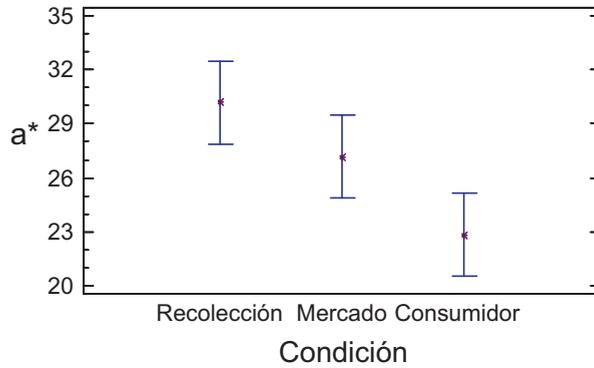


Figura 36. Variación del parámetro de color  $a^*$  (intensidad del color rojo) de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

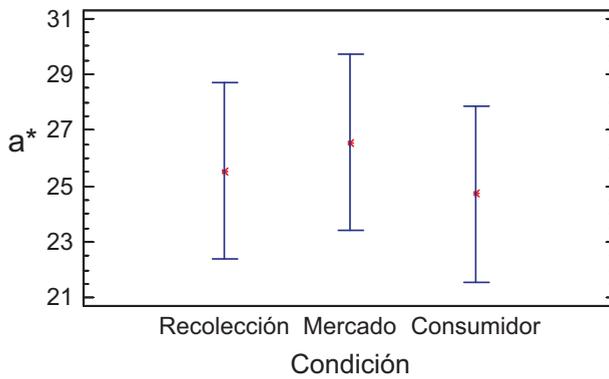


Figura 37. Variación del parámetro de color  $a^*$  (intensidad del color rojo) de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

**Textura.** La firmeza fue uno de los parámetros más afectado ya que presentó una diferencia estadística altamente significativa en las dos variedades ( $p=0.005$  para Chandler y  $p=0.0079$  para la Camarosa).

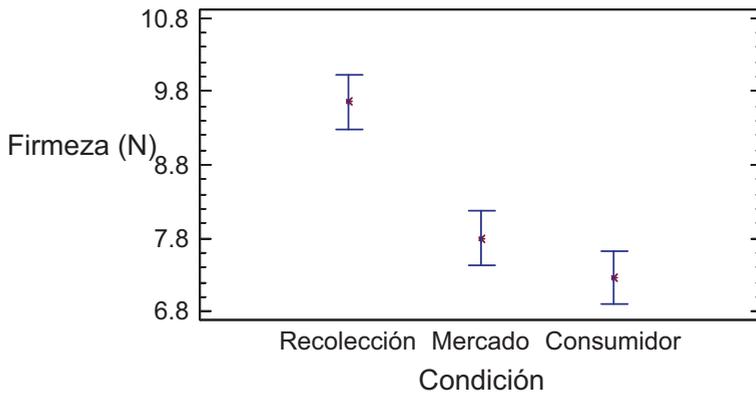


Figura 38. Variación de la firmeza de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

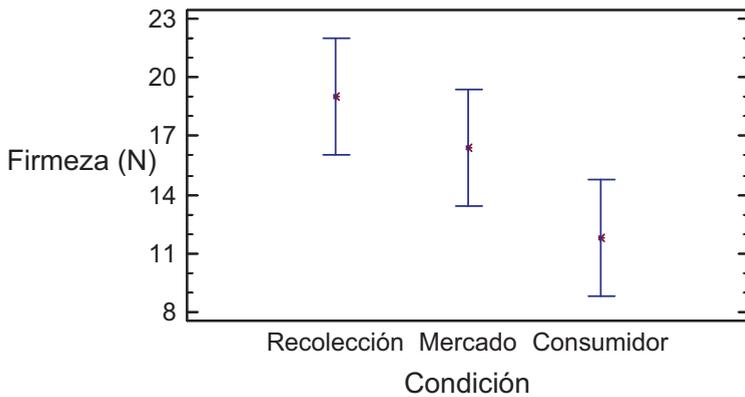


Figura 39. Variación de la firmeza de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

La firmeza de las fresas de las dos variedades disminuyó considerablemente (figuras 38 y 39). En el caso de las fresas variedad Chandler la disminución fue de 19.17% en las fresas de la etapa del mercado y de un 24.76% para las fresas de la etapa consumidor. Para la variedad Camarosa del valor inicial de 18.99 disminuyó en un 13% para las fresas del mercado y hasta un 32.42% en las fresas del consumidor. Esta fragilidad mostrada ya había sido identificada por Sczesniak (1969), quien sostiene que las fresas presentan células grandes y muy separadas unas de otras lo que hace que sea un tejido muy suave y en consecuencia muy susceptible al daño mecánico. También desde hace tiempo se ha dicho que la resistencia de las fresas al daño mecánico está relacionado a la firmeza (Burkhart, 1943).

El efecto del manejo en los atributos químicos se muestra en la Tabla 21. A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza de un factor, con el objeto de observar únicamente el efecto del manejo en las tres etapas para que no interfiriera el período de cosecha.

Los atributos que mostraron una diferencia significativa fueron el contenido de ácido ascórbico y el contenido de antocianinas, sin embargo el contenido de sólidos solubles también mostró un descenso.

**Contenido de ácido ascórbico (vitamina C).** De los atributos químicos, en la variedad Chandler, el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) mostró una diferencia altamente significativa ( $p = 0.0031$ ). En el caso de la Camarosa aunque no fue significativa ( $p = 0.1200$ ) si hubo una diferencia notable entre los contenidos de vitamina C en las fresas provenientes de las tres etapas del manejo. Este descenso posiblemente sea debido a la sensibilidad de este compuesto a varios factores como la luz, el oxígeno y la temperatura como lo han mencionado Hudson y Mazur (1985). Las altas temperaturas que prevalecieron en el campo y durante el manejo (de hasta 32°C) debieron ser las causas de su pérdida. Esto también es corroborado por Lee y Kader (2000) quienes muestran que las pérdidas de vitamina C se aceleran a altas temperaturas y por largos periodos de almacenamiento. Otro factor que contribuye a la reducción de la vitamina es la pérdida de agua como lo sostienen Nunes y col. (1998). En la figura 40 y 41 se puede apreciar el descenso en el contenido de ácido ascórbico durante el manejo poscosecha.

**Contenido de antocianinas.** El contenido de antocianinas aumentó en las dos variedades de fresa (Figura 42 y 43), mostrándose una diferencia altamente significativa ( $p = 0.0006$  para Chandler y  $p = 0.0191$  para Camarosa). Este aumento se debe probablemente a que se siguen sintetizando las antocianinas conforme prosigue la maduración, esta suposición está soportada por los estudios realizados por Miszczak y col, (1995) y por Perkins-Veazie (1991), quienes manifiestan que la maduración de las fresas está caracterizada entre otros cambios por la síntesis de antocianinas y ésta continúa después de la cosecha (Kalt y col., 1999, Cordenunsi y col., 2005).

**Sólidos solubles.** Los sólidos solubles que representan el contenido de azúcares y le imparten el sabor atractivo a la fresa no presentaron una diferencia significativa, sin embargo, si se observó una disminución de éstos entre las fresas del mercado y del consumidor (Figura 44 y 45). Esto es debido principalmente a que la fresa al seguir respirando utiliza los azúcares como fuente de energía para realizar este proceso bioquímico, lo que hace que se consuman. Este parámetro es muy importante para la calidad del sabor, ya que se considera un mínimo del 7% de sólidos solubles y un valor excelente sería de 10% (Mitcham, 1996).

Tabla 21. Efecto del manejo en los atributos químicos de las fresas

<b>Variedad Chandler</b>			
Atributo	Condición		
	Recolección	Mercado	Consumidor
Acidez <sup>1</sup>	0.96 ± 0.030a (0.93-0.098)	0.85 ± 0.14a (0.75-1.026)	0.77 ± 0.104a (0.66-0.86)
Ácido ascórbico <sup>2</sup>	52.46 ± 7.41a (47.44-60.98)	37.82 ± 1.56b (36.12-39.19)	31.66 ± 1.075b (30.44-32.46)
Sólidos solubles (°Brix)	9.2 ± 0.36a (8.8-9.5)	8.68 ± 0.18ab (8.5-8.86)	8.55 ± 0.37b (8.23-8.96)
Antocianinas <sup>3</sup>	32.40 ± 1.01c (31.5-33.5)	35.17 ± 0.45b (34.7-35.6)	36.9 ± 0.45a (36.5-37.4)
pH	3.48 ± 0.11a (3.36-3.58)	3.46 ± 0.070a (3.4-3.54)	3.27 ± 0.08b (3.2-3.36)

<b>Variedad Camarosa</b>			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez <sup>1</sup>	1.076 ± 0.02a (1.05-1.093)	1.046 ± 0.074a (0.96-1.093)	1.05 ± 0.03a (1.013-1.083)
Ácido ascórbico <sup>2</sup>	48.16 ± 3.25a (45.64-51.84)	45.73 ± 2.80bc (43.55-48.9)	43.66 ± 1.74b (41.98-45.46)
Sólidos Solubles (°Brix)	9.6 ± 0.53a (9.16- 10.2)	9.13 ± 0.41a (8.83-9.6)	8.74 ± 0.38a (8.33-9.1)
Antocianinas <sup>3</sup>	24.28 ± 1.49b (23.32 -26.0)	25.45 ± 1.33b (23.91-26.22)	29.66 ± 1.10a (28.53-30.74)
pH	3.29 ± 0.96a (3.18 – 3.36)	3.3 ± 0.06a (3.23-3.36)	3.3 ± 0.07a (3.26-3.4)

1: expresada como % de ácido cítrico por titulación con NaOH 0.1 N a pH de 8.2

2: expresada como mg/100g de ácido ascórbico por 100 g de muestra

3: expresadas como mg/100g de pelargonina 3 glucósido

Letras diferentes en las filas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher a un nivel de significancia del 5%.

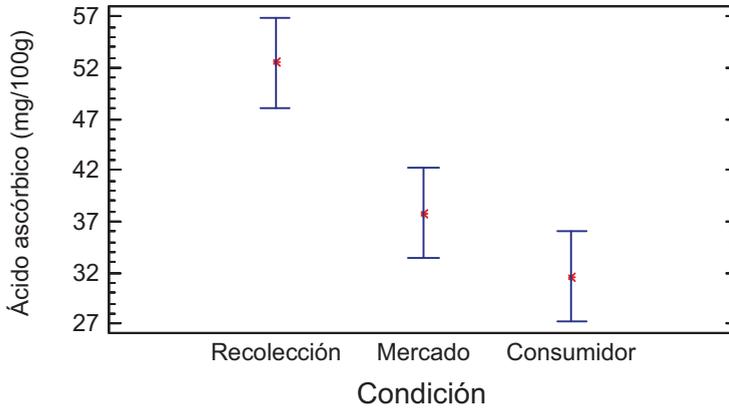


Figura 40. Variación en el contenido de ácido ascórbico de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

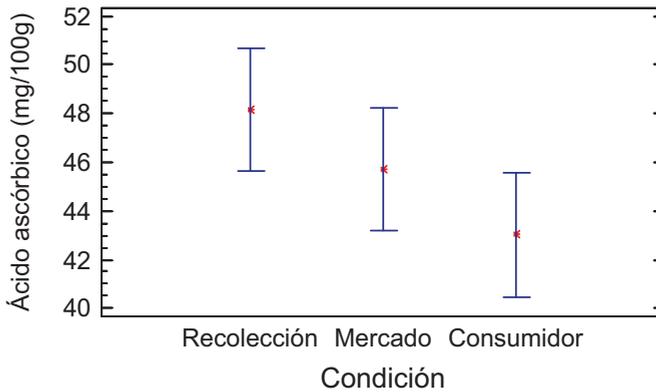


Figura 41. Variación en el contenido de ácido ascórbico de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

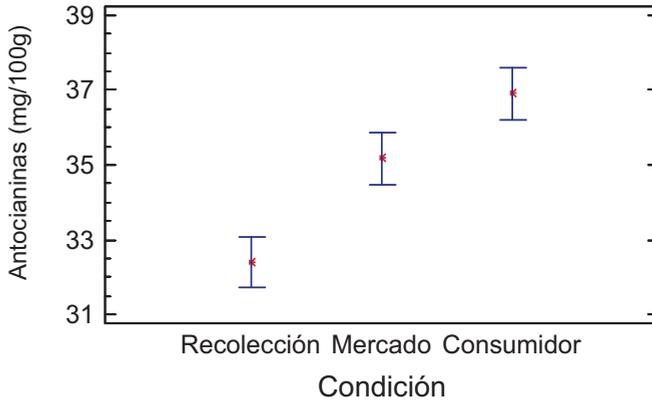


Figura 42. Variación del contenido de antocianinas de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

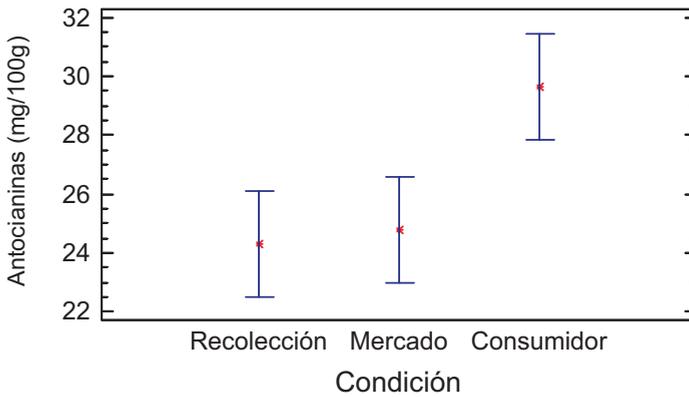


Figura 43. Variación del contenido de antocianinas de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

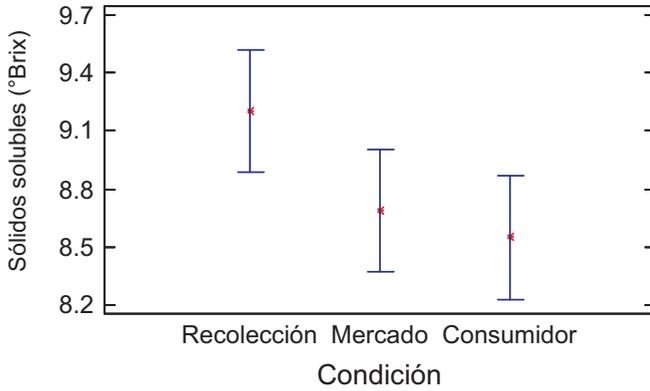


Figura 44. Variación en el contenido de sólidos solubles de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

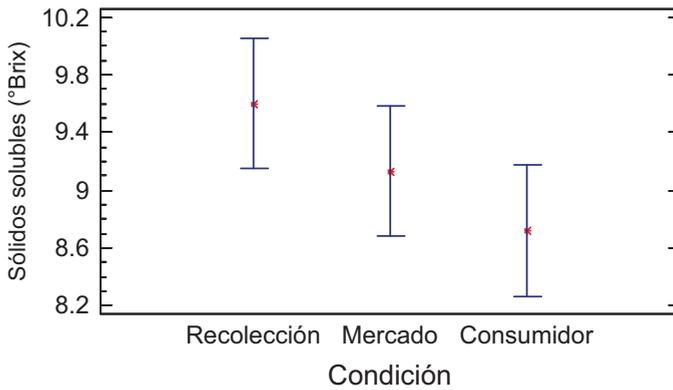


Figura 45. Variación en el contenido de sólidos solubles de las fresas variedad Camarosa durante el manejo poscosecha

## 5.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS FRESAS

Las fresas del campo, del mercado y las del consumidor se evaluaron sensorialmente con base en los atributos de color, firmeza, dulzura, acidez, sabor y olor. Estos atributos se consideran muy importantes en la calidad total de la fresa ya que son los que percibe el consumidor y tienen una gran influencia en la aceptación del producto. Los resultados se muestran en la tabla 22 y los valores medio se encuentran en las tablas 43 y 44 de los anexos, página 208.

Tabla 22. Efecto del manejo sobre los atributos sensoriales de la calidad<sup>1</sup> de las fresas

<b>Variedad Chandler</b>			
Atributo/Condición	Campo <sup>2</sup>	Mercado <sup>2</sup>	Consumidor <sup>2</sup>
Firmeza	7.7±0.25a (7.5-8.0)	5.5 ± 0.5b (5.0-6.0)	5.3 ± 1.04b (4.5-6.5)
Dulzura	7.6 ± 0.57a (7.0-8.0)	7.3 ± 0.57a (7.0-8.0)	7.5 ± 0.5a (7.0-8.0)
Acidez	7.0 ± 0.45a (6.6-7.5)	6.3 ± 0.57a (6.0-7.0)	6.3 ± 0.57a (6.0-7.0)
Color	8.00 ± 0.5a (7.5-8.5)	8.3± 0.28a (8.0-9.5)	8.6 ± 0.28a (8.5 ± 9.0)
Sabor y Olor	7.6 ± 0.28a (7.5-8.0)	7.5 ± 0.5a (7.0-8.0)	7.3 ± 0.28a (7.0-7.5)
<b>Variedad Camarosa</b>			
Atributo/Condición	Campo	Mercado	Consumidor
Firmeza	7.5 ± 0.47a (7.0-7.9)	6.2 ± 0.26b (6.0-6.5)	6.0 ± 0.40b (5.7-6.5)
Dulzura	7.3 ± 1.09a (6.1-8.0)	5.9 ± 0.60a (5.3-6.5)	5.7 ± 0.64a (5.3-6.5)
Acidez	7.3 ± 0.76a (6.5-8.0)	6.5 ± 0.50ab (6.0-7.0)	5.6 ± 0.36b (5.3-6.0)
Color	7.5 ± 0.60a (7.0-8.2)	7.8 ± 0.32a (7.5-8.1)	7.5 ± 0.5a (7.0-8.0)
Sabor y Olor	7.1 ± 0.28a (7.0-7.5)	6.4 ± 0.17a (6.2-6.7)	6.6 ± 0.76a (6.0-7.5)

1: Media de 10 panelistas.

2: Valores medio ± D.S. y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las filas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher a un nivel de significancia del 5%.

Se observó un efecto negativo sobre los atributos sensoriales de calidad ya que todos ellos, a excepción del color en la variedad Chandler, disminuyeron lo que repercutió en la calidad percibida de la fresa.

**Color.** En el color de las fresas de la variedad Chandler se percibió un ligero aumento por parte de los panelistas (Figura 46), posiblemente debido a que asociaron el color rojo oscuro con un color rojo más intenso.

**Firmeza.** Se registró una disminución considerable de la firmeza en las fresas de las dos variedades, presentándose una diferencia altamente significativa ( $p = 0.0082$  para Chandler y  $p = 0.0066$  para Camarosa). Esto coincide con los resultados obtenidos en la medición de la firmeza por el texturómetro y corrobora la pérdida de agua durante el manejo poscosecha de las fresas, por lo tanto la turgencia, afectándose así la firmeza. La figura 47 muestra la variación de la firmeza en las fresas variedad Chandler.

**Acidez.** La acidez disminuyó durante el manejo poscosecha en las fresas de las dos variedades (Figura 48), y en el caso de la Camarosa se presentó una diferencia significativa ( $p = 0.0269$ ).

**Dulzura y sabor.** Fueron percibidos por los panelistas como el mismo atributo, en el caso de las fresas variedad Camarosa se registró un descenso y en la variedad Chandler permanecieron casi constantes, (Figura 49).

Comparando las evaluaciones sensoriales con las mediciones objetivas se aprecia una similitud entre ellas, así el porcentaje de cambio que se midió en la acidez, la firmeza y los sólidos solubles coincide con el porcentaje de cambio que percibieron los panelistas en la acidez, la firmeza y la dulzura. En cuanto al color no se encuentra similitud lo que indica que el cambio de color que el panelista no percibe, el método objetivo sí lo detecta. En general se puede decir que hubo una buena correspondencia entre la evaluación sensorial y la caracterización objetiva de las fresas, siendo altos los coeficientes de correlación entre la firmeza sensorial y la objetiva, entre la dulzura y el contenido de sólidos solubles, y entre la acidez sensorial y la acidez titulable (Tabla 23).

Tabla 23. Coeficientes de correlación entre los atributos sensoriales y objetivos de la calidad de la fresa

Atributo Sensorial	Atributo Objetivo	Coeficientes de Correlación	
		Chandler	Camarosa
Dulzura	Sólidos Solubles	0.61	0.91
Firmeza	Firmeza	0.98	0.93
Acidez	Acidez titulable	0.61	0.90

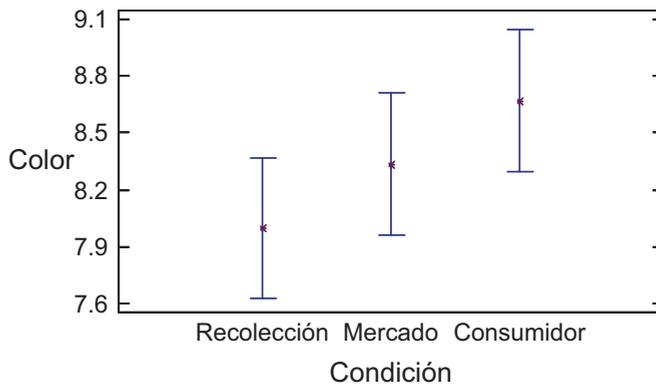


Figura 46. Variación del color sensorial durante el manejo poscosecha

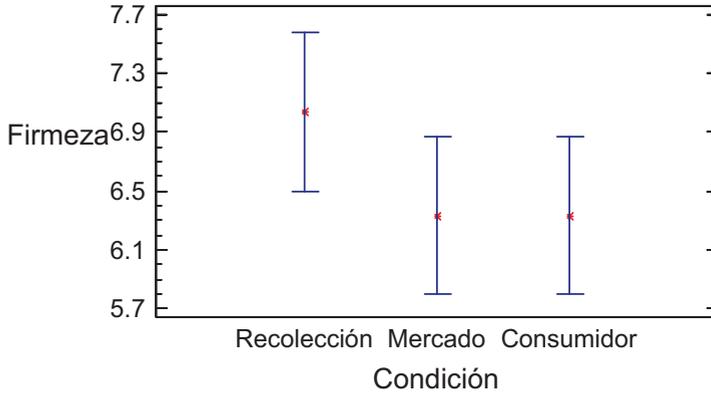


Figura 47. Variación de la firmeza sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

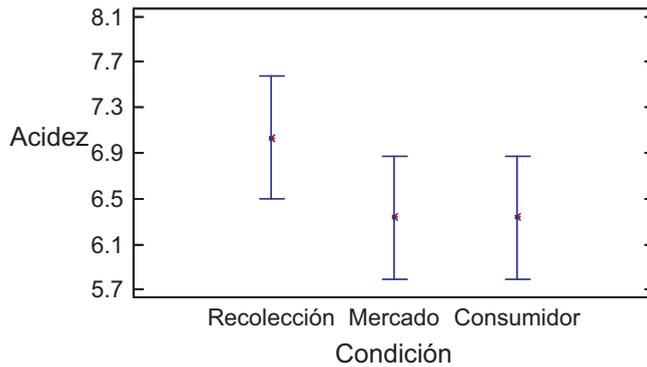


Figura 48. Variación de la acidez sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

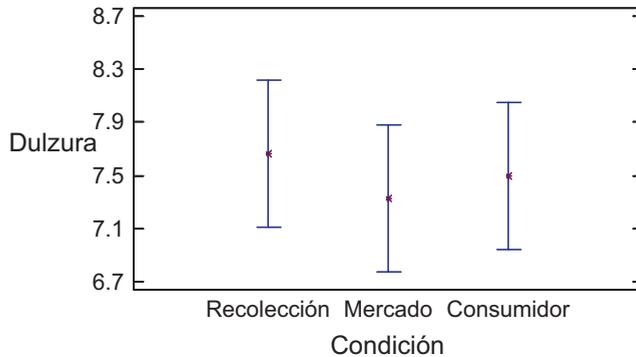


Figura 49. Variación de la dulzura sensorial de las fresas variedad Chandler durante el manejo poscosecha

## 5.6. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POSCOSECHA DE FRESA EN LA RECEPCIÓN DE UNA EMPACADORA

De las muestras tomadas en la recepción de una empacadora de fresa, se realizó una evaluación visual clasificándose las fresas de acuerdo a los daños y defectos presentes. Los resultados de esta evaluación se resumen en la tabla 24, los valores medio se encuentran en la tabla No. 46 de los anexos, página 210.

De esta Tabla y de la figura 50, se observa que el valor medio más alto corresponde al porcentaje de fresa pequeña (37.16), después está el de fresa verde (12.19), siguiendo en orden descendiente se encuentra el porcentaje de fresa con daño físico (9.65), el de fresa atípica (cotorruda) de 8.4, de fresa sobremadura (6.38), fresa podrida (0.82), fresa enlodada (0.18) y finalmente el de fresa con hongos (0.096). Una vez más se manifiesta la falta de selección durante la cosecha, ya que se corta fresa en estado inconveniente de madurez (inmadura o sobremadura); con defectos: pequeña y atípica, y además se ocasionan daños físicos a la fresa durante el manejo.

Tabla 24. Daños y defectos registrados en la recepción de una empacadora de fresa<sup>1</sup>

Daños y defectos	Porcentaje				Promedio (%)
	Febrero <sup>2</sup>	Marzo <sup>3</sup>	Abril <sup>4</sup>	Mayo <sup>5</sup>	
Enlodada	0.35 ±0.75a (0.0-2.1)	0.10±0.36a (0.0-1.2)	0.16±0.47a (0.0-1.7)	0	0.13±0.45 (0.0-2.1)
Sobremadura	2.41±1.55b (0.0-5.1)	4.33±2.54b (0.0-5.9)	8.21±5.61a (0.0-18.3)	8.94±3.86a (2.0-13.4)	6.38±4.94 (0.0-18.3)
Inmadura	4.86±3.72c (0.0-8.6)	3.08±2.31c (0.0-5.9)	13.25±7.51b (0.0-26.1)	21.85±6.7a (9.6-35.3)	12.19±9.40 (0.0-35.3)
Hongos	0	0	0.16±0.38a (0.0-1.3)	0.21±0.63a (0.0-2.4)	0.11±0.41 (0.0-2.4)
Podrida	0.26±0.56b (0.0-1.6)	1.48±1.74a (0.0-5.6)	1.08±1.35ab (0.0-4.7)	0.48±0.59b (0.0-1.5)	0.84±1.22 (0.0-5.6)
Atípica	10.27±10.1ab (0.9-29.9)	3.38±2.61c (0.0-8.1)	7.22±5.83bc (0.0-25.3)	12.01±6.9a4 (1.7-25.0)	8.40±7.24 (0.0-29.9)
Daño físico	6.0±2.35b (2.5-9.0)	6.28±2.77b (1.1-12.0)	10.93±6.36a (0.0-20.5)	12.80±5.91a (4.0-28.3)	9.65±5.75 (0.0-28.3)
Fresa pequeña (Ø < 2.2 cm)	36.52±10.92ab (17.9-47.0)	45.24±21.9a (21.9-64.5)	36.51±13.94ab (18.3-73.8)	32.73±90.3b (20.3-52.0)	37.16±12.45 (17.9-73.8)

1: Valores medio ± DS y valores mínimo y máximo

2: Valores medio de 10 días

3: Valores medio de 11 días

4: Valores medio de 19 días

5: Valores medio de 16 días

Es importante hacer notar que del total de fresas que llegan a la planta congeladora durante la temporada considerada (febrero-mayo), existe un porcentaje considerable de fresas que no pueden ser utilizadas para el procesamiento ya sea porque están sobremaduras y se dificulta el corte para obtener fresas en rebanadas, o porque están inmaduras y no han desarrollado el color rojo deseable ni los componentes del sabor, lo que demerita la calidad del producto terminado. Tampoco las fresas con daño físico pueden ser utilizadas debido a la contaminación microbiana que conlleva éste. Las fresas pequeñas no cumplen con el tamaño para fresas enteras de acuerdo con las especificaciones particulares de la empacadora, sin embargo, pueden emplearse para la elaboración de “puré”. Estos daños posiblemente son infringidos durante

la recolección y el traslado de las fresas a la empacadora y representan una pérdida económica para ésta debido a los costos por concepto de mano de obra dedicada a la selección del producto.

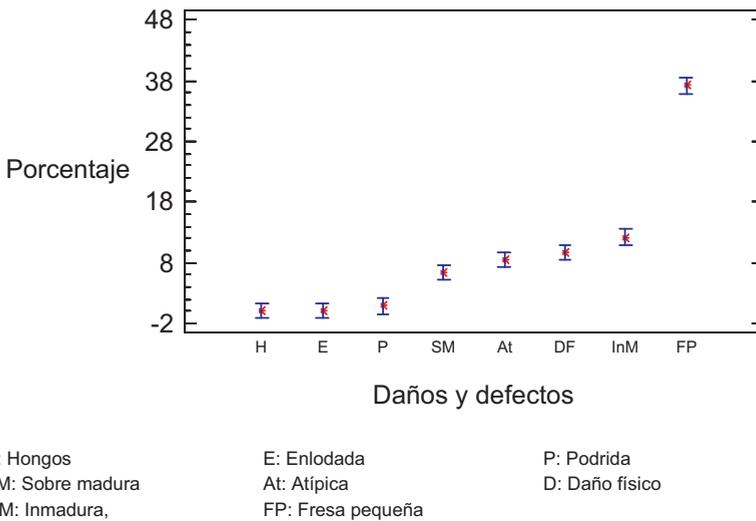


Figura 50. Valores medios para porcentajes de fresas con defectos y daños registrados en una empacadora

En este estudio se presentaron porcentajes de daños y defectos más altos en los meses de abril y mayo, principalmente fresa con daño físico, fresa inmadura, fresa sobremadura y fresa atípica como se aprecia en las figuras 51, 52, 53 y 54. Es posible que esto sea debido a que aumenta la producción de fresa durante esta temporada y se intensifican las labores de recolección. El trabajador con el objeto de llenar más canastas de fresa y por consiguiente obtener un pago mayor realiza la recolección más aprisa y brusca lo que trae consigo que se produzcan daños a las fresas. En la empacadora ocurre lo mismo, al entregarse mayores cantidades de fresas, los encargados de la descarga tienen más trabajo y la hacen de manera inadecuada provocando aún más daños.

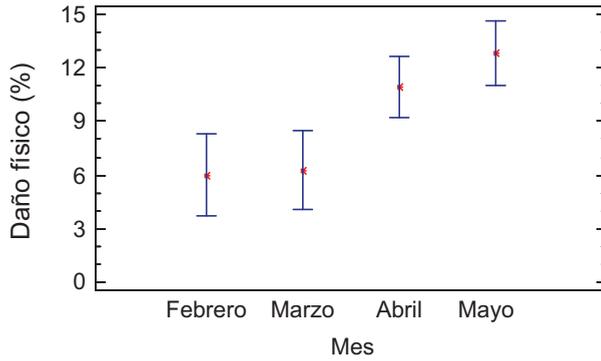


Figura 51. Valores medio del daño físico registrados en la empacadora durante el periodo estudiado

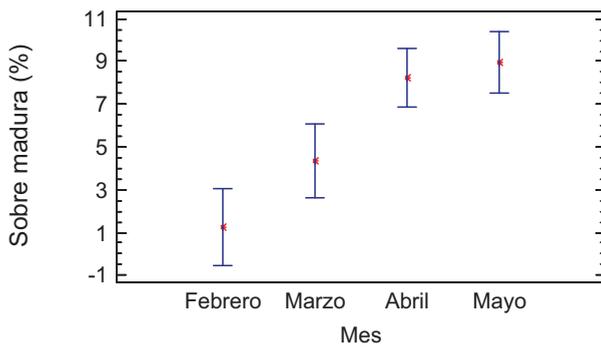


Figura 52. Valores medio de fresas sobremaduras registrados en la empacadora durante el periodo estudiado

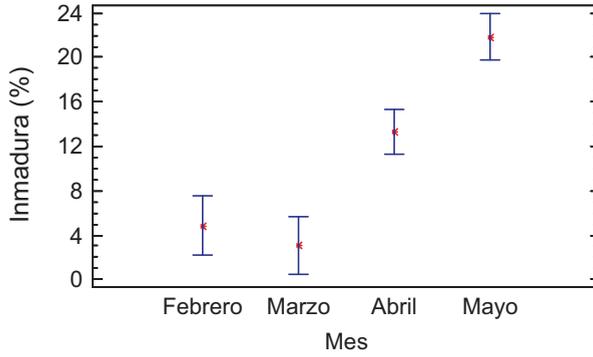


Figura 53. Valores medio de fresas inmaduras registrados en la empacadora durante el periodo estudiado

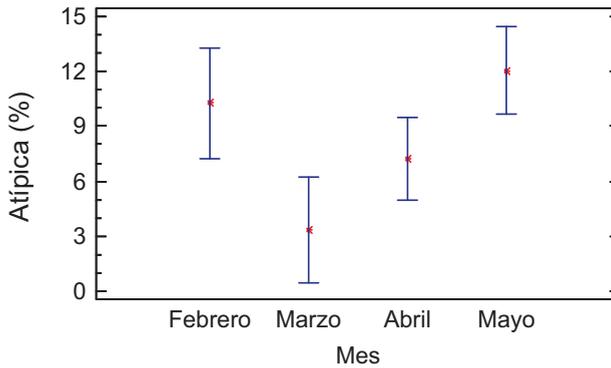


Figura 54. Valores medio de fresas con forma atípica registrados en la empacadora durante el periodo estudiado

Tabla 25. Principales daños y defectos registrados en el proceso de producción-expedición de las dos variedades estudiadas

Tipo de daño o defecto	Etapa del manejo					
	Recolección (%)		Mercado (%)		Consumidor (%)	
	Chandler	Camarosa	Chandler	Camarosa	Chandler	Camarosa
Hongos	1.13	0.65	2.51	1.26	0.08	3.04
Daño por insectos	0.65	1.37	0.58	1.34	0.08	0.21
Forma Atípica	1.54	6.04	2.08	6.12	1.98	3.5
Daño físico	7.62	3.79	20.54	8.56	21.42	11.99
Enlodada	0.2	0.34	0	0	0	0
Sobre Madura	3.34	8.94	9.23	15.48	11.24	15.93
Inmadura	5.91	20.93	4.47	11.34	7.02	11.35
Maduración irregular	0.84	2.47	0.49	4.33	0.26	2.28
Madura (aceptable)	78.89	54.84	60.08	51.5	57.93	51.66

Los resultados obtenidos (Tabla 25) muestran que:

1: Hay una alta incidencia de daño físico durante el manejo poscosecha (Figura 55).

2: Existe un desconocimiento del grado de madurez apropiado para la recolección de la fresa. El alto porcentaje de fresa sobremadura (Figura 56) indica que no se tiene una programación apropiada del corte y se deja que madure la fruta en su totalidad en el campo o se mantiene por mucho tiempo después de recolectada a altas temperaturas. La fresa inmadura también representó un porcentaje importante (Figura 57), ésta podría continuar con su maduración, sin embargo no desarrollaría los atributos de olor y sabor recomendables.

El manejo influyó negativamente en el valor nutritivo (disminución de vitamina C) y en la firmeza, presentándose un ablandamiento de la fruta y la pérdida de jugo. Hay un descenso en los atributos sensoriales: sabor (dulzura) y firmeza.

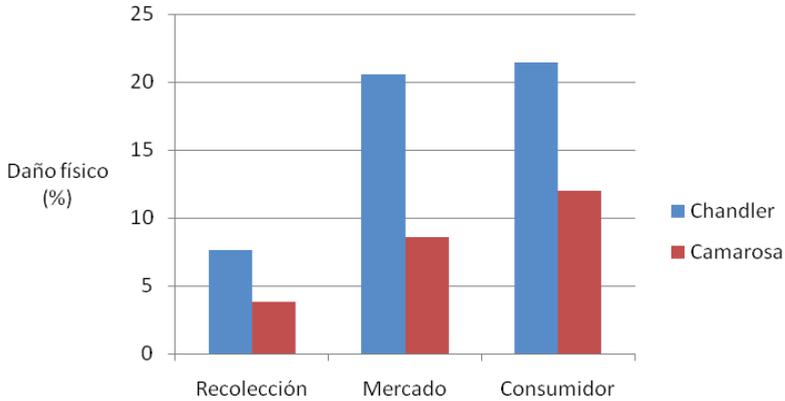


Figura 55. Porcentaje de daño físico registrado durante el manejo poscosecha

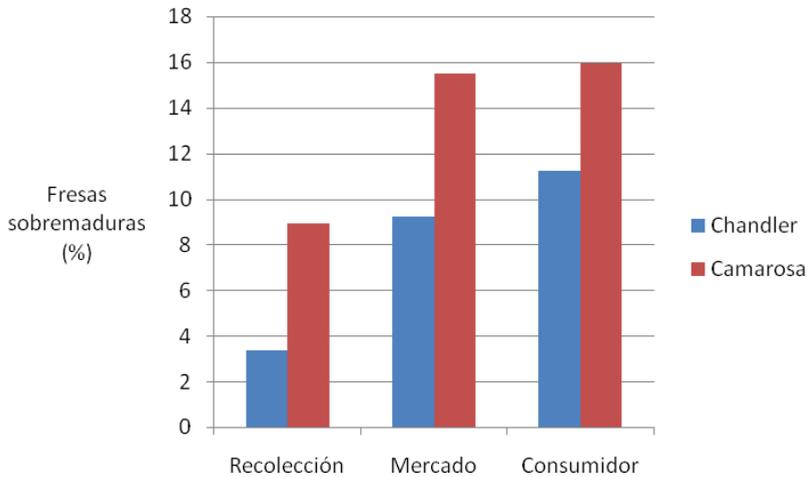


Figura 56. Porcentaje de fresas sobremaduras registrado durante el manejo poscosecha

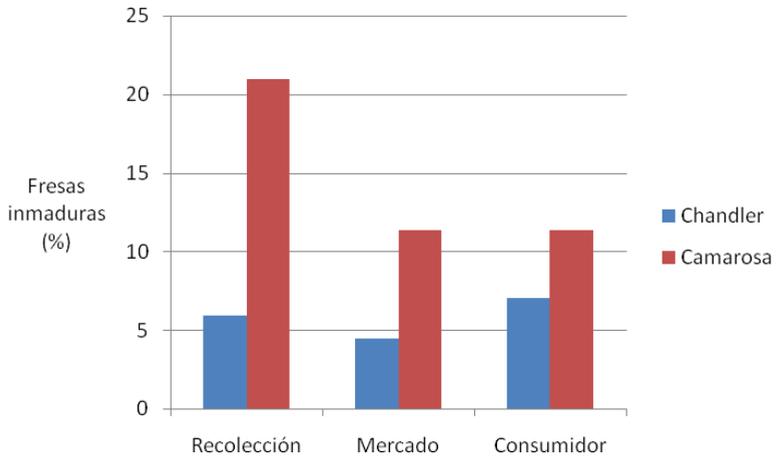


Figura 57. Porcentaje de fresas inmaduras registrado durante el manejo poscosecha

## 5.7. EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LA CALIDAD DE LAS FRESAS

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de un solo factor (estado de madurez), y las variables independientes fueron los atributos de calidad considerados (color, firmeza, sólidos solubles, acidez, contenido de ácido ascórbico y de antocianinas). Los resultados obtenidos (Tabla 26) muestran que el estado de madurez tiene un efecto altamente significativo en cada uno de los atributos de calidad evaluados, ya que en todos ellos el valor de  $p$  fue de 0.05. Los valores medio registrados se encuentran en los anexos en la tabla 45, página 209.

**Color.** En la evaluación del color externo de las fresas, el parámetro  $L^*$  (luminosidad) disminuye conforme las fresas maduran (Figura 58), así la fresa va perdiendo brillo adquiriendo un color opaco. Este cambio es consistente con lo publicado por Miszczak y col. (1995). El parámetro  $a^*$  que es indicativo del color rojo fue aumentando al ir madurando la fresa lo que indica que se siguen sintetizando las antocianinas que son los pigmentos responsables del color rojo (figura 58). Esto se corrobora al observarse un aumento en el contenido de antocianinas conforme va madurando la fresa, por lo que los cambios de color de la fresa durante la maduración son indicativos de su estado de madurez, de tal manera que en la práctica se considera una fresa madura cuando se han alcanzado las  $\frac{3}{4}$  partes de la fresa de color rojo, tal como lo menciona Cordenunsi y col. (2005).

**Firmeza.** Durante la maduración se presentó un suavizamiento de las fresas, reflejado en la disminución de la firmeza (Figura 60), uno de los atributos determinantes en la calidad de la fresa y en la vida de almacenamiento.

El suavizamiento está relacionado con los cambios que sufre la pared celular de las células del tejido parenquimatoso de la fresa, en particular en uno de sus componentes, las pectinas (Montero y col., 1996). La degradación de los materiales pécticos en la lámina media (capa de material intercelular que mantiene unidas las paredes primarias de las células adyacentes) hace que se pierda fuerza y poder cementante (Bourne, 1979, Perkins-Veazie, 1995). El mecanismo bioquímico del suavizamiento de las fresas aún no está claro, sin embargo se sabe que existen varias enzimas hidrolíticas (galacturonasa,

celulasas, pectin metil esterases y pectato liasas) que catalizan diferentes aspectos de la modificación de las pectinas y el desarreglo de la pared celular (Redondo-Nevado y col., 2001, Barnes y Patchett, 1976). Otros autores mencionan que el suavizamiento es debido a la degradación de la matriz de la celulosa y es la causa principal de la pérdida de la firmeza de la fruta (Jiménez-Bermúdez y col., 2002).

**Acidez.** Se presentó una disminución de la acidez durante la maduración de las fresas (Figura 61) lo que coincide con lo publicado por Avigdori-Avidov en 1986, por Reyes y col., (1994), y por Forney y col. (1998). Debido a que los ácidos regulan el pH, pueden influir en la apariencia de los pigmentos de las frutas dentro de los tejidos y afectar el sabor (Montero y col., 1996, y Azodanlou y col., 2004), estos cambios cobran mayor importancia en la calidad de las fresas.

**Sólidos solubles.** Se observa un aumento en el contenido de sólidos solubles (Figura 62). Esto coincide con estudios previos realizados por Woodward en 1972, por Perkins-Veazie en 1995, por Miszczak y col. en 1995 y por Montero y col., en 1996. Los azúcares representados por los sólidos solubles se incrementan rápidamente acumulándose en las vacuolas de las células hasta que la fruta llega a su completa maduración.

**Contenido de ácido ascórbico.** Se observó un aumento en la fresa madura con respecto a la inmadura, y una ligera disminución en la sobremadura (figura 63). Esto soporta lo mencionado por Avigdori-Avidov (1986) en su estudio donde registra un aumento en el contenido de vitamina C durante la maduración. Cordenunsi y col. (2005) mencionan que la cantidad de vitamina C es dependiente del grado de madurez de las fresas.

**Contenido de antocianinas.** El contenido de antocianinas aumentó conforme la fresa fue madurando (figura 64). Se ha reportado que tanto en las fresas inmaduras como en las maduras continúa el desarrollo de color en el almacenamiento conforme continua la maduración (Sacks y Shaw, 1994 y Miszczak y col., 1995). Además de que la maduración de las fresas se ha caracterizado por el aumento del color rojo debido a la síntesis de las antocianinas (Perkins-Veazie, 1991, Miszczack y col., 1995, Nunes y col., 2005).

De acuerdo a las características fisiológicas de la fresa, corresponde a una fruta no climatérica, su maduración no continúa normalmente después de ser separada de la planta, por lo que debe recolectarse en una etapa de madurez completa (Kader, 1991, Talbot y Chau, 1998, Nunes y col, 2006, DeEll, 2006). No obstante, para darle una flexibilidad a su comercialización por lo regular se cosecha a tres cuartas partes de su maduración, de acuerdo al color rojo desarrollado en la superficie del fruto.

Generalmente, esto se hace con base en la observación de que el color se puede desarrollar si la fruta se corta inmadura, debido a que las antocianinas se acumulan después de la cosecha (Kalt y col., 1993), sin embargo, no se ha descrito el desarrollo de los volátiles del sabor en las frutas inmaduras (Miszczack y col., 1995 y Pérez y col., 1992). Esto es muy importante ya que el sabor es una de las propiedades más importantes que dan el valor comercial a las frutas (Montero y col., 1996). También se ha visto que las fresas inmaduras no sufren los cambios en el contenido de azúcares y ácidos adecuados para una buena calidad (Kader, 1991, Forney y col., 1998, Nunes y col., 2006).

Con relación a la selección de fresas sobre maduras, se ha visto que la pérdida de la firmeza durante la maduración es uno de los factores determinantes en la calidad de la fruta y en la vida de almacenamiento, por lo que no es conveniente cosechar la fruta en este estado de madurez, además de que la fresa luce oscura y sin brillo.

Los resultados reflejan la importancia de la selección adecuada en el momento de la cosecha, ya que todos los atributos de calidad evaluados cambiaron durante la maduración.

Tabla 26. Efecto de la madurez en los atributos de calidad de la fresa

Atributo	Valores medio		
	Inmadura	Madura	Sobremadura
Sólidos solubles <sup>1</sup>	5.89 ± 0.51b (5.3-7.0)	8.8 ± 0.65a (8.1-10.3)	8.48 ± 0.49a (8.1-9.7)
Acidez <sup>1</sup>	1.11 ± 0.08a (0.95-1.21)	0.89 ± 0.08b (0.75-1.03)	0.68 ± 0.073c (0.51-0.8)
Vitamina C <sup>1</sup>	35.25 ± 2.38b (30.2-38.2)	46.70 ± 2.47a (43.2-51.0)	33.32 ± 3.01a (29.7-39.0)
Antocianinas <sup>1</sup>	6.56 ± 1.19b (4.7-8.5)	48.52 ± 5.65a (38.8-57.7)	50.72 ± 5.19a (42.1-58.5)
Firmeza <sup>2</sup>	12.02 ± 1.56a (9.8-14.9)	10.08 ± 0.74b (9.3-11.5)	7.98 ± 0.43c (7.3-8.5)
L* <sup>2</sup>	48.53 ± 4.05a (38.66-53.02)	32.05 ± 2.00b (30.1-35.35)	27.33 ± 1.51c (25.48-29.72)
a* <sup>2</sup>	15.56 ± 5.91b (9.68-29.56)	26.27 ± 3.11a (21.4-29.55)	25.92 ± 3.61a (19.68-30.47)
b* <sup>2</sup>	28.49 ± 2.21a (25.83-31.6)	16.28 ± 3.06b (12.75-20.8)	10.76 ± 2.01c (7.68-14.35)

1: Promedio de 10 muestras con 3 repeticiones cada una

2: Promedio de 10 muestras con 20 repeticiones cada una

Letras diferentes entre columnas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

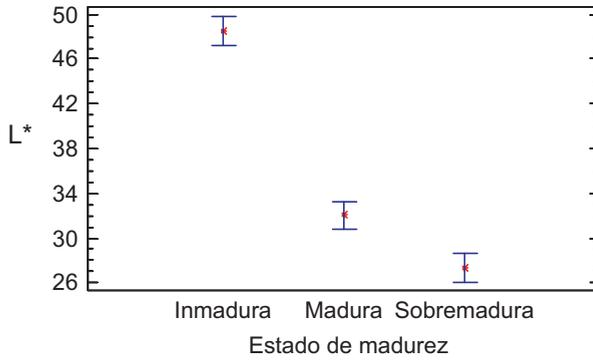


Figura 58. Variación en el parámetro de color L\* con el estado de madurez de la fresa

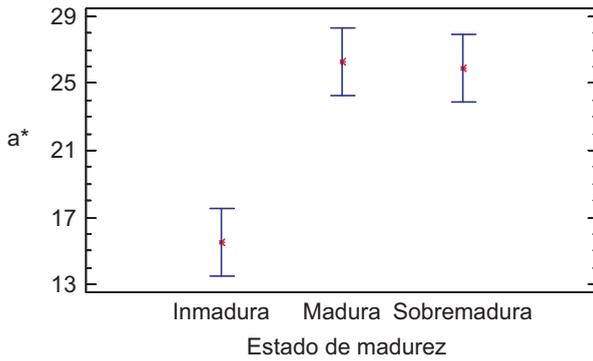


Figura 59. Variación en el parámetro de color a\* con el estado de madurez de la fresa

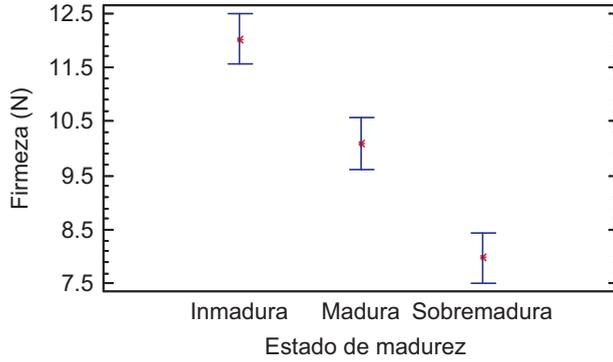


Figura 60. Variación de la firmeza con el estado de madurez de la fresa

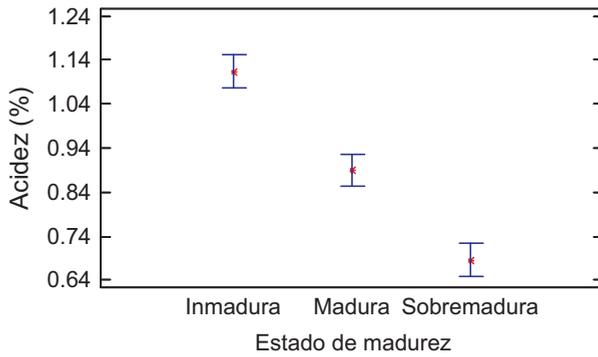


Figura 61. Variación de la acidez con el estado de madurez de la fresa

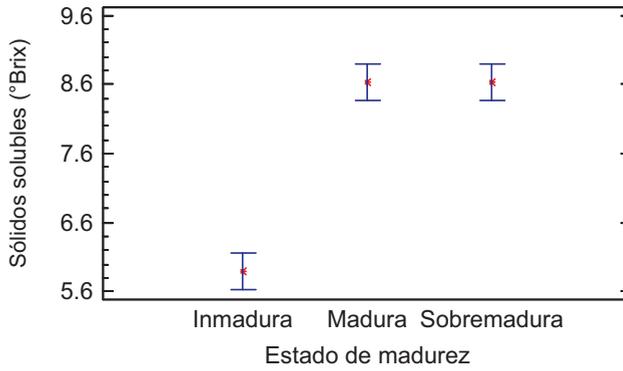


Figura 62. Variación en el contenido de sólidos solubles

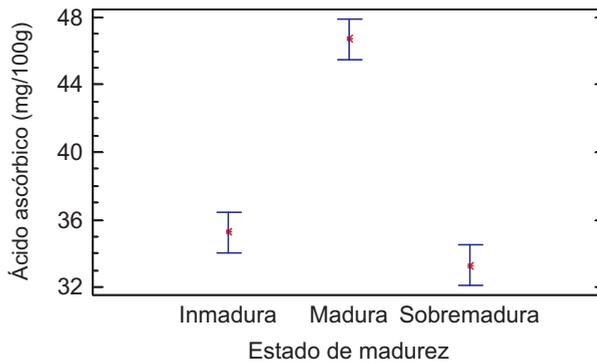


Figura 63. Variación en el contenido de ácido ascórbico con el estado de madurez de la fresa

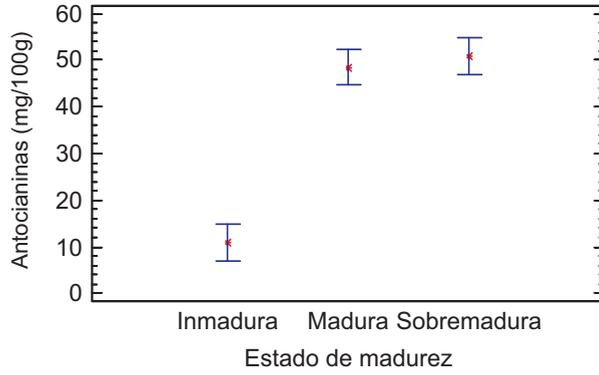


Figura 64. Variación en el contenido de antocianinas con el estado de madurez de la fresa

## 5.8. CUANTIFICACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS POR VIBRACIÓN DURANTE EL TRANSPORTE SIMULADO.

### 5.8.1. DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA NATURAL DE LA FRESA

Con el objeto de identificar la frecuencia natural de las fresas para reproducirla en los ensayos del transporte simulado se sometieron las fresas a vibración como se describe en la metodología. La aceleración registrada para la plataforma de vibración y para el producto (fresas) se muestra en los gráficos de las figuras 65 y 66 respectivamente y en la figura 67 se muestra el gráfico espectral de frecuencias registradas en la canasta de fresas y en la plataforma de vibración.

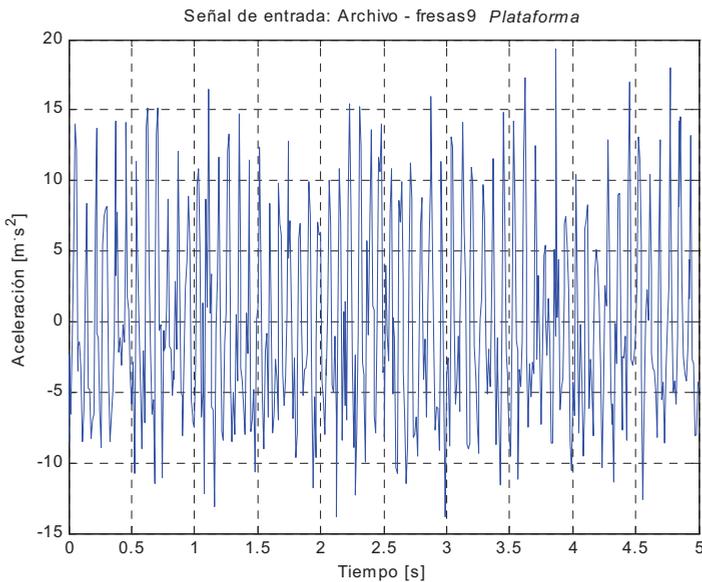


Figura 65. Gráfico de aceleración contra tiempo para la plataforma

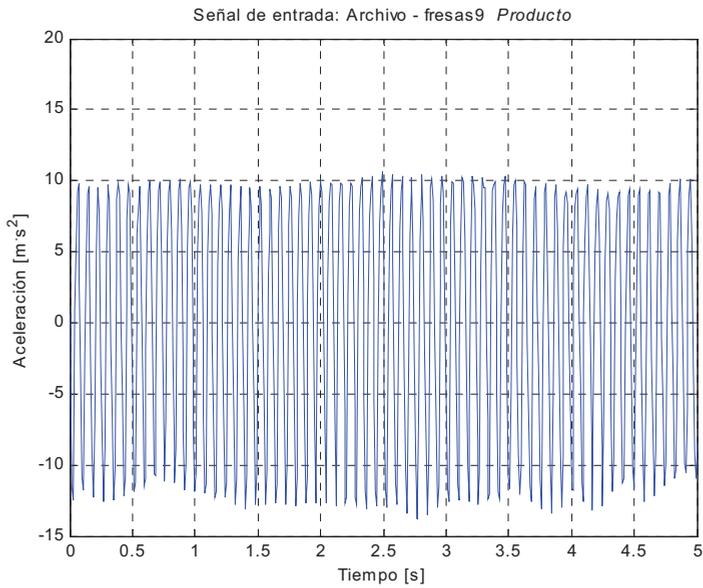


Figura 66. Gráfico de aceleración contra tiempo para la fresa

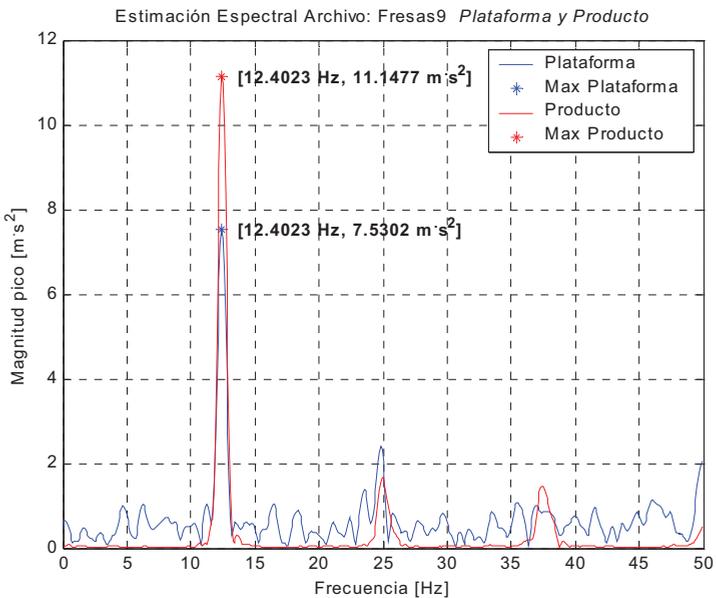


Figura 67. Frecuencia natural de la fresa registrada durante la simulación del transporte

La frecuencia en la cual se observó visualmente que las fresas presentaron un movimiento intenso cuando se sometieron a la vibración fue de 12.40 Hz, la cual corresponde a la frecuencia natural de la fresa y el nivel de aceleración de  $11.14 \text{ m/s}^2$  (1.13 G).

En la figura 66 se pueden observar los picos de aceleración registrados con los dos acelerómetros, uno de ellos colocado en la plataforma y el otro en el interior del canasto de fresa. Para cada una de las lecturas que se hicieron correspondió un gráfico. Cada lectura tuvo una duración de 5 segundos.

### 5.8.2. ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS GENERADOS DURANTE EL TRANSPORTE SIMULADO.

Durante la evaluación del daño mecánico se observaron fresas visiblemente dañadas principalmente por abrasión y por compresión (magulladuras). Los resultados se presentan en la Tabla 27 y los valores medio de las réplicas en los anexos (Tabla 47, pág. 211).

**Daños por abrasión.** En el daño por abrasión se observó una diferencia altamente significativa ( $p=0.05$ ) con relación a la frecuencia pero no al tipo de contenedor ( $p=0.1317$ ), lo que indica que la frecuencia de vibración tiene un efecto sobre la calidad de la fresa al infringirle daños por abrasión (Figura 68).

**Daño por compresión.** En el caso del daño por compresión (magulladuras), se presentó una diferencia significativa debida a la frecuencia ( $p=0.0032$ ) y al contenedor ( $p=0.0318$ ). El mayor porcentaje de daño por compresión y por abrasión se observó a la frecuencia de 18 Hz (Figura 69). El daño por compresión en la canasta es debido a que su profundidad es de 29 cm mientras que el de la caja es de 12 cm.

La identificación de estos daños coincide con el estudio realizado por Fisher y col., en 1992, donde evaluó el daño en fresas y uvas durante el transporte, encontrando que la vibración sí puede causar abrasiones en la piel de la fresa, así como magulladuras.

Debido a que no se hizo un estudio de la vida de anaquel de las fresas sometidas a la vibración no se pudo determinar el daño potencial que pudiera manifestarse posteriormente

Con el objeto de disminuir el daño por compresión, en la actualidad se ha incrementado el uso de cajas de plástico en las empacadoras de fresa. Debido a que este tipo de contenedor es más amplio, de menor profundidad; es lavable, por lo tanto higiénico y fácil de estibar, lo que ha provocado una disminución en el daño físico durante su transporte como lo reporta Reyes (1994).

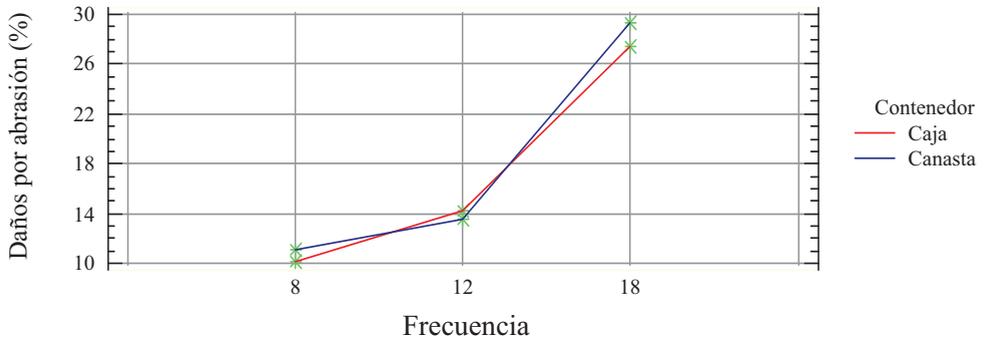


Figura 68. Daños por abrasión registrados en la simulación del transporte

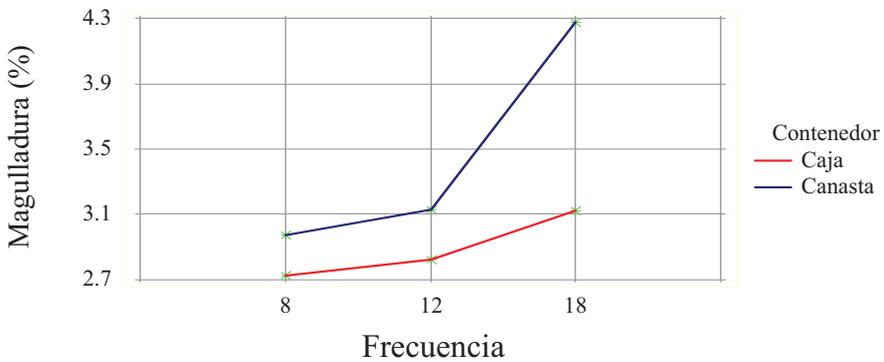


Figura 69. Daños registrados por compresión en la simulación del transporte

Tabla 27. Efecto del transporte en la producción del daño físico<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	Tipo de daño			
	Abrasión (%)		Magulladuras (%)	
	1	2	1	2
8	10.12±0.56c (9.5-10.7)	11.15±0.50c (10.8-11.9)	2.72±0.33b (2.5-3.2)	2.97±0.65b (2.4-3.8)
12	14.2±0.49b (13.5-14.6)	13.52±0.69b (12.9-14.5)	2.82±0.22b (2.6-3.1)	3.13±0.50b (2.67-3.7)
18	27.42±1.84a (25.0-29.0)	29.37±1.94a (27.0-31.7)	3.12±0.71a (2.1-3.7)	4.27±0.78a (3.7-5.4)

1: caja, 2: canasta

a: Valores medio de 4 réplicas de 20 fresas cada una ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las columnas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

### 5.8.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FRESAS DURANTE EL TRANSPORTE SIMULADO.

Se evaluaron las características mecánicas y químicas de las fresas sometidas a vibración en un equipo simulador de transporte a tres niveles de frecuencia (8, 12 y 18 Hz).

#### Características mecánicas:

Los resultados de las características mecánicas se muestran en la tabla 28 y los valores medio obtenidos de todas las réplicas se encuentran en el anexo (Tabla 48, pág. 212).

Se observó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de las vibraciones generadas en todas las frecuencias empleadas, sobre las características mecánicas de la fresa. Lo que indica que estas características de las fresas sí son afectadas las vibraciones generadas durante el transporte.

Tabla 28. Efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	C	Características				
		Firmeza (N)	Fuerza de Punción (N)	Def. de Punción (mm)	Fuerza de penetración (N)	Def. de Penetración (mm)
0	1	11.77±0.41a (11.23-12.19)	0.37±0.03a (0.32-0.41)	0.75±0.04a (0.7-0.79)	0.21±0.02a (0.19-0.24)	1.04±0.02a (1.01-1.08)
	2	10.79±0.38a (10.28-11.18)	0.36±0.02a (0.33-0.39)	0.45±0.02a (0.42-0.49)	0.22±0.01a (0.21-0.23)	1.08±0.09a (1.07-1.09)
8	1	10.79±0.38b (10.28-11.18)	0.27±0.013b (0.25-0.28)	0.80±0.01b (0.78-0.82)	0.15±0.01b (0.14-0.16)	1.07±0.08b (1.07-1.09)
	2	10.53±0.33b (10.29-11.02)	0.28±0.01b (0.26-0.31)	0.87±0.01b (0.86-0.89)	0.15±0.08b (0.14-0.16)	1.17±0.10b (1.66-1.189)
12	1	10.14±0.26c (9.88-10.49)	0.25±0.02bc (0.235-0.279)	1.04±0.08c (0.97-1.16)	0.19±0.1c (0.18-0.20)	1.12±0.07c (1.04-1.20)
	2	10.04±0.30c (9.75-10.42)	0.24±0.01bc (0.23-0.26)	0.98±0.01c (0.97-0.99)	0.17±0.06c (0.16-0.18)	1.19±0.12c (1.19-1.20)
18	1	10.16±0.50c (9.65-10.69)	0.27±0.07c (0.26-0.28)	0.88±0.05d (0.87-0.89)	0.11±0.05d (0.10-0.12)	1.12±0.11a (1.19-1.20)
	2	10.06±0.35c (9.66-10.44)	0.26±0.02c (0.24-0.29)	0.92±0.2d (0.90-0.95)	0.11±0.07d (0.11-0.12)	1.22±0.13a (1.21-1.24)

C: contenedor. 1: caja, 2: canasta

a: Valores medio de 4 réplicas de 20 fresas cada una ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las columnas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

**Firmeza.** Las fresas sometidas a la vibración presentaron una disminución en su firmeza en todas las frecuencias empleadas. El decremento de la firmeza que se presentó fue del 13.4% para la frecuencia de 12 Hz, de 10.13% para la de 18 Hz, y de 9.5% para la de 8 Hz.

La firmeza está relacionada con la resistencia al daño físico (Gooding, 1976) y mide la resistencia a los daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte

(Buitrago y col., 2004). Esto explica el descenso que presentó esta característica durante la simulación del transporte.

El tipo de contenedor no tuvo una influencia significativa, sin embargo, las fresas contenidas en las canastas mostraron una mayor reducción de la firmeza con relación a las contenidas en las cajas en todas las frecuencias empleadas. Esto se puede apreciar en la figura 70.

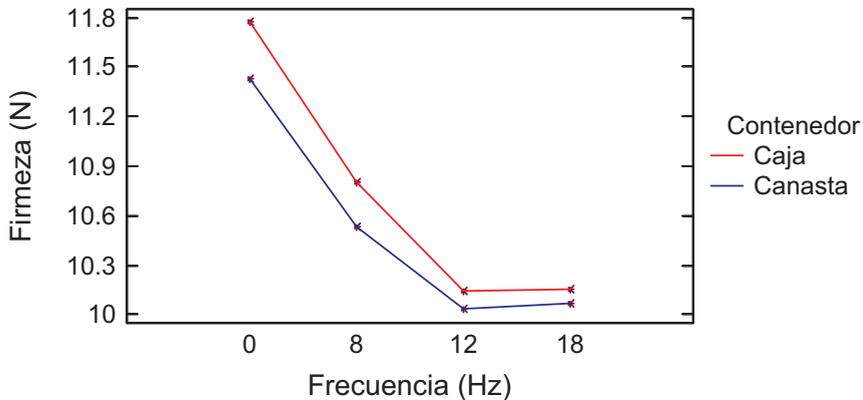


Figura 70. Disminución de la firmeza con la vibración generada por el transporte simulado

**Fuerza de punción.** La fuerza de punción registrada en las fresas sometidas a la vibración también presentó una disminución, indicando una menor resistencia de la piel de las fresas.

**Deformación de punción.** La deformación de punción registrada aumentó ligeramente, lo que significa una pérdida de la turgencia de los tejidos externos de la fresa (Buitrago y col., 2004). La frecuencia que más afectó a estas características mecánicas fue la de 12 Hz lo cual se ilustra en las figuras 71 y 72. El tipo de contenedor no mostró efecto sobre la fuerza de punción y deformación como puede verse en las figuras mencionadas.

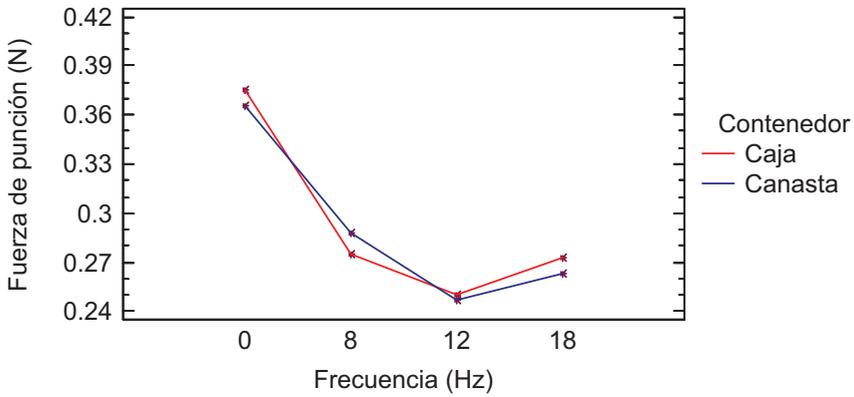


Figura 71. Disminución de la fuerza de punción con la vibración generada por el transporte simulado

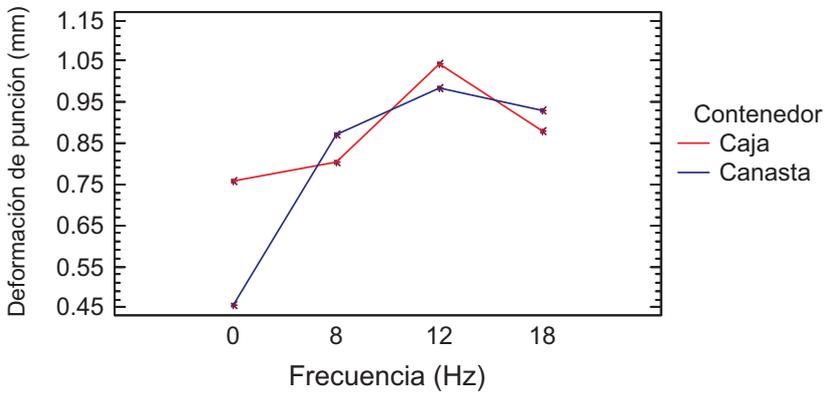


Figura 72. Aumento de la deformación de punción con la vibración generada por el transporte simulado

**Fuerza de penetración.** En la fuerza de penetración se observa una diferencia significativa ( $p=0.05$ ), presentándose una disminución de la fuerza de penetración con la vibración en todas las frecuencias. Esto indica que las fresas presentaron menor resistencia a la penetración, sin

embargo, no se observa una tendencia definida. La fuerza mínima de penetración se obtuvo para la frecuencia de 18 Hz (figura 73).

**Deformación de penetración.** Se presentó una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.05$ ) con relación a la frecuencia, siendo mayor a la frecuencia de 18 Hz.

Con relación al efecto de los contenedores sobre la resistencia a la penetración no hubo diferencia significativa ( $p=0.804$ ) (figura 73), pero en el caso de la deformación si presentó una diferencia significativa ( $p=0.05$ ) observándose una deformación mayor para el caso de la canasta como se ve en la tabla 28 y la figura 74.

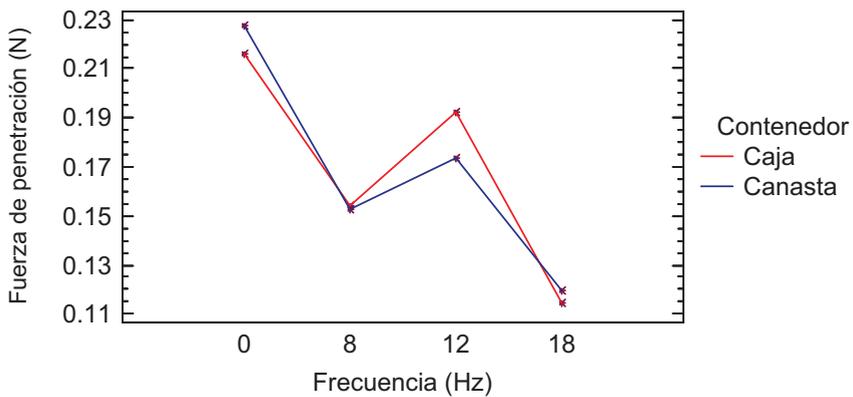


Figura 73. Disminución de la fuerza de penetración con la vibración generada por el transporte simulado

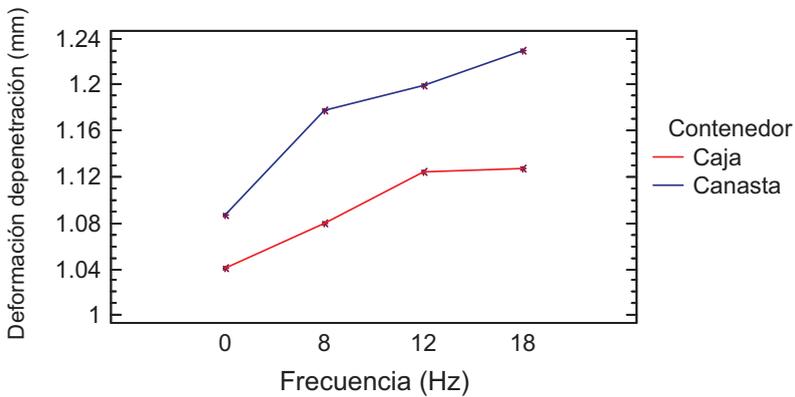


Figura 74. Aumento de la deformación de penetración con la vibración generada por el transporte simulado

#### Características químicas:

La evaluación de las características químicas de las fresas se hizo con el objeto de observar un posible cambio en ellas durante el transporte simulado. Los resultados se muestran en la Tabla 29. Los valores medio se encuentran en los anexos (Tabla 49, pág. 213).

**Sólidos solubles.** Se observaron diferencias significativas en el contenido de los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) de las fresas ( $p=0.033$ ). Se observó una ligera disminución en las fresas sometidas a vibración en cada una de las frecuencias empleadas, presentándose una disminución mayor en la frecuencia de 18 Hz (Figura 76).

**Acidez.** En el caso de la acidez, también se hubo una diferencia significativa ( $p=0.0042$ ) presentándose una disminución en el porcentaje de acidez en las fresas sometidas a la vibración (Figura 77). Esto se explica porque las fresas dañadas presentan un aumento en la velocidad de respiración (Rosen y Kader, 1989, Kader, 1991), lo que hace que disminuyan los sustratos empleados en la respiración, entre ellos los ácidos orgánicos que le imparten la acidez a la fresa, así como los azúcares representados como los sólidos solubles.

**Humedad.** Con la humedad ocurre lo mismo, una ligera disminución en su contenido en cada una de las frecuencias empleadas, aunque solo es de aproximadamente 1% (Figura 77).

Tabla 29. Efecto del transporte simulado sobre las características químicas<sup>1</sup>

Frecuencia (Hz)	C	Acidez (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	Humedad (%)	Ácido Ascórbico (mg/100g)
0	1	0.86±0.025a (0.83-0.89)	9.26±0.30a (8.92-9.66)	91.10±0.64a (90.18-91.6)	48.81±0.28a (48.5-49.1)
	2	0.85±0.03a (0.81-0.89)	9.52±0.095a (9.4-9.6)	92.44±0.54a (91.65-92.85)	48.65±0.95a (47.4-49.7)
8	1	0.78±0.037b (0.73-0.82)	9.15±0.36ab (8.7-9.6)	90.5±1.29a (88.9-91.9)	48.44±0.65b (47.7-49.1)
	2	0.79±0.0062b (0.75-0.89)	9.1±0.25ab (8.8-9.4)	91.35±1.10a (90.0-92.7)	47.76±0.28b (47.5-48.15)
12	1	0.77±0.04b (0.72-0.82)	9.0±0.32b (8.6-9.4)	90.49±1.08a (89.29-92.7)	48.27±0.40ab (47.87-48.7)
	2	0.79±0.04b (0.75-0.84)	9.01±0.28b (8.72-9.3)	91.55±0.79a (90.9-92.62)	48.2±0.34ab (47.9-48.5)
18	1	0.70±0.095b (0.59-0.82)	8.95±0.208b (8.7-9.2)	89.15±1.22b (87.9-90.5)	48.17±0.58b (47.5-48.8)
	2	0.745±0.0.115b (0.62-0.87)	9.1±0.25b (8.8-9.4)	90.26±0.42b (89.81-90.83)	47.87±1.01b (46.7-49.08)

C: contenedor. 1: Caja, 2: Canasta

a: Valores medio de 4 repeticiones de tres réplicas cada uno ± DS y valores mínimo y máximo

Letras diferentes en las columnas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

**Ácido ascórbico.** En el contenido de ácido ascórbico aunque estadísticamente no hay diferencia significativa ( $p=0.107$ ), se observa una ligera disminución en el contenido de éste en las fresas sometidas a la vibración para todas las frecuencias empleadas. Lo mismo podría decirse para el tipo de contenedor ya que en la canasta las fresas sufrieron mayor daño lo cual causa una disminución en el contenido de vitamina C, ver Figura 78.

Estos resultados indican que la mayoría de las características químicas en el ensayo, no mostraron diferencias estadísticamente significativas a diferencia de las características mecánicas, sin embargo, no es despreciable el efecto de la vibración sobre ellas como se muestra en la figura 78 para el caso del ácido ascórbico.

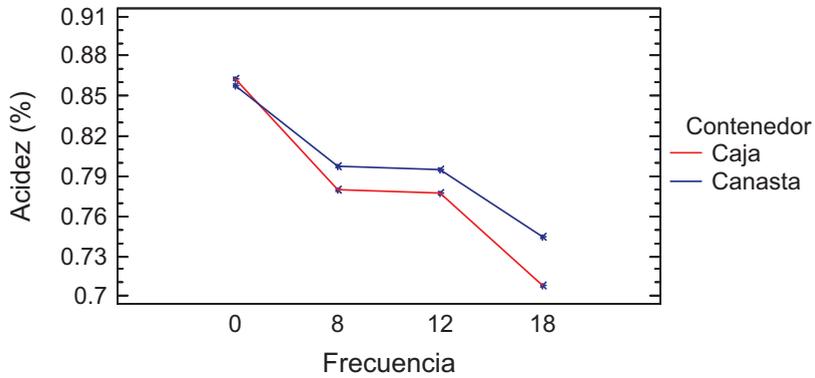


Figura 75. Efecto de la vibración del transporte simulado sobre la acidez

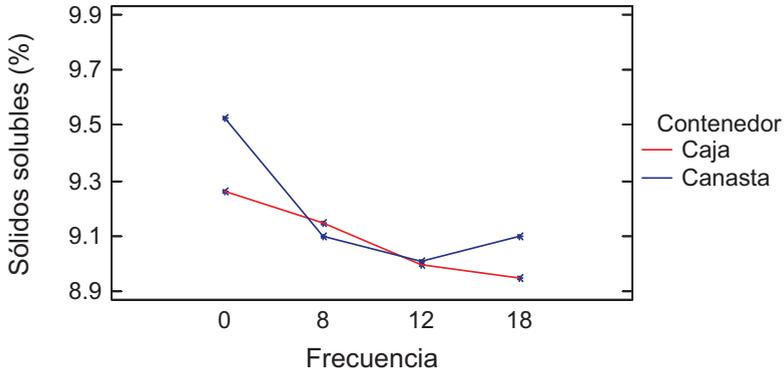


Figura 76. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre el contenido de sólidos solubles

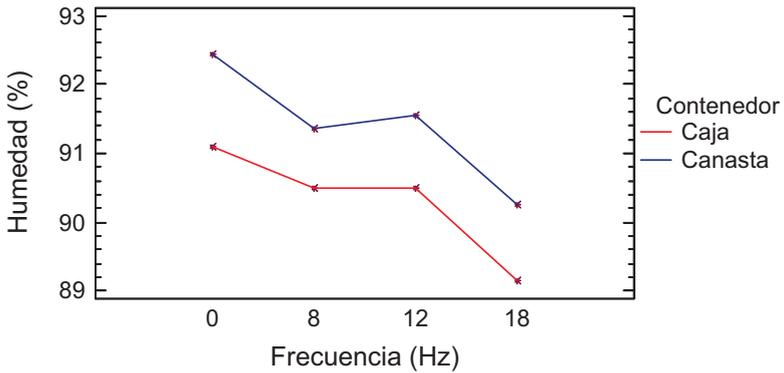


Figura 77. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre la humedad

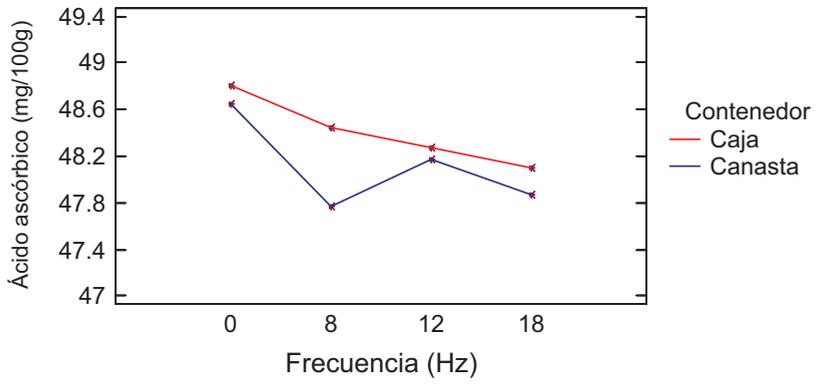


Figura 78. Efecto de la vibración generada por el transporte simulado sobre el contenido de ácido ascórbico

## 5.9. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO EN LA CALIDAD DE LA FRESA VARIEDAD CHANDLER

El almacenamiento tuvo un efecto negativo en la apariencia visual de las fresas, ya que al término de éste, se observaron las fresas marchitas y de un color opaco. Los resultados de la evaluación objetiva de los atributos fisicoquímicos se muestran en la tabla 30 y los valores medio se encuentran en la tabla 50 (anexos, pág. 214).

**Pérdida de peso.** Se registró una pérdida de peso en las fresas, la que se incrementó con el tiempo de almacenamiento, particularmente en las fresas contenidas en las cajas con orificios. Esta pérdida de peso, representa una pérdida de agua (humedad), lo cual tiene un efecto negativo sobre la apariencia de la fruta ya que la fresa se encoge, la epidermis se endurece y la fruta se muestra marchita (figura 79). Después del cuarto día de almacenamiento las fresas contenidas en las cajas con orificios perdieron el 8.21% de su peso, mientras que las fresas contenidas las cajas sin orificios perdieron el 6.5% (figura 80).



Figura 79. Fresas mostrando visiblemente la pérdida de calidad al cuarto día de almacenamiento

**Firmeza.** La firmeza de las fresas disminuyó durante el almacenamiento, observándose un efecto altamente significativo ( $p=0.017$ ). Esta disminución se presentó en las fresas de los dos contenedores conforme fueron transcurriendo los días de almacenamiento. El tipo de empaque tuvo un efecto muy significativo ( $p=0.0002$ ), las fresas contenidas en el empaque con perforaciones

tuvieron valores mayores de firmeza. Este comportamiento se puede observar en forma gráfica en la figura 80.

Tabla 30. Efecto del almacenamiento refrigerado sobre los atributos fisicoquímicos

Caja <sup>a</sup> 1					
Día	Peso (g)	Firmeza <sup>1</sup> (N)	Acidez <sup>2</sup>	Vitamina C <sup>2</sup>	Sólidos Solubles <sup>2</sup>
0	278.9 ±8.57a (269.6-286.5)	11.7 ± 0.33a (10.97-11.56)	0.84 ±0.064a (0.8-0.92)	45.66 ± 3.05a (43-49)	8.46 ± 0.25 b (8.2-8.7)
1	275.2 ±10.5ab (264.5-285.5)	10.60 ±0.59b (9.92-10.97)	0.82 ±0.025ab (0.8-0.85)	44.0 ±2.64a (42-47)	8.73 ±0.057ab (8.7-8.8)
2	270.7 ±13.5ab (257.3-284.4)	10.4 ±0.38bc (10.08-10.83)	0.79 ±0.036bc (0.76-0.83)	40.56 ±2.27b (38.5-43.0)	8.93 ±0.30a (8.6-9.2)
3	268.1 ±13.7bc (255.4-282.6)	10.15 ±0.66bc (9.6-10.89)	0.75 ±0.04cd (0.72-0.81)	39.2 ±2.30bc (36.6-41.0)	9.2 ±0.3a (8.9-9.5)
4	256.18±8.52c (247-263.85)	9.75±0.48c (9.33-10.29)	0.73±0.041d (0.7-0.78)	36.7±0.26c (36.5-37.0)	9.26±0.41a (8.8-9.6)
Caja <sup>a</sup> 2					
Día	Peso (g)	Firmeza (N)	Acidez <sup>2</sup>	Vitamina C <sup>2</sup>	Sólidos Solubles
0	281 ±9.16a (273-291)	11.17 ±0.33a (10.97-11.56)	0.84 ±0.064a (0.8-0.92)	45.66 ±3.05a (43.0-49.0)	8.46 ±0.25b (8.2-8.7)
1	276.58 ±8.6ab (268.5-285.5)	10.08 ±0.69b (9.56-10.87)	0.81 ±0.035ab (0.78-0.85)	43.26 ±1.55a (42-45)	8.63 ±0.20ab (8.4-8.8)
2	272.23 ±6.8ab (265.8-279.4)	9.59 ±0.40bc (9.31-10.06)	0.79 ±0.003bc (0.75-0.82)	41 ±1.7b (40-43)	8.73 ±0.20a (8.5-8.9)
3	269.26 ±8.1bc (261.6-277.8)	9.40 ±0.50bc (9.11-9.99)	0.76 ±0.03cd (0.73-0.8)	38.83 ±1.04bc (38-40)	8.6 ±0.26a (8.4-8.9)
4	263.84 ±7.63c (257.7-272.4)	9.47 ±0.44c (9.13-9.97)	0.73 ±0.05d (0.7-0.8)	37.33±.88c (34.00-39.00)	8.73 ±0.30a (8.4-9.0)

a: 1: caja con perforaciones; 2: caja sin perforaciones...

1: Promedio de 20 fresas.

2: Promedio de 3 replicas con tres repeticiones cada una

Letras diferentes en las filas indican que existe diferencia significativa, según prueba de Fisher (LSD) a un nivel de significancia del 5%.

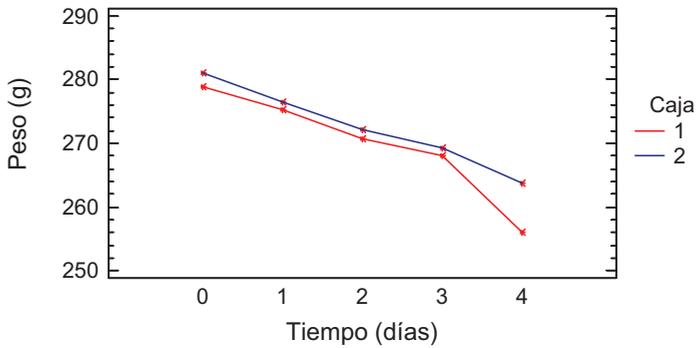


Figura 80. Pérdida de peso de las fresas almacenadas

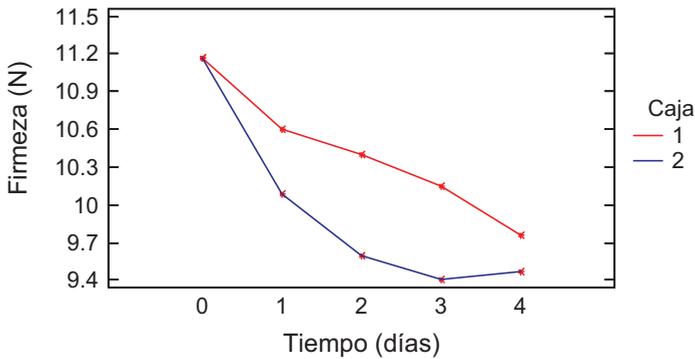


Figura 81. Pérdida de la firmeza de las fresas almacenadas en diferente empaque

**Contenido de ácido ascórbico.** En cuanto al valor nutricional dado por el ácido ascórbico (vitamina C) se observaron pérdidas en el contenido de éste durante el almacenamiento de las fresas en ambas cajas. Registrándose un 19.62% de pérdidas en las fresas contenidas en la cajas con perforaciones y de 18.24% en las fresas contenidas en el empaque sin perforaciones (Figura 82). En un estudio similar realizado por Paraskevopolou y Vasilakakis (1995), durante el almacenamiento

refrigerado de fresas por un período de 4 días y a una temperatura de 3 °C también se registró una disminución en el contenido de ácido ascórbico en las fresas, pasando de 38.70 mg /100 g a 34.20 mg/100 g, lo que representó una pérdida del 11.62%, menos a la encontrada en este estudio.

De acuerdo a Nunes y col. (1998), las pérdidas de ácido ascórbico están relacionadas con la pérdida de agua. Ya que las fresas que han sufrido daño en su tejido o están magulladas, pierden agua y se permite la exposición del ácido ascórbico a la oxidación. También la enzima ascorbato oxidasa normalmente enlazada a las paredes celulares puede liberarse en el tejido dañado o por la pérdida de agua provocando así la oxidación del ácido ascórbico. La sensibilidad de la vitamina C a la temperatura, a la humedad, a la luz, al oxígeno, a la actividad enzimática y a la acidez ya había sido reportada por Hudson y Mazur, (1985). El tejido de la superficie de la fresa se ve más afectado por la pérdida de agua que el tejido interior, por consiguiente la degradación del ácido ascórbico debe ser más acentuada en las fresas contenidas en las cajas perforadas en las cuales se produjo una mayor pérdida de agua.

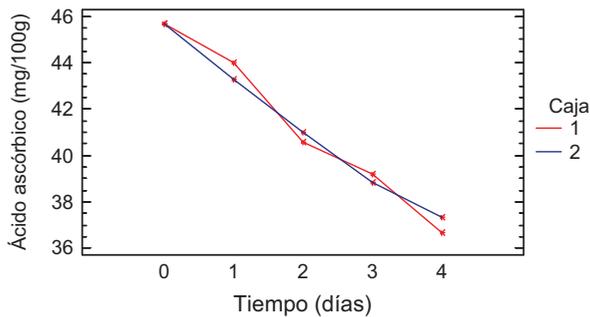


Figura 82. Cambios en el contenido de ácido ascórbico

**Sólidos solubles.** En los sólidos solubles (azúcares) determinados como °Brix, se observó un efecto estadísticamente significativo debido al período de almacenamiento como al tipo de caja

utilizada (Figura 83). En las fresas contenidas en la caja con perforaciones, se observa un aumento de los sólidos solubles. Esto posiblemente debido a que la pérdida de agua provocó que se concentraran los azúcares, la presencia de los orificios parece ser la responsable de dicha pérdida. Esto no coincide con los estudios realizados por García y col. (1998) y por Nunes y col. (2002) en los cuales se presentó una ligera disminución de los sólidos durante el almacenamiento, sin embargo, en un estudio muy reciente se muestra un aumento en los sólidos solubles durante el almacenamiento a 0 °C en fresas de la variedad Chandler empacadas en cajas perforadas de plástico (Koyuncu y Demirel., 2008).

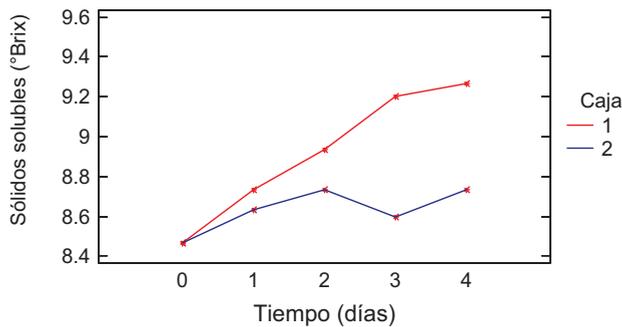


Figura 83. Cambios en el contenido de sólidos solubles

Acidez. El porcentaje de acidez de las fresas mostró una disminución, presentándose una diferencia altamente significativa con relación al período de almacenamiento ( $p=0.0007$ ), el tipo de empaque no tuvo influencia (figura 84).

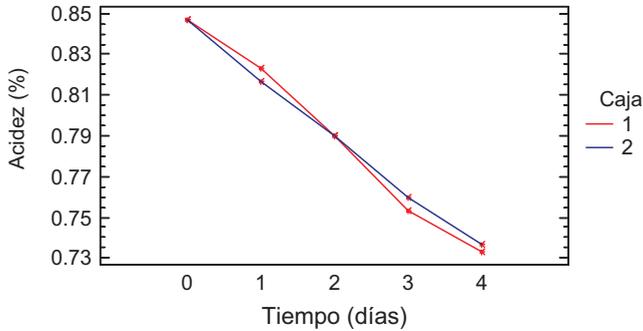


Figura 84. Variación de la acidez de las fresas almacenadas

**Color.** Se observó un cambio en el color de las fresas durante el almacenamiento. Las fresas se mostraron más oscuras lo cual se reflejó en una disminución del parámetro  $L^*$  (Luminosidad) en los dos tipos de contenedor. También se mostraron menos rojas, manifestándose en la disminución del valor del parámetro  $a^*$  (figuras 85 y 86) y se presentó una pérdida de la intensidad del color, lo que se relacionó con una disminución del valor de croma o cromaticidad como se puede apreciar en la figura 86.

Todos los parámetros mostraron diferencias altamente significativas,  $L^*$  ( $p=0.005$ ),  $a^*$  ( $p=0.001$ ),  $b^*$  ( $p=0.018$ ), y croma ( $p=0.001$ ) debidas al periodo de almacenamiento pero no, al tipo de empaque. Estos cambios muy posiblemente se deben a la pérdida de agua, ya que esto hace que la fruta aparezca sobremadura, sin brillo y sin atractivo sensorial, lo cual concuerda con los estudios reportados por Kalt y col. (1993), Sack y Shaw (1994), Miszczak y col. (1995).

Los cambios en los valores de los parámetros de color durante el almacenamiento refrigerado se encuentran resumidos en la tabla 31. Los valores medio se encuentran en los anexos (Tabla 50, pág. 215).

Tabla 31. Efecto del almacenamiento refrigerado sobre el color de la fresa variedad Chandler

Caja 1				
Día	L* <sup>1</sup>	a* <sup>1</sup>	b* <sup>1</sup>	Croma <sup>1</sup>
0	33.80 ±2.25a (32.36-36.41)	33.18 ±1.63ab (31.68-34.92)	18.38 ±3.41ab (16.26-22.32)	37.97 ±3.03bc (35.75-41.44)
1	30.80 ±2.79a (28.31-33.82)	33.44 ±1.49a (32.26-35.13)	18.02 ±3.00a (15.36-21.28)	38.02 ±2.74c (35.73-41.07)
2	30.32 ±3.31ab (27.28-34.07)	32.16 ±1.59ab (30.92-33.96)	17.91 ±2.78ab (16.06-21.12)	36.83 ±2.76bc (34.84-39.99)
3	28.86 ±4.22b (24.65-33.1)	30.6 ±1.91bc (29.39-32.81)	15.48 ±2.37bc (13.37-18.06)	34.30 ±2.75ab (32.28-37.45)
4	26.83 ±3.63b (22.79-29.82)	29.55 ±1.22c (28.52-30.9)	14.59 ±1.16c (13.47-15.79)	32.96 ±1.60a (31.54-34.7)
Caja 2				
Día	L* <sup>1</sup>	a* <sup>1</sup>	b* <sup>1</sup>	Croma <sup>1</sup>
0	33.18 ±1.18a (32.34-34.54)	33.72 ±1.09ab (32.55-34.72)	17.90 ±2.11ab (16.13-20.24)	38.19 ±1.93bc (36.32-40.18)
1	31.18 ±2.42a (29.19-33.91)	34.46 ±1.53a (33.57-36.24)	18.91 ±2.29a (17.01-21.46)	39.32 ±2.42c (37.65-42.11)
2	30.15 ±2.81ab (28.25-33.38)	33.62 ±1.04ab (32.86-34.82)	17.73 ±2.01ab (16.02-19.96)	38.02 ±1.87bc (36.55-40.13)
3	25.23 ±5.13b (20.08-30.35)	31.47 ±2.00bc (29.5-33.51)	16.02 ±2.62bc (13.3-18.54)	35.33 ±2.97ab (32.35-38.29)
4	27.07 ±3.26b (23.73-30.25)	27.49 ±5.31c (21.36-30.89)	14.34 ±1.64c (12.44-15.34)	31.01 ±5.46a (24.71-34.48)

a: 1: caja con perforaciones; 2: caja sin perforaciones.

1: Promedio de 3 replicas con tres repeticiones

Diferentes letras dentro de las columnas indican diferencia significativa a un nivel del 5% en la prueba LSD

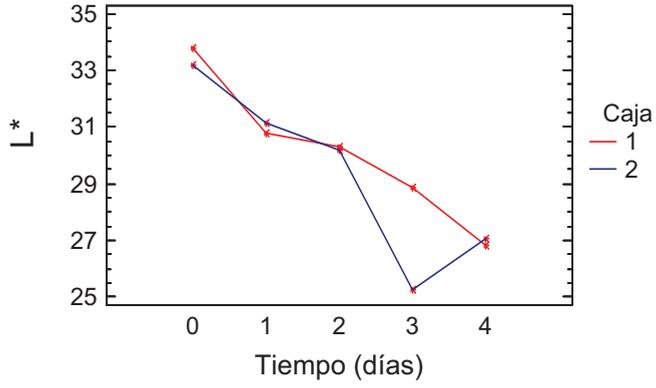


Figura 85. Cambios en los valores de luminosidad

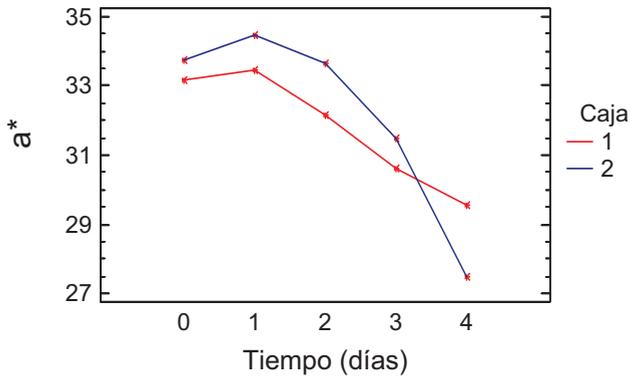


Figura 86. Cambios en los valores de  $a^*$

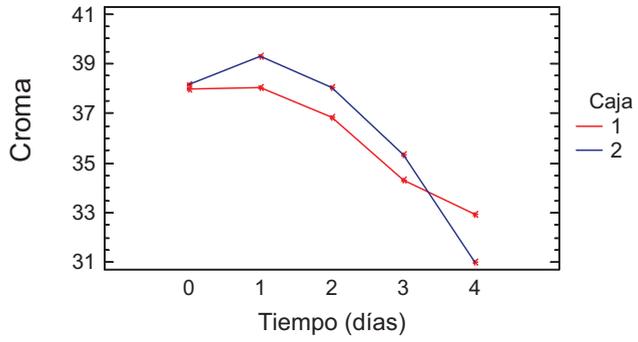


Figura 87. Cambios en los valores de croma





## **CONCLUSIONES**



## 6.1. CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- De acuerdo a los resultados de la caracterización física de las variedades empleadas. La fresa de la variedad Camarosa presentó mejores características de tamaño y firmeza, sin embargo presenta menos uniformidad en tamaño, y menos sabor dado por la relación sólidos solubles /acidez que la variedad Chandler, por lo que para propósitos de procesamiento la Camarosa tiene mayores ventajas. En cambio la Chandler por su color y sabor resulta recomendable para consumo en fresco siempre y cuando su manejo poscosecha sea el adecuado.
- El contenido promedio de ácido ascórbico (vitamina C) encontrado en las fresas estudiadas fue de 58.12 mg/100g para Chandler y 48.16 mg/100g para Camarosa, el cual corresponde a un valor medio dentro del intervalo reportado por Kader (1991), de 26 a 120 mg/100 g de fruta. Por consiguiente, las dos variedades se consideran una buena fuente de vitamina C.
- La etapa de recolección resultó ser una operación crítica por el porcentaje de daño mecánico infringido (7.9%) y por la falta de selección adecuada de las fresas recolectadas, ya que se identificaron porcentajes altos de fresa inmadura y sobremadura, lo que indica el desconocimiento de un índice de madurez adecuado y una excesiva manipulación de la fresa cosechada.
- Por lo anterior se requiere contar con estándares locales para los índices de madurez para las principales variedades cultivadas en la región de Irapuato.
- El estado de maduración de las fresas en el momento de la recolección influyó significativamente en la calidad de las fresas. Las fresas inmaduras no han desarrollado aun los atributos de calidad demandados por el consumidor (color, sabor y textura). Las fresas sobremaduras en cambio, ya los han desarrollado, pero tienen los inconvenientes de presentar un color oscuro y sin brillo, una textura blanda y una susceptibilidad mayor al daño por hongos y al daño mecánico, por lo que su vida de almacenamiento se verá disminuida.

- La temperatura que prevalece en el campo y durante el manejo poscosecha de las fresas es alta, ya que se registraron temperaturas de 32 °C. Esto hace que aumente la velocidad de respiración de la fresa, que se afecte el color de la fruta y se produzca un ablandamiento del tejido. En consecuencia es un factor causante de las pérdidas poscosecha.
- En cada una de las etapas del manejo se registró un daño mecánico, y éste se fue acumulando en cada una de ellas. La pérdida de fresas de la cosecha a la mesa del consumidor fue de 20.54% para la variedad Chandler y de 21.42% para la Camarosa. El 20.52% de las pérdidas ocurrió de la cosecha al comerciante para la Chandler y del 11.99% para la Camarosa.
- El parámetro de calidad más indicativo del daño mecánico fue la firmeza, ya que fue el más afectado. Esto representa un gran defecto ya que la firmeza es uno de los principales parámetros de calidad asociados a la selección de la fruta por el consumidor y para el procesamiento de la misma.
- No obstante que la firmeza fue el parámetro más afectado, es importante remarcar que hay otros parámetros de calidad que sufren cambios y afectan el valor nutricional de la fresa. El contenido de vitamina C inicial (52.56 mg/100g) para la fresa variedad Chandler, disminuyó en un 28.5% en el mercado al menudeo y en un 39.77% en el ámbito del consumidor. La fresa Camarosa tuvo una disminución considerablemente menor, de 5.05% en el mercado al menudeo y de 9.34% a nivel consumidor. Estas fresas presentarán un descenso en el efecto protector contra el daño oxidativo de las células del consumidor. El contenido de sólidos solubles tuvo una reducción del 5.6% en el mercado al menudeo y de 7.06% a nivel consumidor para la fresa de la variedad Chandler. Para la Camarosa la reducción fue 4.89% para el mercado al menudeo y de 8.95% a nivel consumidor, lo que provocará un cambio en el sabor de las fresas. La humedad que representa el peso fresco vendible de la fresa también disminuyó.
- Independientemente de las frecuencias empleadas en la simulación del transporte se presentó un daño por las vibraciones generadas en el transporte simulado. El daño se manifestó por

abrasiones en la piel y por magulladuras, sin embargo el mayor porcentaje de daño fue por abrasión siendo de 10.63%, de 28.4% y de 13.86% para las frecuencias de 8, 12 y 18 Hz respectivamente, mientras que el de compresión fue de 2.85%, 3.7 y 2.97% respectivamente para cada una de las frecuencias empleadas. Este daño es debido al rozamiento de las fresas entre sí durante la vibración lo que afecta considerablemente la apariencia de la fresa y por consiguiente su calidad. También es de considerarse el valor de la frecuencia natural de la fresa (12 Hz) sobre las características mecánicas de la fresa. Ya que a esta frecuencia se presentó una marcada disminución en la firmeza y en la fuerza de punción, así como un aumento en la deformación de punción.

- Las etapas del manejo poscosecha que se efectúan en la mayoría de los casos resultaron ser inadecuadas ya que en cada una de ellas se registraron daños mecánicos.
- La principal causa de las pérdidas poscosecha fue el daño mecánico, lo que coincide con lo obtenido por los estudios realizados por la FAO, siguiendo con la presencia de fruta sobremadura debido al suavizamiento de su piel que la hace más susceptible a los daños, al oscurecimiento del color que la hace lucir opaca y a la pérdida de agua lo que provoca que luzca marchita. Esto como consecuencia de los cambios fisiológicos que ocurren durante el manejo poscosecha en las condiciones desfavorables que se dan (altas temperaturas), lo que afecta la apariencia, el valor nutritivo (contenido de vitamina C), la textura y la pérdida de peso.

#### Evaluación de la calidad en fresas almacenadas bajo refrigeración

- El tiempo de almacenamiento refrigerado recomendado ampliamente a bajas temperaturas (-5 °C a 5°C) de 5 a 7 días no arrojó los resultados esperados, ya que algunos de los atributos de calidad se vieron afectados, debido indudablemente a la falta del enfriamiento de las fresas previo a su almacenamiento.
- La firmeza presentó una disminución, mostrándose las fresas más blandas.
- Las fresas almacenadas mostraron un color oscuro, siendo un indicador útil de este oscurecimiento el parámetro de color L\*.

- El empaque con perforaciones resulto ser mejor que el que carece de ellas. En este empaque las fresas tuvieron una mejor apariencia, retuvieron más de su firmeza, posiblemente a que se evitó la condensación y se favoreció el intercambio gaseoso.

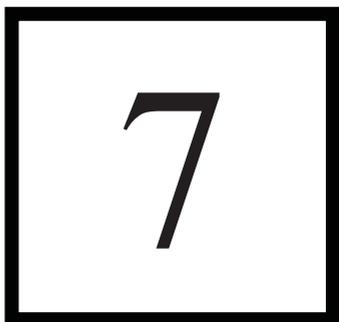
## 6.2. RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones para un adecuado manejo poscosecha de la fresa son las siguientes:

- Si se va a emplear una nueva variedad, realizar una caracterización física, química y fisiológica de la variedad a cultivar. Con el objeto de conocer los índices de madurez y de calidad del producto.
- Recolectar la fresa en las primeras horas de la mañana, una vez que el rocío se ha evaporado.
- Cosechar la fruta antes del medio día para evitar el calor excesivo.
- Seleccionar para la cosecha la fruta que presente un mínimo de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  partes de su superficie de color rojo o rojo naranja dependiendo de la variedad, que sea firme y bien desarrollada. Se recomienda destinar a algunas personas a la recolección exclusiva de la fruta sobre madura para evitar la proliferación de esporas de los hongos en las frutas sanas.
- Al hacer el corte de la fresa, dejar el pedúnculo.
- Seleccionar las fresas con base en su tamaño y color y eliminar las fresas con forma atípica (mal formadas), con daños físicos o por hongos o con pudriciones.
- Seleccionar los días de cosecha de acuerdo a la producción y a la demanda.
- Si no se tiene alguna forma de pre enfriarlas, colocar las fresas en la sombra para eliminar el calor del campo.
- Colocar las fresas en el empaque seleccionado de acuerdo a la comercialización que se vaya a hacer: fruta para exportación, para mercado nacional o para procesamiento, evitando así la manipulación excesiva.
- Almacenar la fruta a baja temperatura, ya que se sabe que el mayor impacto sobre la vida de almacenamiento de las frutas es el control de la temperatura y la humedad relativa.

- Evitar en todo momento el daño mecánico ya que los daños incrementan los cambios fisiológicos como la respiración, lo que trae como consecuencia la pérdida de humedad y de firmeza. Además de que durante la respiración, los azúcares, ácidos y otras sustancias de almacenamiento disminuyen y esto contribuye a la pérdida del valor nutricional y de las reservas, consecuentemente la calidad sensorial se ve afectada.
- Es conveniente capacitar a los productores sobre el adecuado manejo poscosecha de la fresa y proporcionarles información accesible para ello a través de un folleto informativo que se adjunta en los anexos (página 217).





# **BIBLIOGRAFÍA**



Abbott, J.A. y Harker, F.R. 2002. Texture.pdf document  
<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/021texture> pdf. (último acceso Mayo del 2007).

Abbott, Judith A. 1997. What is quality and how can we measure. pdf document. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. November 3-5, San Diego, California. [mbao.org/mbrpro97.html-3](http://mbao.org/mbrpro97.html-3)

Andersen, Oyvind M., Fossen Torgils., Turskangerpoll, Fossen Arve., Hauge Unni. 2004. Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypiranopelargonidin. *Phytochemistry* 65: 405-410.

Anderson, B.A., Sarkar, A, A., Thompson, J.F., Singh, R.P. 2004. Commercial-Scale force-air cooling of packaged strawberries. *Transactions of the ASAE*. Vol 47 (1): 183-190.

Armstrong, P. R., Brown, G.K., Timm, E. J., Schulte, N. L. 1992. Bruising during Truck Transport of Apples in Bulk Bins. ASAE Paper No. 92-6035.

ASAE Standards. 1995. Compression test of food materials of convex shape. ASAE. S368.3MAR95. Standard Engineering Practice Data. Adopted and published by: American Society of Agricultural Engineers.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of the A.O.A.C., 15 th Ed.

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of the A.O.A.C. Method 967.22.

Álvarez Aguirre María Ivonne. 1999. Evaluación de la Vida de Anaquel de la Fresa Variedad Camarosa durante el Almacenamiento Refrigerado. Tesis de Licenciatura Ingeniería en Alimentos. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México.

Avigdori-Avidov, H., 1986. Strawberry. In: Handbook of Fruit Set and Development. S.P. Monselise (Editor). CRC Press, Boca Raton, pp. 419-448.

Azondanlou, Rami., Darbellay, Charly., Luisier, Jean-Lue., Villettaz, Jean-Claude y Amado R. 2004. Changes in flavour and texture during ripening of strawberries. *Eur Food Res Technol* 218:167-172.

Barboza-Cánovas G.V., Juliano P, Peleg M., (2004/Rev.2006). Engineering Properties of Foods in Food Engineering. [Ed. Gustavo V. Barboza-Cánovas], in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), developed under the Auspices of the UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK. [<http://www.eolss.net>]

Barboza Padilla Enrique. 2007. Presidente de la Asociación Regional de Fresicultores A.C. Avenida San Pedro No. 413, Fraccionamiento San Pedro. Irapuato, Gto.

Barchi, G.L., Berardinelli, A., Guarnieri A, Ragni, L., Totaro Fila C. 2002. Damage to loquats by vibration-simulating intra-state transport. *Biosystems Engineering* 82 (3):305-312.

Barnes, Murice F. y Patchett, Brian, J. 1976. Cell wall degrading enzymes and the softening of senescent strawberry fruit. *Journal of Food Science*. Vol. 41: 1392-1395.

Berardinelli, A., Donati, V., Giunchi, A., Guarnieri, Ragni L. 2003. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. *Biosystems Engineering* 86 (4):495-502.

Bourne, M. C. 1966. Measure of shear and compression components of puncture test. *Journal of Food Science* 31. pp. 282-

Bourne, M. C. 1979. Texture of Fruits and Vegetables in Rheology and Texture in Food Quality. Chapter 7. De Man, J.M., P.W. Voisey., V.F. Rasper., D. W. Stanley (Eds). The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. pp. 275-305.

Bourne, M. C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience* Vol 15 (1): 51-57.

Bourne Malcolm. 2002. Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement. Second Edition. Academic Press. Pp: 1-22.

Bower, J.H., Biasi, W.V., Mitcham, E. J. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 28: 417-423.

Buitrago Germán V, López Alonso P, Coronado Alfonso P., Osorno Fernando L. 2004. Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Colombia. *Rev.bras.eng.agric.ambient* (online). Vol 8, No. 1. pp. 102-110  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100015&script=sci_arttext)

Burkhart, Leland. 1943. Firmness of strawberries as measured by a penetrometer. *Plant Physiol.* 18(4).pp. 693-698.

Calvo, C. 1989. Atlas de Color. Fundamentos y Aplicaciones. *Rev. Agroquím. Technol. Aliment.* 29 (1). pp. 15-29.

Calvo, C. 1992. Uso de placas de referencia en la evaluación visual del color. *Rev. Esp. Cienc. y Technol. Aliment.* 32(6):589-602.

Calvo, C. 1997. Comunicación personal. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, CSIC. Burjassot, Valencia, España.

Castro I., Goncalves, O., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. 2002. Comparative study of Selva and Camarosa strawberries for the commercial market. *Journal of Food Science.* Vol. 67 No. 6. pp. 2132-2137.

Ceponis, M.J., Capellini, R. A y Lightner, G. W. 1987. Disorders in sweet cherry and strawberry shipments to the New York Market, 1972-1984. Special Report. *Plant Disease* 71: 472 - 475.

Ceponis, M.J. y Butterfield, J. E. 1973. The nature and extent of retail and consumer losses in apples, oranges, lettuce, peaches, strawberries, and potatoes marketed in greater New York. USDA Marketing Research Report No. 996.

Collins, J.K. y Perkins-Veazie, P. 1993. Postharvest changes in strawberry fruit stored under simulated retail display conditions. *Journal of Food Quality* 16: 133-143.

CONAFRE 2005. Consejo Nacional de la Fresa A.C. La fresa en el estado de Guanajuato. Irapuato. Irapuato, Gto. México. [www.conafreac.com](http://www.conafreac.com)

Cordenunsi, Beatriz, R. Genovese, María I., Oliveira do Nascimento, Aymoto Hassimotto, N.M., José dos Santos, R., Maria Lajolo, F. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry* 91: 113-121.

Cordenunsi, Beatriz, R., Oliveira Do Nascimento, J.R., Genovese, M.I., y Lajolo, Franco, M., 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *J. Agric. Food Chem.* Vol 50, No. 9: 2581-2586.

Costell, E., Fiszman, S. M., Durán, L. 1997. Propiedades Físicas I. Reología de Sólidos y textura. En: *Temas de Tecnología de Alimentos*. Editado por José Miguel Aguilera. CYTED. IPN. México. pp: 242 – 243.

Chesson, J. H. Y O'Brien, M. 1971. Analysis of mechanical vibration of fruit during transportation. *Transactions of the ASAE.* pp. 222 – 224

Crisosto, C.H.; Garnes, D.; Doyle, J. and Day, K. 1993. Relationship between fruit respiration, bruising susceptibility and temperature in sweet cherries. *HortScience* 28(2):132-135.

Daubeny, Hugh.A.1980. Strawberry production trends in Canada. In: *The Strawberry. Cultivars to Marketing*. Norman, F. Childers, Editor. Gainesville, Canada.

DeEil, J.R. 2006. Postharvest handling of strawberries. *Berry Bulletin* for June16, 2006 Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario. Última actualización Mayo 28 de 2008.

<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2006/13hrt06a4.htm>

De Man, J. M. 1979. Reology and Texture in Food Quality. AVI Publishing Company INC. pp. 254 - 553.

Döving, A.; Mage, Finn. 2002. Methods of testing strawberry fruit firmness. *Acta Horticultura Scandinava*. V 52:pp: 43-45

Emerson, L.P. 1981. Mexico's Strawberry Production. En: *The Strawberry Cultivars to Marketing*. N.F. Childers (Ed.). pp. 53-60.

Fabela-Gallegos, M.J., Hernández-Jiménez, J.R., Vázquez-Vega, D., Lozano-Guzmán, A. 2002. Vibración durante el transporte y su efecto en perecederos. Enfoque introductorio. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica No. 188. Sanfandila, Querétaro, México.

FAO. 2000. FAOSTAT Database Gateway. <http://apps.fao.org/lim500/nphwrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SUA&Language=espanol&servlet=1>.

FAOSTAT 2006. Database Gateway 2006.

Fisher, D., Craig, W.L., Watada, A.E., Douglas, W. and Ashby, B.H. 1992. Simulated in-transit vibration damage to packaged fresh market grapes and strawberry. *Engineering in Agriculture*, 8 (3): 363-366.

Forney, C.F., Kalt, W., McDonald, Jane E., Jordan, M.A. 1998. Changes in strawberry fruit quality during ripening on and off the plant. *Acta Horticulturae (ISHS)* 464:506.

Forney, C.F., Kalt, W, y Michael A. Jordan. 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage. *HortScience*, Vol. 35(6): 1022-1026.

García; J.M; Medina, R.J.; Olías J.M. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. *Journal of Food Science*. Volume 63, No. 6: 1037-1041)

Gooding, H.J. 1976. Resistance to mechanical injury and assessment of shelf- life in fruits of strawberry (*fragaria x ananassa*). *Horticultural Research*, UK. 16 (2): 71-82.

González, E. J. M. 1993. Producción y Comercialización de la Fresa en la Región de Irapuato, Gto. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Goulard, B. L. 1995. Postharvest handling of strawberries and raspberries: maintaining quality from the field to the customer. State Horticultural Society. 123 rd Annual Report.

Green, A. 1971. Soft Fruits, Chapter 11. En: The Biochemistry of Fruit and their Products. A.C. Hulme (Ed.). Vol. 2. New York: Academic Press. pp. 375-410.

Gun-Hee, K. y Willis, R. H. 1998. Interaction of enhanced carbon dioxide and reduced ethylene on the storage life of strawberries. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 73 (2): 181-184.

Giörgy, S. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier Science Publisher. Amsterdam, The Netherlands and Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary. 260-283.

Haffner, K. 2002. Postharvest quality and processing of strawberries. Acta Hort. (ISHS) 567:715-722.

Hannum, Sandra M. 2004. Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 44:1-17.

Harvey, J.M. 1978. Reduction of losses in fresh market fruit and vegetables. Annu. Rev. Phytopathol. 16:321-341.

Heintz, C. M. y Kader, A.A. 1983. Procedures for the sensory evaluation of horticultural crops. HortScience 18 (1): 18-22.

Hertog, M.L.A.T.M.; Boerrigter, H.A.M.; Vanden Boogaard, L.M.M.; Tijsskens, L.M.M.; Van Schaik, A.C.R. 1999. Predicting keeping quality of strawberries (cv. "Elsanta") packed under modified atmospheres: an integrated model approach. Postharvest Biology and Technology 15: 1-12

Hinsch, R.T., Slaughter, D.C., Craig, W.L., Thompson, J.F. 1993. Vibration of fresh fruits and vegetables during refrigerated truck transport. Paper No. 26033. An ASAE MEETING PRESENTATION.

Holcroft, Deirdre M, Kader Adel A. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 17:19-32.

Holt, J.E. y Schoorl, D. 1982. Strawberry bruising and energy dissipation. *Journal of texture studies*. 13(3). 349-357.

Hudson, D.E. y Mazur, M.M. 1985. Ascorbic acid, riboflavin and thiamin content of strawberries during postharvest handling. *HortScience* 20(1): 71-73.

IFAS, 2000. Strawberry varieties. Institute of Food and Agricultural Sciences.  
<http://strawberry.ifas.ufl.edu/breeding/varieties.htm-10k>

ISO (1983). Strawberries – Guide to cold storage. International Standard. ISO 6665

Jewell, G.G., Rantsios, A., Schole y J. (1973). Factors influencing the breakdown of fruit in strawberry jam. *Journal of Texture Studies* 4(3): 363-370

Jiang, Y., Shiina, N., Nakamura, and A. Nakahara. 2001. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. *Journal of Food Science*. Vol. 66 No. 9: 1392-1395.

Jiménez-Bermúdez, Silvia, Redondo-Nevado, José., Muñoz-Blanco, Juan., Caballero, José L., López-Aranda, José M., Calpuesta, Victoriano., Pliego-Alfaro, Fernando., Quesada, Miguel A. y Mercado, José A. 2002. Manipulation of strawberry fruit softening by antisense expression of a pectate lyase gene. *Plant Physiology*. Vol. 128: 751-759

Johannesson, L.M., WittHöft, C., Jägerstad, M. 2002. Folate Content in strawberries effects of storage, ripeness and cultivar. *Acta Hort. (ISHS)* 567: 809-812.

Jongen, Wim. M.F. 2000. Food Supply Chains: From Productivity toward Quality. In Fruit and Vegetable Quality. An Integrated View. Edited by Robert L. Shewfelt and Bernard Brückner. Technomic Publishing Company, Inc. USA. pp. 3-19.

Juscafresca, S. B. e Ibar, A. L. 1987. Fresas y fresones. Editorial Aedos. Barcelona, España. pp. 10–16.

Kader, A. A., Kasmire, R.F., Mitchel, F.G., Reid, M.S., Sommer, N. F., Thompson, J.F. 1985. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Special Publication 3311 Coop. Ext. Univ. of Cal. Davis, Division of Agriculture and Natural Resources. Chapter 24: 143-148.

Kader A. A. 1988. Postharvest Biology and Handling of Small (soft) Fruits. Apuntes mimeografiados del Curso Ciencia de los Vegetales (Plant Science 112) de la Universidad de California en Davis. California, Estados Unidos. 10 p.

Kader, A. A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest. Physiology of Strawberry. In: Dale, A., Luby, J.J. (Eds.). The Strawberry Into the 21st Century. Timber Press, Portland, Oregon, USA. pp. 145-152.

Kader, Adel A. 2003. A Perspective on postharvest horticulture (1978-2003). HortScience. Vol 38(5): 1004-1008.

Kader, Adel A. y Rolle Rosa R. 2004. The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. 1.1. Value of horticultural perishables and their post-harvest losses. FAO Agricultural Services Bulletin 152. 65 peg.

[www.fao.org/docrep/007/y5431e/y5431e00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5431e/y5431e00.htm)

Kalt, W., Forney, C.H., Martin, A., & Prior, R. L. 1999.- Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4638-4644.

Kalt, W., Prange, R.K. y Lidster, P.D. 1993. Postharvest Color Development of Strawberries: Influence of Maturity, Temperature and Light. Can. J. Plant Sci. 73: 541-548.

Kamp, J., Pedersen, J. 1990. Quality of imported and domestic fruits and vegetables in the Danish retail trade with special reference to mechanical damages. Bioteknisk Institut. Memorias del Seminario Internacional sobre daños por impacto en frutas y hortalizas. Volumen II. Zaragoza, España. pp. 11 – 16.

Ke, D., El-Sheikh, T., Mateos, M., y Kader, A. A. 1993. Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO<sub>2</sub> y reduced O<sub>2</sub> atmospheres. Acta Horticulturae 343. Postharvest. 92. pp. 93-99.

Koyuncu, M.A.; Demirel Süleyman. 2008. Quality changes of three strawberry cultivars during the cold storage. European Journal of Horticultural Science. Volume 73. Abstract.

Kramer, A. y Twigg, B. A. 1970. Fundamentals of Quality Control for the Food Industry. 2nd Edition. The AVI Pub. Co. Inc. Westport, Conn.

Kucynski, A. P. 1985. Maturity vs puncture force in predicting the varietal differences of strawberry fruits.. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych. Vol. 304. Serial number 304: 131-137. pdf. Document. users.ipan.lublin.pl/~akucynski/EndNot\_akucynski/ak\_ZeszProbl\_1985.pdf (última entrada junio, 2008).

Laleh, G.H., Frydoonfar, H., Heidary., R., Jameei, R. and Zare S. 2006. The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four *Berberies* species. Pakistan Journal of Nutrition 5(1): 90-92.

Lancaster, P:A. y D.G. Coursey. 1984. Basic principles of post-harvest technology of perishable food crop products: and the magnitude of post-harvest losses. In Traditional post-harvest technology of perishable tropical staples. FAO Agricultural Bulletins 59. Rome. [www.fao.org/docreop/x5045E/x5045E04.htm](http://www.fao.org/docreop/x5045E/x5045E04.htm)

Larsen, Mette. y Watkins, Christopher B. 1995. Firmness and aroma composition of strawberries following short-term high carbon dioxide treatments. HortScience 30 (2): 303-305.

Lees, R. 1993. Análisis de los Alimentos. Métodos Analíticos y de Control de Calidad. Editorial Acirbia. pp. 129, 254-256.

Lee, Seungk y Kader, Adel A. 2000. Preharvest and posharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207-220.

Lobato, L.J. 1999. Evaluación de las propiedades físicas de cinco variedades de fresa (Camarosa, Oso grande, Capitola, Carlsbard y Chandler) durante el almacenamiento refrigerado. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato.

Luoto, L. 1984. Strawberry quality: effects of handling, packaging and storage on shelf life. *Acta Horticultrae* 157. *Postharvest Handling Vegetables*. pp. 79-82.

McGuire, Raymond G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, Vol. 27(12):1254-1255.

Maniken, K. K. y Söderling, E. 1980. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol, and xylose in wild berries and commercial fruits. *Journal of Food Science* 45: 367 – 371.

Mann, D. 1997. 5 a day for good health. California Strawberry Commission.  
<http://www.calstrawberry.com/health/body/2.html>.

Marty, I. 2003. The secret of fruit ripening. INRA. France.  
[www.inra.fr/presse/juin02/gb/nb3.htm](http://www.inra.fr/presse/juin02/gb/nb3.htm).

Matuska, Malgorzata, Lenart Andrzej, Lazarides, Harris N. 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering* 72. 85-91.

Mercado Flores Juan. 1998. Estudio de algunos factores que influyen sobre las propiedades físicas que describen las características de la fresa en fresco y modelos estadísticos para su estimación. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Minolta. 1996. *Precise Color Communication*. Color control from feeling to instrumentation. Minolta Co. Ltd. Japan.

Miszczak, A., Forney, C. F. y Prange, R. K. 1995. Development of aroma volatile and color during ripening of "Kent" strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (4): 650-655.

Mitcham, E.J., Crisosto, C.H. y Kader, A. A. 1998. Strawberry recommendations for maintaining postharvest quality. *Strawberry Produce Facts*  
<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/Strawberry.html>

Mitcham, Elizabeth, J. 2004. Strawberry. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*. USDA ARS Agriculture Handbook Number66.  
<http://usna.usda.gov/hb66/12k>

Mitcham, Beth. Quality assurance for strawberries: A case Study. 2000. *Perishable Handling Newsletter Issue No. 85*. Pp: 6-8  
<http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-113.pdf>

Mitcham, B., Cantwell, M. y Kader, A. 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishables Handling Newsletter Issue No. 85*. Pp: 1-5.  
<http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-49.pdf>  
Última actualización 16/03/03

Mitcham, E. J., y F.G. Mitchell. 2002. Strawberries and cranberries. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 364-370. A.A. Kader, ed. Publication No. 3311. Oakland, Cal. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.

Mitchell, F.G. 1985. Postharvest Handling Systems: Temperate Fruits. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University Calif. Spec. Pub. 3311, DARN, Okland, CA. pp. 143-148.

Montero, T. M., Mollá, E. M., Esteban, R. M., López-Andreu, F. J. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65: 239-250.

Moshenin, Nuri N. 1977. Characterization and failure in solid foods with particular reference to fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 8: 169-193.

Nonnecke, G. R. y Gladon, R. J. 1998. Controlling temperature and humidity improves shelf life.

<http://www.exnet.iastate.edu/Pages/plantpath/ipm-aug95.html>

NOM. 2002. Norma oficial mexicana NMX-FF-062-SCFI. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruta fresca fresa (fragaria x ananassa, Duch). Especificaciones y método de prueba.

Nunes, M. C. N., Brecht, Jeffrey K., Morais, A. M. M. B., Sargent, Steven A. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol 86, No. 2:180-190.

Nunes M. Cecilia, Brecht, Jeffrey, Morais, M.M.B. y Sargent Steve 2005. Possible influences of water loss and poliphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry (cv.oso grande) during storage at 1 °C. *Journal of Food Science*. Vol. 70, NO. 1:79-84.

Nunes, M.C.N.; Morais, M.M.B.; Brecht J.K y Sargent, S.A. 2002. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 127(5):836-842.

Nunes, M.C.N., Brecht, J. K. Morais, A.M.M.B., and Sargent, S.A. 1998. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *Journal of Food Science.*, Vol.63, No. 6: 1033-1036.

Nunes, M. C. N., Brecht, J. K., Morais, A. M. M. B., Sargent, S. A. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*, 6: 17-28.

O'Brien, M., Claypool, L.L. y Leonard, S. J. 1963. Effect of mechanical vibrations on fruit damage during transportation. With special reference to cling peaches. *Food Technology* – December. pp. 106-109.

O'Brien, M., Gentry, J.P. y Gibson, R. C. 1965. Vibrating characteristics of fruits as related to in transit Injury. Transactions of the ASAE 12(4): 452-455.

O'Brien, Michael. y Guillou, R. 1969. An In transit vibrations simulator for fruit-handling studies. Transactions of the ASAE 19(1):30 - 34.

O'Brien, M., Pearl, R.C., Vilas, E.P., Dreisbach, R. L. 1969. The magnitude and effect of in transit vibration damage of fruits and vegetables on processing quality and yield. Transactions of the ASAE 12(4):452-455.

Oregon strawberry guide 1998. Oregon Strawberry Commission Product development guide. Strawberry composition amount per 100 grams.

[www.oregon-strawberries.org/sx8/oscpdg.pdf](http://www.oregon-strawberries.org/sx8/oscpdg.pdf)

Ourecky D. K. y Bourne, M.C. 1968. Measurement of strawberry texture with an Instron Machine. Proceedings American Society for Horticultural Sc. Vol. 93: 317-325.

Panhwar, Farzana, 2006. Post harvest technology of fruits and vegetables. Eco Services International.

<http://www.eco-web.com/editorial/060529.html>

Paraskevopoulou-Paroussi, G., Vassilakakis, M y Dogras, C. 1995. Effects of temperature, duration of cold storage and packaging on postharvest quality of strawberry fruit. Acta Horticulturae 379, Quality of fruit and vegetables. Pre and post harvest factors and technology. 337-344.

Pedrero, F.D. y Pangborn, R. M. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Ed. Alhambra Mexicana. México. pp. 87-102.

Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. Chapter 18: Mechanical Injury in Processing Storage and Distribution. AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut. pp. 557-587.

Pérez, A. G., J. J. Ríos, Sanz, C. y Ollas, J. M. 1992. Aroma components and free aminoacids in the strawberry variety chandler during ripening. J.Agr. Food. Chem. 40: 2232-2235.

Pérez de Camacaro, M., Jiménez, A., Terán, Y. y Calderón, L. 2005. Physical and chemical quality of strawberry fruits from three years old cultivation at high altitude. *Acta Hort. (ISHS)* 682:763-766.

Perkins-Veazie, P. 1991. Clues in the Mystery of Strawberry Fruit Ripening. In *The Strawberry into the 21st Century. Proceedings of the Third North American Strawberry Conference*. Edited by Adam Dale and James J. Luby. Timber Press Inc., Portland Oregon, U.S.A. 172-173

Perkins-Veazie, P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Hort. Rev.* 17: 267-297  
<http://www.nal.usda.gov/ttic/tecktran/data/000005/07/0000050774.html>

Quian, Michael., Finn, Chad., Schroeder, Jan-Marie. 2005. Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic condition. Progress report FY 2004-2005, Oregon Strawberry Commission. Documento pdf.  
[www.oregon-strawberries.org/sx7/Qian-Objective-Flavor-Comparison-of-Oregon-Strawberries.pdf](http://www.oregon-strawberries.org/sx7/Qian-Objective-Flavor-Comparison-of-Oregon-Strawberries.pdf)

Raloff, Janet. 2003. As if you needed another reason to eat Strawberries. *Science News Online*.  
[www.sciencenews.org/articles/20031025/food.asp](http://www.sciencenews.org/articles/20031025/food.asp)

Redondo-Nevado, J., Moyano, E., Medina-Escobar, N., Caballero, J.L. y Muñoz-Blanco, J. 2001. A fruit-specific and developmentally regulated endopolygalacturonase gene from strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler). *Journal of Experimental Botany*, Vol 52, No. 362: 1941-1945.

Reyes, S.L.C. 1994. Análisis y Determinación de Daño Mecánico infringido en Fresa (*Fragaria* spp) durante su Procesamiento previo a la Congelación. Tesis de Licenciatura. C.I.E.I.A.A. Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto. México.

Rivera A. y Tong, C. 1998. Commercial Postharvest handling of Strawberries (*Fragaria* spp).  
<http://www.extension.umn.edu/Documents/D/G/DG6237.html>

Rosen, J.C. y Kader, A.A. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.* 54 (3): 656-659.

Sacks, E. J. y Shaw, D. V. 1994. Optimum allocation of objective color measurements for evaluating fresh strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (2): 330-334.

SAGARPA 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.  
[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)

Schwab, Wilfried y Raab Thomas. 2004. Developmental Changes during Strawberry Fruit Ripening and Physico-Chemical Changes during Postharvest Storage in: *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Vol. 3, Quality Handling and Evaluation.* R. Dris and S.M. Jain (eds.). Kluwer Academic Publisher. Printed in the Netherlands. Pp. 341-369.

Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. SIAP. 2002.  
[www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).

Shamaila, M., Powrie, W.D., y Skura, B. J. 1992 (a). Sensory evaluation of strawberry fruit under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis *J. Food Sci.* 57 (5): 1168-1172.

Shamaila, M., Bauman, T. E., Eaton, G. W., Powrie, W. D. Y Skura, B. J. 1992 (b). Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. *J. Food Sci.* 57(3) : 696-699.

SIACON. Sistema de información Agropecuaria de Consulta. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola por cultivo. Última actualización: 27 e Julio de 2005.

[http://w3.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap\\_apb/](http://w3.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap_apb/)

Singh, Harmit. 2005. Strawberry Processing Techniques: Freezing and Freeze Drying.  
[www.calstatela.edu/faculty/hsingh2/NTRS%20519%20topics/Strawberries%20by%20Christina.pdf](http://www.calstatela.edu/faculty/hsingh2/NTRS%20519%20topics/Strawberries%20by%20Christina.pdf)

Slaugther, D.C., O'Brien, P. y Chen, P. 1983. Grading strawberries for processing engineering section. Transaction of the ASAE. 26 (6):1866-1869.

Slaughter, D.C., R.T. Hinsch and J.F. Thompson. 1993. Assessment of vibration injury to Barlett pears. Trans. ASAE 36(4):1043-1047.

Smith, R. B. Y Skog, L. J. 1992. Postharvest dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. HortScience 27 (5): 420-421.

Sommer, N. F., Fortlage, R. J., Mitchell, F. G. Y Maxie, E. C. 1973. Reduction of postharvest losses of strawberry fruit from grey mold. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 98 (3): 285-288.

Stable Microsystems Ltd. 1993. TA.XT2. Manual de operación. Ver 5.13. Stable Microsystems England. pp. 29 y 32.

Strawberry.ifas.ufl.edu.2000. Strawberries varieties.  
[http:// strawberry.ifas.ufl.edu/breeding/varieties.htm](http://strawberry.ifas.ufl.edu/breeding/varieties.htm)

Szczesniak, A. 1963. Classification of Textural Characteristics. J. Food. Sci. 28: 385-389.

Szczesniak, A.S. y Smith, B.J. 1969. Observations on Strawberry Texture, a three-pronged approach. J. Texture Studies. 1: 65-89.

Takeda, F., Janisiewicz, W. J. 1991. Extending strawberry fruit shelf life with pyrrolnitrina. En: The Strawberry into the 21st Century. Proceedings of the Third North American Strawberry Conference, Houston, Texas. pp. 174-176.

Talbot, Michael, T. y Chau, Khe, V. 1998: Precooling Strawberries. CIR942. Florida Cooperative Extensión Service. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>. Última actualización Julio del 2002.

Tamaro, D. 1981. Manual de Horticultura. Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España. pp. 337-340.

Thompson, A. K. 1996. Harvest Maturity and Methods (Chapter 2 and Postharvest Treatments (Chapter 4). En: Postharvest Technology of Fruits and Vegetables. Blackwell Science Ltd. Gran Bretaña. pp. 35-37, 95.

Tsao, R., Yang., Socknovie, E., Zhou, T., Dale A. 2003. Antioxidant phytochemicals in cultivated and wild Canadian strawberries. ISHS Acta Horticulturae 626. XXVI International Horticultural Congress: Berry Crop Breeding, Production and Utilization for a New Century.

Tudela, J.A., Villaescusa, R., Artés-Hernández., F. y Artés, F. 2003. High carbon dioxide during cold storage for keeping strawberry quality. ISHS Acta Horticulturae 600:201-204.

USDA. 2005. Foreign Agricultural Service. Global Agriculture Information Network. Gain Report No. SP5036. [www.fas.usda.gov/gainfiles/200510/1461311237.pdf](http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200510/1461311237.pdf)

Valenciano, G. J. M. 1990. Estima de las pérdidas de calidad en frutas y hortalizas en las centrales hortofrutícolas, con especial énfasis a los daños mecánicos. MERCOS, S.A. Memorias del Seminario Internacional sobre daños por impacto en frutas y hortalizas. Volumen II. Zaragoza, España. pp.17-21 EPS.

Vendrell Miguel. 1999. Mejora de la calidad de fruta y de la vida útil con la manipulación de la textura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Biología Molecular de Barcelona. E-mail: [mvmagr@cid.csic.es](mailto:mvmagr@cid.csic.es)

Vergano, P.J. Testin, R.F., Newall, W.C.Jr. 1991. Peach bruising: susceptibility to impact, vibration, and compression abuse. American Society of Agricultural Engineers. Transactions of the ASAE Vol. 34(5):2110-2116.

Vicente, Ariel R., Martínez, Gustavo A., Civello Pedro M., Chaves, Alicia R. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. Postharvest Biology and Technology 25: 59-71.

Voca, Sandra., Duralija, Boris., Druzic, Jazmina., Skendrovic, Martina., Dobricevic, Nadica., Cmelik, Zlatko. 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry

fruits cv Elsanta. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 71.No. 4. 171-174.

Voisey, P.W. 1976. Instrumental measurements of food texture. In *Rheology and Texture in Food Quality*. Ed. J.M de Man., P.W. Voisey., V.F. Rasper, and D.W. Stanley. Westport, CT: AVI Publishing Co. pp:79-141.

Vursabus Kubilay y Ozguven Faruk. 2004. Determining the effects of vibration parameters and packaging method on mechanical damage in golden delicious apples. *Turkish J Agric and Forestry*. 28: 311-320.

Wang, Hong, Cao, Guohua y Prior, Ronald L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chemistry*. 44: 701-705.

Watson, R., Wright, C. J., McBurney, T., Taylor, A.J. y Linforth, R.S.T. 2002. *Journal of Experimental Botany*. Vol 53. No. 377, Fruit Development and Ripening Special Issue: 2121-2129.

Wills, R. B. H. Y Kim, G. H. 1995. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 6 (3): 249-255.

Woodward, J. R. y Topping, A. J. 1972. The influence of controlled atmospheres on the respiration rates and storage behaviour of strawberry fruits. *J. Hort. Sci*. 47: 547-553.

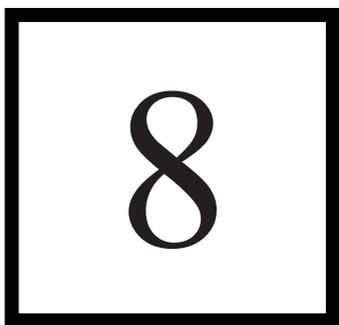
Wrolstad, R. E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Oregon State University. Agr. Expt. Sta. Bul 626.

Wright, W. R. y Billeter, B.A. 1975. Marketing losses of selected fruits and vegetables at wholesale, retail and consumer levels in the Chicago area. USDA Marketing. Research Report. No. 1017.

Wright, K. P. y Kader, A.A. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 10: 39-48.

Yan Liu, Jiao y Kojima Takayuki. 1997. Effects of vibration and storage temperatures on quality of strawberries. Abstract. J. of Soc. of Agri. Struc. Japan. Vol 28. No. 3:135-142.





**ANEXOS**



## **8.1 INSTRUCCIONES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRESA.**

ANTES DE QUE EL JUEZ COMIENZE UNA DEGUSTACION SE RECOMIENDA QUE SE ENJUAGUE LA BOCA CON AGUA DESTILADA.

1. Determine el color de la fresa de acuerdo a su apariencia y coloque una línea vertical sobre la escala de color indicando la intensidad del atributo de calidad.
2. Tome la misma fresa por el cáliz y colóquela por la parte media de ella entre los dientes, muérdala, mástiquela y tráguela.
  - a) Determine el grado de firmeza al presionarla con los dientes.
  - b) Degústela y determine:
    - SABOR Y OLOR.
    - ACIDEZ.
    - DULZURA.
    - JUGOSIDAD.

COLOQUE UNA LINEA VERTICAL SOBRE LA ESCALA CORRESPONDIENTE DEL ATRIBUTO INDICANDO LA INTENSIDAD DEL MISMO.

---

## 8.2. HOJA DE RESPUESTAS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA FRESA.

MUESTRA

NO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

### 1.- ESCALA DE COLOR

VERDE \_\_\_\_\_ ROJO INTENSO

### 2.- ESCALA DE FIRMEZA

BLANDA \_\_\_\_\_ EXTREMADAMENTE BLANDA

### 3.- ESCALA DE SABOR Y OLOR

SIN SABOR \_\_\_\_\_ SABOR EXTREMADAMENTE INTENSO

### 4.- ESCALA DE ACIDEZ

NO ACIDA \_\_\_\_\_ EXTREMADAMENTE ACIDA

### 5.- ESCALA DE DULZURA

NO DULCE \_\_\_\_\_ EXTREMADAMENTE DULCE

### 6.- ESCALA DE JUGOSIDAD

EXTREMADAMENTE SECA \_\_\_\_\_ EXTREMADAMENTE JUGOSA

### 8.3. VALORES MEDIO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS.

Tabla 32. Valores medio de la caracterización mecánica<sup>a</sup>  
variedad Chandler

Ensayo	Fuerza de punción (N)	Def. de punción (mm)	Fuerza de penetración (N)	Def. de penetración (mm)
1	0.359	0.846	0.199	1.369
2	0.361	0.829	0.202	1.139
3	0.305	0.748	0.261	1.599
4	0.325	0.695	0.245	1.572
5	0.388	0.799	0.260	1.068
Media	0.347	0.783	0.233	1.349

Ensayo	Firmeza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Adhesividad
1	9.66	0.899	0.211	0.055
2	9.34	0.780	0.183	0.030
3	10.78	0.674	0.155	0.047
4	10.50	0.746	0.203	0.045
5	9.40	0.548	0.135	0.050
Media	9.93	0.729	0.177	0.034

a: valores promedio de 20 determinaciones.

Tabla 33. Valores medio de la caracterización mecánica<sup>a</sup>  
variedad Camarosa

Ensayo	Fuerza de punción (N)	Def. de punción (mm)	Fuerza de penetración (N)	Def. de penetración (mm)
1	0.6033	1.57	0.54	1.54
2	0.527	1.72	0.36	1.368
3	0.566	1.516	0.365	1.093
Media	0.565	1.602	0.422	1.333

Ensayo	Firmeza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Adhesividad
1	21.062	0.685	0.190	-0.372
2	21.605	0.699	0.1957	-0.327
3	14.32	0.698	0.200	-0.198
Media	18.99	0.694	0.195	-0.299

a: valores promedio de 20 determinaciones.

Tabla 34. Valores medio de la caracterización química variedad Chandler

Cosecha	Humedad <sup>a</sup> (%)	Sólidos Totales <sup>a</sup> (%)	Sólidos Solubles <sup>a</sup> (°Brix)	Acidez <sup>a</sup> (%)	Relación SST/acidez	Vitamina C <sup>a</sup> (mg/100g)	pH <sup>a</sup>
1	91.05	8.95	9.8	0.94	10.42	60.5	3.39
2	91.04	8.96	8.7	0.85	10.23	61.3	3.45
3	90.88	9.12	8.9	0.75	11.86	47.5	3.51
4	90.76	9.24	9.1	0.97	9.38	49.0	3.28
5	91.13	8.87	8.6	0.86	10	71.5	3.35

a: Media de 3 determinaciones

Tabla 35. Valores medio de la caracterización química variedad Camarosa

Cosecha	Humedad <sup>a</sup> (%)	Sólidos Totales <sup>a</sup> (%)	Sólidos Solubles <sup>a</sup> (°Brix)	Acidez <sup>a</sup> (%)	Relación SST/acidez	Vitamina C <sup>a</sup> (mg/100g)	pH <sup>a</sup>
1	90.1	9.9	10.2	0.996	10.24	47.01	3.36
2	88.7	11.3	9.16	1.043	8.78	45.64	3.18
3	89.5	10.5	9.43	1.1	8.57	51.84	3.33

a: Media de 3 determinaciones

Tabla 36. Porcentaje de daños y defectos registrados durante el manejo poscosecha de fresas variedad Chandler en tres periodos

Tipo de daño o defecto	Etapa del manejo (%)								
	Recolección			Mercado			Consumidor		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Hongos	0.5	2.0	0.89	1.22	3.72	2.59	0.3	0.1	0
Daño por insectos	0.4	1.0	0	0.4	0.8	0.54	0	0.4	0
Forma Atípica	0.7	2.5	1.42	1.5	2.8	1.94	1.49	2.66	1.79
Daño Físico	6.2	9.5	7.16	17.68	23.36	20.56	19.9	22.5	21.86
Enlodada	0.	1.0	0.2	0	0	0	0	0	0
Sobre madura	2.2	5.5	2.32	7.86	12.18	7.65	8.5	15.0	10.22
Inmadura	4.75	7.7	5.28	2.15	6.23	5.03	3.5	11.0	6.56
Maduración irregular	0.7	1.0	0.82	0	0.8	0.67	0	0.5	0.28
Madura (aceptable)	84.55	69.8	81.91	69.19	50.11	60.77	66.31	47.84	59.29

Tabla 37. Porcentaje de daños y defectos registrados durante el manejo poscosecha de fresas variedad Camarosa en tres periodos

Tipo de daño o defecto	Etapa del manejo (%)								
	Recolección			Mercado			Consumidor		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Hongos			1.96		1.36	2.44			9.12
Daño por insectos	0.69	1.19	2.23	0.59	2.56	0.88	0.65		
Forma Atípica	5.46	0.76	11.9	3.80	8.70	5.86	6.28	4.22	
Daño Físico	1.50	2.00	7.87	4.92	7.95	12.83	12.48	11.27	12.23
Enlodada			1.03						
Sobre madura	11.56	14.06	1.26	18.67	7.93	19.86	9.16	20.1	18.54
Inmadura	22.94	21.34	18.63	15.73	15.59	2.70	12.63	10.53	10.91
Maduración irregular	2.47	1.98	2.89	8.12	2.38	2.50	5.50	1.36	
Madura (aceptable)	55.36	58.67	52.23	48.16	53.53	52.90	53.30	52.52	49.25

1, 2 y 3. Periodos del manejo

Tabla 38. Valores medio de los tamaños encontrados en los tres periodos de cosecha de fresa de la variedad Chandler

Periodo de cosecha	Intervalo promedio del diámetro ecuatorial			
	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño
	A	B	C	D
	>3.2	2.6-3.2	2.0-2.5	1.0-1.9
1	3.26 (3.24-3.27)	2.74 (2.71-2.80)	2.2 (2.0-2.1)	1.26 (1.0-1.5)
2	3.25 (3.25-3.26)	2.76 (2.75-2.77)	2.23 (2.0-2.4)	1.8 (1.7-1.9)
3	3.23 (3.22-3.26)	2.77 (2.72-2.87)	2.3 (2.2-2.4)	1.7 (1.6-1.8)

Tabla 39. Valores medio de los tamaños encontrados en los tres periodos de cosecha de fresa de la variedad Camarosa

Periodo de cosecha	Intervalo promedio del diámetro ecuatorial			
	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño
	A	B	C	D
	>3.2	2.6-3.2	2.0-2.5	1.0-1.9
1	3.43 (3.21-4.08)	2.88 (2.6-3.2)	2.43 (2.14-2.57)	-
2	3.47 (3.27-4.07)	2.90 (2.61-3.18)	2.42 (2.19-2.59)	-
3	-	2.83 (2.61-3.42)	2.34 (2.03-2.58)	1.88 (1.71-1.98)

Tabla 40. Valores medio de los atributos químicos durante el manejo poscosecha de las fresas variedad Chandler

Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez			
(% de ácido cítrico)	0.933	0.754	0.813
Vitamina C	48.98	36.12	30.44
(mg/100g)			
Sólidos Solubles (°Brix)	8.8	8.86	8.46
Antocianinas	32.22	35.21	36.8
(mg/100g)			
pH	3.58	3.36	3.36
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez	0.983	0.796	0.66
(% de ácido cítrico)			
Vitamina C	60.98	38.15	32.09
(mg/100g)			
Sólidos Solubles (°Brix)	9.5	8.7	8.23
Antocianinas	33.5	34.7	37.4
(mg/100g)			
pH	3.5	3.2	3.2
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez	0.989	1.026	0.86
(% de ácido cítrico)			
Vitamina C	47.44	39.19	32.46
(mg/100g)			
Sólidos Solubles (°Brix)	9.3	8.5	8.96
Antocianinas	31.5	36.8	36.5
(mg/100g)			
pH	3.36	3.26	3.26

Tabla 41. Valores medio de los atributos químicos durante el manejo poscosecha de las fresas variedad Camarosa

Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez (% de ácido cítrico)	0.996	1.093	1.013
Vitamina C (mg/100g)	47.01	44.75	43.54
Sólidos Solubles (°Brix)	10.2	9.6	9.1
Antocianinas (mg/100g)	23.32	26.22	28.53
pH	3.36	3.23	3.33
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez (% de ácido cítrico)	1.043	1.086	1.083
Vitamina C (mg/100g)	45.64	48.90	41.98
Sólidos Solubles (°Brix)	9.16	8.83	8.73
Antocianinas (mg/100g)	26.00	21.91	30.74
pH	3.18	3.3	3.4
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
Acidez (% de ácido cítrico)	1.18	1.15	1.07
Vitamina C (mg/100g)	51.84	43.55	45.46
Sólidos Solubles (°Brix)	9.43	8.96	8.33
Antocianinas (mg/100g)	23.52	26.22	29.70
pH	3.33	3.36	3.26

Tabla 42. Valores medio de los atributos físicos durante el manejo poscosecha de las fresas variedad Chandler y Camarosa

Chandler			
Primer periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	32.78	27.96	23.09
a*	28.99	27.41	25.68
b*	29.04	28.2	21.51
Firmeza (N)	9.67	7.91	7.6
Segundo periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	31.67	27.19	24.65
a*	27.88	26.79	21.52
b*	27.47	24.92	22.61
Firmeza (N)	10.03	7.84	7.5
Tercer periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	29.76	29.72	27.28
a*	33.65	25.68	21.34
b*	28.96	27.68	21.33
Firmeza (N)	9.27	7.66	6.7
Camarosa			
Primer periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	33.25	31.79	29.34
a*	27.65	27.032	27.132
b*	18.12	18.013	17.46
Firmeza (N)	21.062	19.66	12.86
Segundo periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	30.17	29.28	26.33
a*	23.55	22.45	20.99
b*	14.58	12.88	12.57
Firmeza (N)	21.60	15.93	10.80
Tercer periodo			
Atributo	Condición		
	Campo	Mercado	Consumidor
L*	29.98	30.24	29.14
a*	25.43	30.16	26.01
b*	21.60	13.52	13.75
Firmeza (N)	14.32	13.58	11.79

Tabla 43. Valores medio de la evaluación sensorial<sup>a</sup>  
de las fresas de la variedad Chandler

Cosecha	Condición	Firmeza	Dulzura	Acidez	Color	Sabor/ Olor
1	1	7.8	8.0	6.6	8.0	7.5
2	1	8.0	7.0	7.5	8.5	8.0
3	1	7.5	8.0	7.0	7.5	7.5
1	2	5.5	7.0	6.0	8.5	7.0
2	2	5.0	7.0	7.0	8.5	7.5
3	2	6.0	8.0	6.0	8.0	8.0
1	3	4.5	7.0	6.0	8.5	7.5
2	3	5.0	8.0	6.0	9.0	7.0
3	3	6.5	7.5	7.0	8.5	7.5

a:Media de 10 panelistas

Tabla 44. Valores medio de la evaluación sensorial<sup>a</sup>  
de las fresas de la variedad Camarosa

Cosecha	Condición	Firmeza	Dulzura	Acidez	Color	Sabor/ Olor
1	1	7.7	6.1	6.5	8.2	7.0
2	1	7.9	8.0	7.5	7.0	7.0
3	1	7.0	8.0	8.0	7.5	7.5
1	2	6.1	5.3	6.0	8.15	6.2
2	2	6.0	6.0	6.6	8.0	6.5
3	2	6.5	6.5	7.0	7.5	6.5
1	3	5.7	5.3	5.3	7.5	7.5
2	3	6.0	6.5	5.5	8.0	6.5
3	3	6.5	5.5	6.0	7.0	6.0

Media de 10 panelistas

Tabla 45. Efecto del estado de madurez sobre los atributos de calidad de la fresa

Estado de madurez	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Vitamina C (mg/100g)	Antoniáninas (mg/100g)	Firmeza (N)	L*	a*	b*
1	5.5	1.2	38	6.37	9.8	53.02	9.68	31.6
1	5.3	1.19	37.5	7.4	10.7	51.5	15.94	31.01
1	5.6	1.15	30.2	5.85	10.8	49.4	11.83	25.83
1	5.7	1.06	34.5	4.9	10.9	38.66	29.56	26.54
1	6.0	1.14	35.0	7.38	11.5	46.63	18.33	29.87
1	6.5	1.17	34.0	8.5	12.4	50.76	11.97	30.78
1	6.0	1.03	38.2	6.25	13.5	47.36	19.36	26.49
1	7.0	1.21	35.1	7.4	14.9	48.49	11.19	29.18
1	5.7	1.04	34.0	6.9	12.5	47.78	16.2	26.82
1	5.6	0.95	36.0	47	13.2	51.77	11.6	26.81
2	8.9	0.94	48.0	50.24	9.66	30.8	26.7	12.75
2	8.7	0.85	51.0	53.27	9.3	30.1	24	13.4
2	8.2	0.75	45.4	57.7	10.7	30.6	21.4	14.5
2	8.5	0.97	43.2	48.78	10.4	30.2	21.5	17.54
2	8.7	0.86	45.0	49.38	9.5	32.82	28.36	19.06
2	9.2	1.03	49.7	50.24	9.4	30.64	24.97	13.4
2	9.2	0.93	48.0	46.9	9.93	35.35	28.47	20.45
2	8.7	0.90	47.0	38.8	10.9	35.11	29.55	20.8
2	8.2	0.85	45.4	39.86	11.5	33.48	28.67	16.91
2	8.1	0.82	44.3	50.1	9.6	31.4	29.12	14.04
3	8.7	0.65	30.8	45.8	8.5	25.82	23.74	9.78
3	8.2	0.71	29.7	55.03	7.8	29.72	30.31	14.35
3	8.1	0.51	35.0	54.2	8.4	26.86	30.47	12.04
3	8.5	0.68	33.2	45.80	8.4	28.5	27.4	11.23
3	10.3	0.72	32.5	58.5	7.8	29.61	25.95	12.67
3	9.7	0.7	32.0	55.2	7.3	25.48	21.34	8.2
3	8.2	0.68	34.0	48.5	7.6	26.18	25.56	9.87
3	8.1	0.72	30.0	49.6	8.1	26.92	29.21	10.41
3	8.5	0.80	37.0	52.5	8.4	27.81	25.6	11.37
3	8.1	0.69	39.0	42.1	7.5	26.49	19.68	7.68

Tabla 46. Porcentajes de fresa con defecto registrados en la recepción de la Empacadora

Día / Mes	Hongos (%)	Podrida (%)	Atípica (%)	Daño Físico (%)
1/1	0	1.6	20.2	2.5
2/1	0	0	9.2	3
3/1	0	1	22.1	4.6
4/1	0	0	29.9	8.0
5/1	0	0	3.5	6.0
6/1	0	0	5.2	7.3
7/1	0	0	2.5	9.0
8/1	0	0	0.9	4.0
9/1	0	0	2.5	6.9
10/1	0	0	6.7	8.7
1/2	0	2.1	8.1	12.0
2/2	0	0	0.8	1.1
3/2	0	5.6	2.6	6.2
4/2	0	3.0	2.7	5.2
5/2	0	0	0	6.5
6/2	0	2.6	5.6	6.0
7/2	0	0.6	0	3.1
8/2	0	1.2	4.8	8.5
9/2	0	0	3.3	6.5
10/2	0	0	3.0	7.0
11/2	0	1.2	6.3	7.0
1/3	0	0	0	3.2
2/3	0	1.6	6.3	13.1
3/3	0.6	1.5	5.1	13.2
4/3	0	0.7	8.5	0
5/3	0	1.0	6.3	6.0
6/3	0	0	10	6.0
7/3	0	0	0	2.0
8/3	0	0	7.9	8.2
9/3	0	1	12.6	8.0
10/3	0	1.3	2.8	13.0
11/3	1.3	0	6.1	20.5
12/3	0	0	6.9	16.1
14/3	0	4.7	1.4	11.0
15/3	0	0	25.3	20.5
16/3	0	1	4.1	17.0
17/3	0	1.3	4.7	17.4
18/3	0	4.1	12.0	16.4
19/3	1.0	1.4	10.1	5.3
1/4	1	1.2	4.1	17.8
2/4	0	0	9.2	28.3
3/4	2.4	0	12	14.0
4/4	0	0	10.9	17.5
5/4	0	0	8.5	12.4
6/4	0	1.5	8.2	10.0
7/4	0	0	18.0	17.1

Tabla 46. Porcentajes de fresa con defecto registrados en la recepción de la Empacadora

Día / Mes	Hongos (%)	Podrida (%)	Atípica (%)	Daño Físico (%)
8/4	0	0.8	11.8	13.5
9/4	0	1.4	4.7	13.5
10/4	0	0	25.0	14.1
11/4	0	1	1.7	4.6
12/4	0	0	19.7	12.3
13/4	0	0	6.6	7.4
14/4	0	0.6	9.6	7.4
15/4	0	1.2	20.2	11.0
16/4	0	0	22.0	4.0
Promedio	0.096	0.861	8.40	9.65
Intervalo	-0.009 - 0.202	0.53 -1.19	6.44 - 10.36	8.09 - 11.20

Tabla 47. Valores medio del efecto del transporte en la producción del daño físico

Frecuencia (Hz)	Contenedor <sup>a</sup>	Repetición	Abrasión (%)	Compresión (%)
8	1	1	10.7	2.5
8	1	2	10.5	3.2
8	1	3	9.8	2.5
8	1	4	9.5	2.7
8	2	1	11.9	2.4
8	2	2	11	3.8
8	2	3	10.9	2.5
8	2	4	10.8	3.2
12	1	1	28.7	2.1
12	1	2	27	3.7
12	1	3	25	3.5
12	1	4	29	3.2
12	2	1	29	3.8
12	2	2	29.8	4.2
12	2	3	27	3.7
12	2	4	31.7	5.4
18	1	1	13.5	2.6
18	1	2	14.5	2.9
18	1	3	14.6	2.7
18	1	4	14.2	3.1

Tabla 47. Valores medio del efecto del transporte en la producción del daño físico

Frecuencia (Hz)	Contenedor <sup>a</sup>	Repetición	Abrasión (%)	Compresión (%)
18	2	1	12.9	2.67
18	2	2	13.5	3.4
18	2	3	13.2	2.75
18	2	4	14.5	3.7

a: 1: Caja 2: Canasta

Tabla 48. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	C	R	Firmeza (N)	Fuerza de punción (N)	Deformación de punción (N)	Fuerza de penetración	Deformación de penetración (N)
0	1	1	11.7	0.325	0.7	0.198	1.024
0	1	2	11.99	0.41	0.799	0.207	1.015
0	1	3	12.19	0.386	0.784	0.214	1.045
0	1	4	11.23	0.38	0.756	0.245	1.082
0	2	1	11.02	0.354	0.427	0.219	1.091
0	2	2	11.68	0.335	0.492	0.237	1.093
0	2	3	11.43	0.381	0.441	0.239	1.09
0	2	4	11.6	0.392	0.455	0.214	1.073
8	1	1	11.18	0.275	0.795	0.155	1.092
8	1	2	10.78	0.282	0.784	0.151	1.073
8	1	3	10.95	0.287	0.812	0.168	1.078
8	1	4	10.28	0.257	0.82	0.142	1.074
8	2	1	10.34	0.312	0.86	0.148	1.183
8	2	2	11.02	0.268	0.868	0.156	1.189
8	2	3	10.29	0.284	0.897	0.163	1.166
8	2	4	10.5	0.287	0.863	0.145	1.17
12	1	1	10.2	0.235	0.98	0.182	1.083
12	1	2	9.88	0.279	0.973	0.185	1.204
12	1	3	10.49	0.245	1.054	0.195	1.168
12	1	4	9.99	0.24	1.163	0.207	1.045

Tabla 48. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características mecánicas<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	C	R	Firmeza (N)	Fuerza de punción (N)	Deformación de punción (N)	Fuerza de penetración	Deformación de penetración (N)
12	2	1	10.15	0.237	0.974	0.18	1.198
12	2	2	9.84	0.242	0.971	0.178	1.199
12	2	3	9.75	0.263	0.997	0.168	1.201
12	2	4	10.42	0.246	0.991	0.167	1.2
18	1	1	10.48	0.271	0.878	0.118	1.121
18	1	2	9.82	0.285	0.892	0.12	1.118
18	1	3	9.65	0.269	0.884	0.112	1.127
18	1	4	10.69	0.268	0.872	0.108	1.144
18	2	1	9.66	0.25	0.911	0.117	1.216
18	2	2	9.89	0.269	0.943	0.11	1.232
18	2	3	10.44	0.292	0.909	0.127	1.222
18	2	4	10.28	0.24	0.95	0.123	1.246

Tabla 49. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características químicas<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	C	Repetición	Sólidos Solubles (°Brix)	Humedad (%)	Ácido ascórbico (mg/100g)	Acidez (%)
0	1	1	9.28	91.14	49.1	0.89
0	1	2	9.2	90.18	48.5	0.86
0	1	3	8.92	91.3	48.64	0.81
0	1	4	9.66	89.98	49	0.87
0	2	1	9.4	90.75	48.6	0.89
0	2	2	9.6	92.62	48.9	0.86
0	2	3	9.5	91.34	49.7	0.81
0	2	4	9.6	91.67	47.4	0.87
8	1	1	9.2	90.1	49.1	0.78
8	1	2	9.1	91.1	47.7	0.79
8	1	3	9.6	91.8	48.86	0.82
8	1	4	8.7	87.6	48.1	0.73

Tabla 49. Valores medio del efecto del transporte simulado sobre las características químicas<sup>a</sup>

Frecuencia (Hz)	C	Repetición	Sólidos Solubles (°Brix)	Humedad (%)	Ácido ascórbico (mg/100g)	Acidez (%)
8	2	1	9	91.2	47.8	0.89
8	2	2	9.2	91.5	47.6	0.78
8	2	3	8.8	92.7	47.5	0.85
8	2	4	9.4	90	48.15	0.8
12	1	1	9	91.87	48	0.82
12	1	2	9.4	89.29	48.7	0.72
12	1	3	8.6	92.7	47.87	0.84
12	1	4	9	90.6	48.54	0.76
12	2	1	9.3	90.9	48.5	0.75
12	2	2	9.2	92.62	47.9	0.84
12	2	3	8.72	92.7	48.8	0.82
12	2	4	8.83	91	47.9	0.77
18	1	1	8.9	89.84	47.8	0.82
18	1	2	9	88.36	48.2	0.59
18	1	3	9.2	90.5	48.4	0.73
18	1	4	8.7	87.9	48	0.69
18	2	1	9	90.1	47.5	0.81
18	2	2	9.2	90.83	48.2	0.87
18	2	3	9.4	89.81	49.08	0.9
18	2	4	8.8	90.3	46.7	0.78

Tabla 50. Resultados de la evaluación del almacenamiento refrigerado

Caja <sup>a</sup>	Cosecha <sup>b</sup>	Día	Peso (g)	Firmeza <sup>1</sup> (kgF)	°Brix <sup>2</sup>	Vitamina C <sup>2</sup>
1	1	0	269.67	10.99	8.2	43
1	1	1	264.54	10.92	8.7	43
1	1	2	257.37	10.83	9.2	40.2
1	1	3	255.40	10.89	9.5	41
1	1	4	247.00	10.29	9.6	39
1	2	0	286.59	10.97	8.7	45
1	2	1	285.59	9.92	8.8	42
1	2	2	284.48	10.08	9.0	38.5
1	2	3	282.67	9.97	9.2	36.6

Tabla 50. Resultados de la evaluación del almacenamiento refrigerado

Caja <sup>a</sup>	Cosecha <sup>b</sup>	Día	Peso (g)	Firmeza <sup>1</sup> (kgF)	°Brix <sup>2</sup>	Vitamina C <sup>2</sup>
1	2	4	263.85	9.65	9.4	34.0
1	3	0	280.6	11.56	8.5	49
1	3	1	275.5	10.97	8.7	47
1	3	2	270.3	10.29	8.6	43
1	3	3	266.5	9.60	8.9	40
1	3	4	257.7	9.33	8.8	39
2	1	0	291.0	10.99	8.2	43
2	1	1	285.5	10.87	8.4	42
2	1	2	279.4	10.06	8.5	40
2	1	3	277.8	9.99	8.4	38
2	1	4	272.4	9.97	8.4	36.5
2	2	0	273.0	10.97	8.7	45
2	2	1	268.25	9.56	8.8	42.8
2	2	2	265.80	9.31	8.8	40
2	2	3	261.68	9.11	8.9	38.5
2	2	4	257.74	9.13	9.0	36.6
2	3	0	279.0	11.56	8.5	49
2	3	1	276.0	9.81	8.7	45
2	3	2	271.5	9.40	8.9	43
2	3	3	268.3	9.11	8.5	40
2	3	4	261.4	9.31	8.8	37

Tabla 50 Continuación. Resultados de la Evaluación del almacenamiento refrigerado

Caja <sup>a</sup>	Acidez <sup>2</sup>	L <sup>*3</sup>	a <sup>*3</sup>	b <sup>*3</sup>	Croma <sup>*3</sup>
1	0.92	36.41	34.92	22.32	41.44
1	0.85	33.82	35.13	21.28	41.07
1	0.83	34.07	33.96	21.12	39.99
1	0.81	33.1	32.81	18.06	37.45
1	0.78	29.82	30.9	15.79	34.70
1	0.82	32.65	32.95	16.26	36.74
1	0.80	28.31	32.26	15.36	35.73
1	0.78	27.78	31.61	16.56	35.68
1	0.72	24.65	29.39	13.37	32.28
1	0.70	22.79	28.52	13.47	31.54
1	0.8	32.36	31.68	16.58	35.75
1	0.82	30.29	32.95	17.43	37.27
1	0.76	29.13	30.92	16.06	34.84
1	0.73	28.84	29.6	15.02	33.19
1	0.72	27.9	29.24	14.52	32.64
2	0.92	34.54	34.72	20.24	40.18
2	0.85	33.91	36.24	21.46	42.11
2	0.82	33.38	34.82	19.96	40.13

Tabla 50 Continuación. Resultados de la Evaluación del almacenamiento refrigerado

Caja <sup>a</sup>	Acidez <sup>2</sup>	L <sup>*3</sup>	a <sup>*3</sup>	b <sup>*3</sup>	Croma <sup>3</sup>
2	0.80	30.35	33.51	18.54	38.29
2	0.80	30.25	30.22	15.24	33.84
2	0.82	32.34	32.55	16.13	36.32
2	0.82	29.19	33.59	17.01	37.65
2	0.80	28.25	32.86	16.02	36.55
2	0.75	25.28	29.5	13.3	32.35
2	0.71	23.73	21.36	12.44	24.71
2	0.80	32.68	33.89	17.35	38.07
2	0.78	30.35	33.57	18.27	38.21
2	0.75	28.82	33.2	17.23	37.40
2	0.73	20.08	31.41	16.23	35.35
2	0.70	27.25	30.89	15.34	34.48

a: 1: caja con perforaciones; 2: caja sin perforaciones.

b: Período de cosecha: 1: octubre, 2: noviembre, 3: diciembre de 1998.

1: Promedio de 20 fresas.

2: Promedio de 3 replicas.

3: Promedio de 20 fresas.

## **8.4 FOLLETO DEL MANEJO POSCOSECHA**



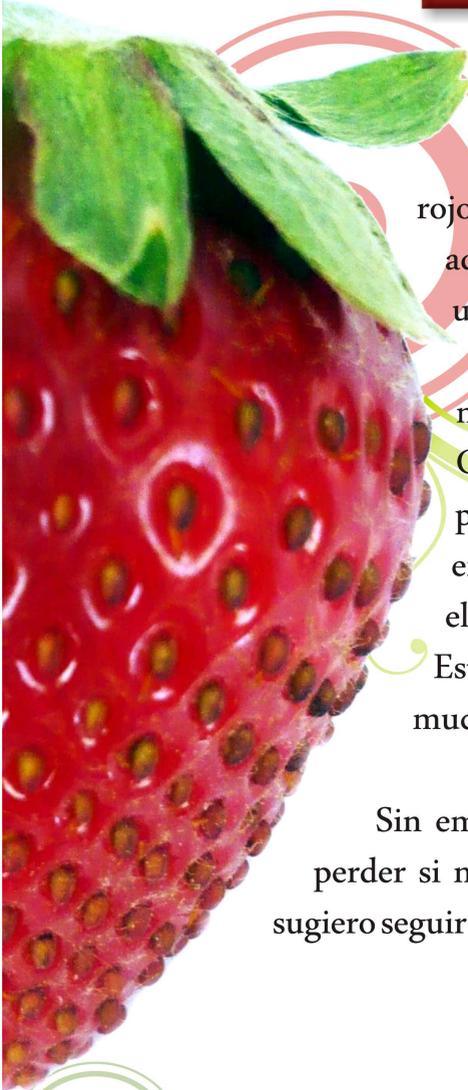


# EL MANEJO POSCOSECHA DE LA FRESA





# LA FRESA



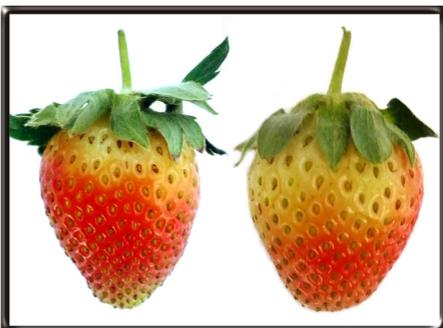
Soy una de las frutas preferidas por los consumidores, poseo un color rojo muy atractivo, un aroma y sabor delicioso, además soy muy nutritiva, pues contengo una cantidad considerable de vitamina C.

Ah!, y por si fuera poco los pigmentos que me dan el color rojo, junto con la vitamina C, actúan como antioxidantes y te ayudan a prevenir el cáncer, retardan el envejecimiento de tus células, ayudan a eliminar el ácido úrico y mejoran tu vista.

Esto me convierte en un producto con muchas ventajas comparada con otras frutas.

Sin embargo, todos estos beneficios se pueden perder si no me das un trato adecuado. Por ello te sugiero seguir estas recomendaciones:

Recoléctame en las primeras horas del día, una vez que el rocío se ha evaporado.



Córtame con mucho cuidado y cuando las tres cuartas partes de mi cuerpo estén de color rojo.

No me cortes inmadura, pues no tendré sabor. Ni tampoco con defectos o daños físicos.



Tampoco me dejes sobre madurar, pues no duraré mucho tiempo. Sin embargo, si ya estoy sobre madura deja que otros me cosechen para evitar que se propaguen hongos en las frutas sanas.

No me presiones cuando me coseches o manipules porque me lastimas y me haces daño. Corta tus ungas para evitar lesiones en mi piel ya que es muy suave. Esto no te conviene, porque dañada me rechazarán.





Además si lastimas mi piel, entrarán gérmenes en mi interior, provocarán que sufra descomposición, tendré mal aspecto y originaré un problema de salud.



Cuando me recolectes, deja un trozo de mi tallo para que me manipules fácilmente.

Aún cortada sigo viva por lo que continúo respirando. Mi respiración es muy rápida y genero mucho calor.

También transpiro y pierdo agua, lo que hace que me vea marchita y sin brillo. Por lo que debes llevarme inmediatamente a la sombra y enfríame rápidamente. Si me caliento me reblandezco y puedo dañarme con facilidad.



Seleccióname en el mismo campo de acuerdo a mi tamaño y color.



Colócame en el empaque en el que me vayas a vender para evitar la manipulación excesiva.



Transpórtame lo más rápido posible a mi destino; empacadora, mercado o centro de acopio, pues con el tiempo y a la temperatura ambiente puedo perder mi calidad.

Cuida que durante el transporte no me maltraten, usa un transporte adecuado.

Finalmente, selecciona los días de mi cosecha de acuerdo a la producción y a la demanda y no te olvides de seguir las buenas prácticas agrícolas.

# Valor Nutricional de la Fresa<sup>1</sup>



Componente	Contenido
Energía (Kcal)	30
Vitamina C	26-120 miligramos
Vitamina E	0.23 miligramos
Provitamina A	5 microgramos
Acido fólico	18 microgramos
<sup>2</sup> Antocianinas totales**	55-145 miligramos
Potasio	166 miligramos
Sodio	1 miligramos
Magnesio	10 miligramos
Calcio	14 miligramos
Carbohidratos	7.02 gramos
Fibra	2.3 gramos
Proteína	0.61 gramos
Grasa	0.37 gramos

1: basado en 100 gramos de fresas en fresco

2: Sustancias antioxidantes que tienen efecto protector contra los "radicales libres" que ayudan a combatir enfermedades como el cáncer y padecimientos del corazón.

Fuentes: Oregon strawberry guide 1998 y Kader 1991



Gracias por tu apoyo

**LA FRESA**





Para mayor información comunicarse con  
María de Lourdes Alcántara González.  
División de Ciencias de la Vida  
Universidad de Guanajuato.  
Tel. 462 6242484 ó 462 6245215  
e-mail: [alcanta@dulcinea.ugto.mx](mailto:alcanta@dulcinea.ugto.mx)  
[lulisbeuty@hotmail.com](mailto:lulisbeuty@hotmail.com)

