

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

ESTUDIO DE LA CALIDAD POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) MÍNIMAMENTE PROCESADA (FRESH-CUT)

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

RAISA MARGARITA TINITANA BAYAS
raisa.tinitana@est.epn.edu.ec

DIRECTORA: ING. SILVIA AZUCENA VALENCIA CHAMORRO, Ph.D.
silvia.valencia@epn.edu.ec

Quito, abril 2014

© Escuela Politécnica Nacional (2014)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Raisa Margarita Tinitana Bayas, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Raisa Margarita Tinitana Bayas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Raisa Margarita Tinitana Bayas, bajo mi supervisión.

Ing. Silvia Valencia Chamorro, Ph.D.
DIRECTORA DE PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto semilla PIS 12-24 “Aplicación de tratamientos poscosecha para extender la vida útil de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) entera y mínimamente procesada (Fresh cut)”, que se ejecutó en el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB).

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, han participado varias personas e instituciones, a las cuales hago extensivo mis agradecimientos de forma sencilla pero sincera.

Gracias a Dios y a la Virgen María quienes me permiten gozar de un día más de vida y me colman de bendiciones.

Gracias a mis padres, Janeth y Yovani, y a mis hermanos Geovanna y Alejandro; por su amor y apoyo sin medida me han enseñado a ser más fuerte y perseverante en la vida, por estar presentes en cada caída y ahora en la culminación de esta meta. Gracias a ustedes pude superar las tareas y retos que tuve en esta etapa de mi vida.

Agradezco de manera especial a la Dra. Silvia Valencia, por brindarme su confianza, apoyo, enseñanzas, consejos, tiempo y paciencia para la culminación de esta etapa de mi vida, muchas gracias. A la Dra. Catalina Vasco y al Ing. Miguel Aldas por brindarme su tiempo y sus conocimientos, que han apoyado al desarrollo de esta investigación.

A la Dra. Rosario Barrera y a todo el personal del DECAB un total agradecimiento por su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Gustavo Narváez (PITACAVA), por su tiempo y por facilitarnos la materia prima necesaria para esta investigación.

A toda mi familia, abuelito, tíos, tías, primos, primas, a todos que supieron colaborar y alentarme para culminar con esta etapa de mi vida. Un especial agradecimiento a mi tío Washington Pérez por su tiempo y sus conocimientos, que fueron de gran aporte en esta investigación.

A mis profesores, que supieron transmitirme su conocimiento y experiencia y a la Escuela Politécnica Nacional por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos, Karli, Pame, Darío, Ruth, Cristina, Mauri, Gaby, Andrés, José, Ricardo y César por su amistad en la universidad y su apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

Con todo mi amor a mis padres, Janeth y Yovany, quienes hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños; por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos que sentía que el camino se terminaba.

A mis hermanos Geovanita y Alejandrino, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y el regalo más grande que Dios y mis padres me han dado.

A mi abuelita Teresita, que siempre me guiará y cuidará desde el cielo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
1. PARTE TEÓRICA	1
1.1. Generalidades de pitahaya amarilla (<i>Selenicereus megalanthus</i>)	1
1.1.1. Origen y distribución de la pitahaya	1
1.1.2. Clasificación taxonómica	2
1.1.3. Descripción botánica	2
1.1.4. Manejo del cultivo	4
1.1.4.1. Control de malezas	5
1.1.4.2. Plagas y enfermedades	5
1.1.4.3. Cosecha	6
1.1.4.4. Poscosecha	7
1.1.5. Situación del cultivo de pitahaya en el ecuador	8
1.1.6. Usos	9
1.2. Procesamiento mínimo de frutos y hortalizas	10
1.2.1. Presentación de los productos hortofrutícolas	10
1.2.2. Definición de frutos mínimamente procesadas (fresh-cut)	11
1.2.3. Cadena productiva de productos mínimamente procesados (PMP)	12
1.2.4. Parámetros de calidad de los PMP	13
1.2.4.1. Apariencia	13
1.2.4.2. Textura	14
1.2.4.3. Aroma	14
1.2.4.4. Nutrientes	15
1.2.5. Grado de madurez de los frutos en relación con la calidad de los productos	17
1.2.6. Operaciones unitarias para el procesamiento de PMP	18
1.2.6.1. Recepción y pre-enfriamiento	18
1.2.6.2. Lavado y desinfección	19
1.2.6.3. Pelado y cortado	20
1.2.6.4. Tratamientos de conservación aplicados a productos hortofrutícolas mínimamente procesados	21
1.2.6.5. Escurrido o eliminación de agua	23
1.2.6.6. Pesado, envasado y almacenamiento	23
1.2.7. Factores que influyen en el deterioro de PMP	24
1.2.7.1. Tasa de respiración	24
1.2.7.2. Producción de etileno	25
1.2.7.3. Pardeamiento	26
1.2.7.4. Pérdida de agua	27
1.2.7.5. Aspectos microbiológicos	27
1.3. Envasado en atmósferas modificadas	28
1.3.1. Conservación de alimentos por modificación de atmósferas	28
1.3.2. Efectos del uso de atmósferas modificadas (AM)	29

1.3.2.1. Beneficios de las AM	29
1.3.2.2. Efectos nocivos de las AM	30
1.3.3. Efecto de los gases en una AM	30
1.3.4. Factores que afectan el envasado en AM	31
1.3.5. Empaques poliméricos usados en el envasado en AM	32
2. PARTE EXPERIMENTAL	34
2.1. Materiales	34
2.1.1. Materia prima	34
2.1.2. Proceso para la elaboración de pitahaya fresh-cut	35
2.2. Determinación de las características físicas, químicas y sensoriales de la materia prima	36
2.2.1. Análisis físicos	36
2.2.1.1. Peso	36
2.2.1.2. Longitud y diámetro	36
2.2.1.3. Firmeza	37
2.2.2. Análisis químicos	37
2.2.2.1. Preparación del jugo	37
2.2.2.2. Determinación de sólidos solubles totales (SST)	37
2.2.2.3. Determinación de pH	38
2.2.2.4. Determinación de acidez titulable	38
2.2.3. Evaluación de la calidad visual	39
2.2.3.1. Índice de apariencia general de los frutos	39
2.2.4. Análisis sensorial	40
2.2.5. Análisis microbiológico	40
2.3. Efecto de la inclusión de la cáscara en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	41
2.3.1. Preparación de las bandejas con frutos mínimamente procesados	41
2.3.2. Concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en el interior de los empaques	42
2.3.3. Evaluación de la calidad visual	42
2.4. Determinación del efecto de la concentración de una solución de ácidos y el tiempo de inmersión en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	43
2.4.1. Preparación de las bandejas con frutos mínimamente procesados	43
2.4.2. Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	44
2.4.3. Análisis de la calidad visual	44
2.5. Efecto de la aplicación de una solución de ácidos en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	44
2.5.1. Preparación de las bandejas con frutos mínimamente procesados	44
2.5.2. Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	45
2.5.3. Análisis químico	45
2.5.4. Análisis físicos	45
2.5.4.1. Pérdida de peso	45
2.5.4.2. Firmeza	46
2.5.5. Evaluación de la calidad visual	46

2.5.6. Análisis sensorial	46
2.5.7. Análisis microbiológico	47
2.5.8. Análisis estadístico	47
2.6. Análisis económico del proceso planteado para determinar su factibilidad	47
2.6.1. Estimación de costos de implementación de pitahaya mínimamente procesada	47
2.6.2. Elaboración del flujo de caja y cálculo de los índices financieros	48
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1. Determinación de las características físicas, químicas y sensoriales de la materia prima	50
3.1.1. Análisis físicos	50
3.1.2. Análisis químicos	51
3.1.3. Evaluación de la calidad visual	52
3.1.4. Análisis sensorial y análisis microbiológico	52
3.2. Efecto de la inclusión de la cáscara en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	54
3.2.1. Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	54
3.2.2. Análisis de la calidad visual	57
3.2.2.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos	57
3.3. Determinación del efecto de la concentración de una solución de ácidos y el tiempo de inmersión en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	62
3.3.1. Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	62
3.3.2. Análisis de la calidad visual	64
3.3.2.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos	64
3.4. Efecto de la aplicación de una solución de ácidos en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas	69
3.4.1. Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	69
3.4.2. Análisis químicos	71
3.4.2.1. Sólidos solubles totales (SST)	71
3.4.2.2. pH y acidez titulable	73
3.4.3. Análisis físicos	74
3.4.3.1. Pérdida de peso	74
3.4.3.2. Firmeza	77
3.4.4. Análisis de la calidad visual	79
3.4.4.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas y presencia de hongos	79
3.4.5. Análisis sensorial	83
3.4.6. Análisis microbiológico	86

3.5. Análisis económico del proceso planteado para determinar su factibilidad	93
3.5.1. Estimación de costos de implementación de pitahaya mínimamente procesada	93
3.5.2. Elaboración del flujo de caja y cálculo de los índices financieros	99
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
4.1. Conclusiones	102
4.2. Recomendaciones	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1	Usos de la pitahaya a nivel industrial	10
Tabla 1.2	Clasificación de los productos hortofrutícolas según el grado de procesamiento	11
Tabla 1.3	Composición química y nutricional de los frutos de pitahaya amarilla	16
Tabla 1.4	Efecto del alto consumo de frutos y hortalizas sobre el riesgo de padecer cáncer	17
Tabla 1.5	Tratamientos de conservación aplicados a productos hortofrutícolas mínimamente procesados	22
Tabla 1.6	Respuestas fisiológicas de algunos frutos mínimamente procesados respecto a los enteros	26
Tabla 1.7	Principales efectos químicos y bioquímicos de los gases en los productos hortofrutícolas almacenados bajo AM	30
Tabla 1.8	Atmósferas modificadas recomendadas en PMP almacenados de 0 a 5 °C	32
Tabla 1.9	Permeabilidades de las principales películas poliméricas utilizados en el envasado de alimentos en AM	33
Tabla 2.1	Escala de evaluación de la calidad visual para pitahaya amarilla	39
Tabla 2.2	Escala de valoración de la calidad total para frutos de pitahaya	40
Tabla 2.3	Métodos para el análisis microbiológico de pitahaya amarilla	41
Tabla 2.4	Códigos de identificación de los tratamientos	41
Tabla 2.5	Escala de evaluación de la calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla	42
Tabla 2.6	Códigos de identificación de los tratamientos	43
Tabla 2.7	Códigos de identificación de los tratamientos	45
Tabla 3.1	Caracterización física y química de los frutos de pitahaya amarilla	51

Tabla 3.2	Resultados de la evaluación de la calidad visual de los frutos de pitahaya amarilla utilizados para la caracterización de la materia prima	52
Tabla 3.3	Resultados del análisis sensorial y microbiológico de los frutos de pitahaya amarilla utilizados para la caracterización de la materia prima	53
Tabla 3.4	Índice de evaluación de la calidad visual para pitahaya mínimamente procesada, almacenada hasta 8 días a 4 °C y 90% HR	57
Tabla 3.5	Evaluación de la calidad visual total de rebanadas de pitahaya amarilla durante el almacenamiento a 4 °C y 90% HR	59
Tabla 3.6	Índice de evaluación de la calidad visual para pitahaya mínimamente procesada, almacenada hasta 8 días a 4 °C y 90% HR	65
Tabla 3.7	Evaluación de la calidad visual total de rebanadas de pitahaya amarilla durante el almacenamiento a 4 °C y 90% HR	66
Tabla 3.8	Contenido de pH, SST, y acidez titulable de pitahaya amarilla (<i>Selenicereus megalanthus</i>)	72
Tabla 3.9	Índices de evaluación de calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla con inmersión (CI) y sin inmersión en la solución de ácidos (SI) empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días	80
Tabla 3.10	Índices de evaluación de calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla con inmersión y sin inmersión en la solución de ácidos empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días	83
Tabla 3.11	Resultados de la evaluación sensorial de rebanadas de pitahaya amarilla, con y sin inmersión recubiertas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días	84
Tabla 3.12	Costos de materia prima, insumos, personal y equipos requeridos para el procesamiento de pitahaya amarilla	95
Tabla 3.13	Costos de terreno y construcciones para el procesamiento de pitahaya amarilla	96
Tabla 3.14	Estado de pérdidas y ganancias del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla	99

Tabla 3.15	Flujo de caja del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla	100
Tabla AXIII.1	Resumen de las depreciaciones producidas por los equipos y construcciones para el proyecto de procesamiento de pitahaya	132
Tabla AXIII.2	Resumen de los costos de equipos y muebles de oficina para el proyecto de procesamiento de pitahaya	133
Tabla AXIV.1	Capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de bandejas de rebanadas de pitahaya amarilla	134
Tabla AXIV.2	Capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para el procesamiento bandejas de rebanadas de pitahaya amarilla	135
Tabla AXIV.3	Costo de las cámaras de refrigeración para el almacenamiento y procesamiento de rebanadas de pitahaya amarilla mínimamente procesada a 4 °C y 90% HR	136
Tabla AXV.1	Costos Fijos en el procesamiento de pitahaya amarilla	137
Tabla AXVII.1	Datos de pH en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	139
Tabla AXVII.2	Datos de volumen (ml) de NaOH consumidos en la titulación de rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	140
Tabla AXVII.3	Datos de °Brix en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	141
Tabla AXVIII.1	Datos de firmeza (kgf) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	142
Tabla AXVIII.2	Datos de peso (g) de bandejas con rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	144
Tabla AXIX.1	Evaluaciones de calidad visual (escala: 1 - 5) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C	147
Tabla AXX.1	Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 días a 4 °C	149

Tabla AXX.2	Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 8 días a 4 °C	151
Tabla AXXI.1	Datos experimentales para el cálculo de concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	153

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1	Fotografía de pitahaya amarilla y sus partes	2
Figura 1.2	Cadena productiva de alimentos mínimamente procesados	13
Figura 1.3	Diagrama de flujo del procesado de productos vegetales cortados	18
Figura 2.1	Diagrama de bloques del procesamiento mínimo de pitahaya	35
Figura 3.1	Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques en rebanadas de pitahaya (C: con cáscara; SC: sin cáscara) empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento de 4 y 8 días a 4 °C	55
Figura 3.2	Gráfico de interacción del tipo de empaque y la inclusión de la cáscara en la concentración de CO ₂ en el interior de los empaques en rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C por 4 días	56
Figura 3.3	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C	60
Figura 3.4	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C	61
Figura 3.5	Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques en rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento de 4 y 8 días a 4 °C.	63
Figura 3.6	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C	67
Figura 3.7	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C	68
Figura 3.8	Concentración de CO ₂ en el interior de los empaques en bandejas con rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento a 4 °C y 90 % HR	71
Figura 3.9	Pérdida de peso (%) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4°C.	74
Figura 3.10	Gráfico de medias e intervalos LSD de los factores aplicación de ácidos (CI: Con inmersión; SI: Sin inmersión) (1) y empaque (A: PVC; B: PEBD) (2) para la pérdida de peso de rebanadas de pitahaya, almacenadas 4 días a 4 °C y 90 % HR	75

Figura 3.11	Interacción en la pérdida de peso entre la aplicación de ácidos (CI: Con inmersión; SI: Sin inmersión) y el material de empaque (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR durante 4 días	76
Figura 3.12	Firmeza (N) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4°C	77
Figura 3.13	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor aplicación de ácidos (CI: con inmersión; SI: sin inmersión) (1) y tipo de empaque (A:PVC; B: PBD) (2) para la firmeza (N) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR	78
Figura 3.14	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor tipo empaque (1) y aplicación de ácidos (2) para la marchitez de las rebanadas de pitahaya con inmersión (CI) y sin inmersión (SI) empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR	82
Figura 3.15	Resultados del análisis microbiológico de rebanadas de pitahaya amarilla, con y sin inmersión recubiertas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días. (1) Contaje de aerobios totales y (2) contaje de mohos y levaduras.	87
Figura 3.16	Gráfico de interacción del tipo de empaque y la aplicación de ácidos en el análisis microbiológico (1: aerobios totales y 2: mohos y levaduras) de rebanadas de pitahaya con inmersión (CI) y sin inmersión (SI) empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90% HR	88
Figura 3.17	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C	91
Figura 3.18	Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C	92
Figura 3.19	Diagrama de bloques (BFD) del procesamiento mínimo de pitahaya amarilla tratadas con ácido ascórbico y cítrico (0,1%p/p) y empacadas con láminas de PVC	94
Figura 3.20	Lay out de la planta para la producción de pitahaya mínimamente procesada	98
Figura 3.21	Gráfico de punto de equilibrio del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla	101
Figura AI.1	Tabla de color de la pitahaya amarilla	119

Figura AIII.1	Escala de turgencia de pitahaya amarilla	121
Figura AIV.1	Escala de marchitez del pedúnculo de pitahaya amarilla	122
Figura AV.1	Escala de daños físicos de pitahaya amarilla	123
Figura AVI.1	Escala de presencia de hongos en pitahaya amarilla	124
Figura AVIII.1	Analizador rápido de CO ₂ -O ₂ Postharvest Research	126
Figura AIX.1	Séptum de cinta adhesiva colocada en los empaques	127
Figura AX.1	Codificación de los matices en la carta de color de Küppers (A), Escala de evaluación visual para pardeamiento de rebanadas de pitahaya (B)	128
Figura AXI.1	Escala de marchitez de rebanadas de pitahaya amarilla	130
Figura AXII.1	Escala de presencia de hongos en rebanadas de pitahaya amarilla	131
Figura AXVI.1	Hoja de cálculo para el estado de pérdidas y ganancias y el flujo de caja neto para el procesamiento de pitahaya amarilla	138

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Carta de color para pitahaya amarilla según norma técnica colombiana 3554	1199
ANEXO II	
Especificaciones técnicas de las láminas plásticas utilizadas en la experimentación	120
ANEXO III	
Turgencia de los frutos de pitahaya amarilla	12121
ANEXO IV	
Marchitez del pedúnculo de los frutos de pitahaya amarilla	12222
ANEXO V	
Daños físicos de los frutos de pitahaya amarilla	1233
ANEXO VI	
Presencia de hongos en los frutos de pitahaya amarilla	1244
ANEXO VII	
Formato para evaluación sensorial de frutos y rebanadas de pitahaya amarilla	1255
ANEXO VIII	
Condiciones de trabajo del analizador de gases postharvest research	1266
ANEXO IX	
Fotografías de séptum utilizado en los empaques con rebanadas de pitahaya	1277
ANEXO X	
Pardeamiento en las rebanadas de pitahaya amarilla	1288
ANEXO XI	
Marchitez en las rebanadas de pitahaya amarilla	13030
ANEXO XII	
Presencia de hongos en las rebanadas de pitahaya amarilla	13131
ANEXO XIII	
Costos de depreciación de instalaciones, equipos y herramientas y costos de equipos y muebles de oficina	13232
ANEXO XIV	
Capacidades y costos de las cámaras de refrigeración para el procesamiento y almacenamiento de rebanadas de pitahaya	1344

ANEXO XV	
Costos fijos requeridos en el procesamiento de pitahaya amarilla	1377
ANEXO XVI	
Hoja de cálculo del análisis económico	1388
ANEXO XVII	
Datos experimentales de los análisis químicos en rebanadas de pitahaya amarilla	1399
ANEXO XVIII	
Datos experimentales de los análisis físicos en rebanadas de pitahaya amarilla	14242
ANEXO XIX	
Datos experimentales de la evaluación visual de rebanadas de pitahaya amarilla	1477
ANEXO XX	
Datos experimentales de la evaluación sensorial de rebanadas de pitahaya amarilla	14949
ANEXO XXI	
Datos experimentales de la para el cálculo de concentración de CO ₂ en el interior de los empaques	15353

RESUMEN

Se estudió el efecto de la aplicación de una solución de ácidos en la calidad poscosecha de rebanadas de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) envasadas con dos tipos de empaque: cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno de baja densidad (PEBD).

Los frutos enteros se lavaron y se desinfectaron, luego se eliminaron los extremos junto con la cáscara y se cortaron en rebanadas de 1 cm de espesor. Se realizaron dos ensayos previos para determinar la influencia de la cáscara (con y sin cáscara), la concentración de la solución de ácidos ascórbico y cítrico (0,10 % y 0,25 % p/p) y el tiempo de inmersión (1 y 3 min) en las rebanadas. El diseño experimental en el primer ensayo fue 2^2 (variables del proceso: inclusión de la cáscara y empaque). En el segundo ensayo se utilizó un diseño factorial 2^3 (variables del proceso: concentración de ácidos, tiempo de inmersión y empaque). En el experimento final, se utilizó un diseño factorial 2^2 donde las variables del proceso fueron inmersión en una solución de ácidos al 0,10 % (p/p) durante 3 min (con y sin inmersión) y empaque (PVC y PEBD). Todo el proceso se realizó a 4 °C. Las rebanadas de pitahaya se almacenaron en bandejas de poliestireno cubiertas con dos tipos de empaque durante 8 días a 4 °C y 90 % humedad relativa. A los 0, 4 y 8 días se determinaron: pérdida de peso, firmeza, acidez titulable, pH, contenido de sólidos solubles totales, calidad visual, análisis sensorial, análisis microbiológico (contaje total de aerobios, mohos y levaduras y coliformes totales) y concentración de CO₂ en el interior de los empaques. Finalmente, se realizó el análisis económico del proyecto.

Los parámetros químicos analizados no presentaron diferencias significativas a lo largo del almacenamiento ($p > 0,05$). Los frutos tratados y sin tratar presentaron un incremento de la pérdida de peso durante el almacenamiento (rango 1,26-1,85 %). Las rebanadas con inmersión y empacadas con PVC presentaron menor pérdida de peso ($p < 0,05$) y mayor firmeza ($p < 0,05$) que los otros tratamientos. Ninguna muestra tratada presentó olores ni sabores extraños. Los resultados del análisis microbiológico calificaron a todas las muestras como

inocuas y aptas para el consumo hasta los 8 días de almacenamiento. El tratamiento de inmersión con la solución de ácidos y el empaque PVC permitió la conservación de rebanadas de pitahaya con buenas características de calidad durante 8 días en refrigeración (T: 4 °C y HR: 90 %). El proyecto de pitahaya amarilla mínimamente procesada resultó factible ya que el Valor Actual Neto es positivo (USD 200 129,46) y la Tasa Interna de Retorno (14,92 %) es mayor que la tasa referencial bancaria (9 %).

INTRODUCCIÓN

Actualmente la sociedad pasa por una etapa de significativos cambios culturales, en donde se destaca la necesidad de introducir buenos hábitos alimenticios, ya que la población ha tomado con mayor conciencia la relación entre el consumo de frutos y hortalizas y la prevención y reducción de enfermedades. Sin embargo el ritmo de vida acelerado no ha permitido el consumo de estos productos debido al tiempo reducido para la preparación de alimentos nutritivos en el hogar. Lo que ha traído como consecuencia que en las dos últimas décadas el consumo y producción de frutos y hortalizas frescos mínimamente procesados o también denominadas de IV gama se incremente (Artés-Hernández, Aguayo, Gómez y Artés, 2009, pp.52; Garrett, 2002, p. 2).

Los productos mínimamente procesados proporcionan valor agregado a los frutos y hortalizas, primero disminuyen el tiempo de preparación y además conservan características organolépticas y nutricionales similares a los productos frescos (Montero, Rojas, Soliva y Martín, 2009, p. 48).

Los frutos y hortalizas de IV gama representan una importante alternativa para personas con dificultad para preparar los alimentos como ancianos y enfermos; personas que utilizan comedores colectivos (escolares, trabajadores, universitarios, etc.) o sencillamente aquellas personas con poco tiempo para preparar alimentos para el consumo (Cano, Sánchez, Pascual y Ancos, 2005, p. 120). Sin embargo, los productos de IV gama son más perecederos que los productos enteros ya que la tasa de respiración de los productos mínimamente procesados generalmente es mayor que aquellos enteros, esto indica un metabolismo y deterioro más acelerado (Kader y Pelayo, 2011, p. 503).

La producción de alimentos mínimamente procesados incluyen: selección, lavado, pelado, cortado, aplicación de tratamientos y envasado con una película plástica en atmósfera modificada. Este tipo de productos se procesan, conservan y distribuyen en condiciones de refrigeración y están listos para ser consumidos

durante un período de vida útil que varía entre 7 y 14 días (Gorny y Thompson, 2004, p. 1; Robles *et al.*, 2007, p. 227).

En el mercado ecuatoriano se puede encontrar una variedad de productos de IV gama como: lechuga cortada con aderezos, sambo, zapallo, mezclas de verduras para sopas, manzanas cortadas, piñas en rodajas, guayaba cortada, etc. Sin embargo, no se han encontrado estudios referentes a pitahaya cortada. Sin embargo, debido al reciente auge se hace necesario realizar investigaciones sobre este fruto para conservar su calidad, valor nutritivo e inocuidad para el consumidor.

La pitahaya amarilla es una fruta rica en fibra (0,7 g), fósforo (30,2 mg), calcio (3,5 mg) y vitamina C (8 mg) (Díaz, 2005, pp. 46,47). Su consumo mejora el funcionamiento del tracto digestivo debido al contenido de fibra soluble y aceites esenciales. La captina presente en la fruta actúa como tónico para el corazón, además la pitahaya posee capacidad antioxidante por la presencia de compuestos betalaínicos (Esquivel y Araya, 2012, pp. 119-120; García, 2003, p. 17).

El objetivo del presente trabajo fue el estudio de la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) mínimamente procesada (fresh-cut) almacenada a temperatura y humedad relativa controladas. Para lo cual se estableció los siguientes objetivos específicos: determinar las características físicas, químicas y sensoriales de la materia prima; determinar el efecto de la inclusión de la cáscara en la calidad de rebanadas de pitahaya tratadas con una solución de ácidos, empacadas y almacenadas a temperatura controlada; determinar el efecto de la concentración de una solución de ácidos y el tiempo de inmersión en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas; determinar el efecto de la aplicación de una solución de ácidos en la calidad poscosecha de rebanadas de pitahaya empacadas con dos tipos de empaque y almacenada a temperatura y humedad relativa controladas y realizar el análisis económico del proceso planteado para determinar su factibilidad.

GLOSARIO

Areolas: Pequeña área del mesófilo de la hoja delimitada por la intersección de los nervios (García, 2013).

Epífita: Planta que germina y comienza su desarrollo sobre las ramas de un árbol, luego produce raíces capaces de llegar al suelo y de absorber de la tierra los nutrientes que necesita (Ceja *et al*, 2008, p. 36).

Esqueje: Tallo o brote de una planta que se emplea para injertarlo en otra o para plantarlo en el suelo con el fin de reproducir otra planta una nueva planta (RAE, 2013).

Hermafrodita: Se aplica al ser vivo que reúne en un mismo individuo los órganos sexuales masculinos y femeninos (RAE, 2013).

Mamilas: Protuberancia que presentan forma de mama (RAE, 2013).

Rupícola: Planta que vive sobre las rocas (RAE, 2013).

Trampas McPhail: Trampa de plástico compuesta de una base a modo de recipiente de color amarillo, con un orificio en su base que permite la entrada pero no salida de los insectos. La tapa tiene diferentes feromonas que atraen a los insectos (Miranda, 2012).

1. PARTE TEÓRICA

1.1. GENERALIDADES DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*)

1.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PITAHAYA

La pitahaya es una fruta originaria del continente americano; México, América central y el norte de Sudamérica. Los registros más antiguos sobre esta fruta se remontan al siglo XIII (Betancourt *et al.*, 2010, p. 22; Ricalde y Andrade, 2009, p. 36). La etimología de la palabra pitahaya, proviene del idioma taíno que significa “fruta escamosa” (Rodríguez *et al.*, 1993, p. 1).

El cultivo de pitahaya era conocido y aprovechado desde antes de la llegada de los españoles a América y continuó siendo una fruta de interés durante la época de la colonia al encontrarse sus propiedades medicinales (Betancourt *et al.*, 2010, p. 22). Desde hace cientos de años, la planta de pitahaya era cultivada de manera rudimentaria, es decir en huertos familiares; sin embargo, desde hace tan sólo veinte años se maneja al cultivo de pitahaya como plantaciones especializadas y tecnificadas (Rodríguez *et al.*, 1993, p. 1; Sánchez *et al.*, 2000, p. 3-8).

Aunque el cultivo de pitahaya tuvo su origen y continúa en América, actualmente se ha extendido a otros continentes como Asia y Europa. Existen tres especies de pitahaya: la roja con pulpa roja, la roja con pulpa blanca y la amarilla con pulpa blanca. México, Nicaragua, Vietnam, Israel, Filipinas, El Salvador y Guatemala son los países en donde se produce pitahaya roja, mientras que en Colombia, Ecuador e Israel se produce la pitahaya amarilla (Gunasena, Pushpakumara y Kariyagusama; 2007; p. 112; Díaz, 2005, pp. 44-45).

1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Género:	Selenicereus
Especie:	Selenicereus megalantus (Haw.)
Nombre común:	Pitahaya amarilla
	(Gunasena <i>et al.</i> , 2007, pp. 112-114)

1.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA



Figura 1.1. Fotografía de pitahaya amarilla y sus partes

La pitahaya es una cactácea perenne; debido a su estructura no puede sostenerse por sí sola por lo que requiere de un soporte. La pitahaya puede ser de hábito trepador, rupícola o epífita (Lezama, Tapia, Muñoz y Zepeda, 2000, p.1; Gunasena *et al.*, 2007, p. 115). Díaz (2005, p. 47) clasifica a la pitahaya amarilla

como fruto no climatérico mientras que Gallo (1997, p. 89) la coloca dentro del grupo de frutos climatéricos.

La planta de pitahaya tiene dos tipos de raíces, las principales y las secundarias o adventicias (Lezama *et al.*, 2000, p. 2). Las primeras son raíces poco profundas (5-25 cm bajo el suelo) y le sirven a la planta para absorber los nutrientes y agua. Las raíces secundarias crecen en los lados planos de los tallos, su función es fijar y sostener a la planta al tutor (García, 2003, p. 7; Lezama *et al.*, 2000, p. 2).

La pitahaya posee tallos carnosos y suculentos de color verde, cuyas funciones son: la recepción y regulación del agua y la intervención en el proceso de la fotosíntesis (García, 2003, p. 7; OIRSA, 2005, p. 8). Los tallos están rodeados de tres aristas, provistas de areolas en los bordes donde se ubican espinas pequeñas (hojas modificadas) de 4 a 6 mm (García, 2003, p. 7; Lezama *et al.*, 2000, p. 2).

La flor de pitahaya es de forma tubular, hermafrodita, grande y mide de 15 a 30 cm de largo. Puede ser de color blanco, amarillo o rosado con fracciones exteriores cremas, es muy vistosa e individual (Crane y Balerdi, 2009, p. 1; Sánchez *et al.*, 2000, p. 4).

Los frutos son bayas con forma de óvalo de 10 a 12 cm de diámetro y 8 a 15 cm de largo. Son de color verde antes de la maduración y de color amarillo una vez que el fruto esté maduro (OIRSA, 2005, p. 9; Sánchez *et al.*, 2000, pp. 4-5). La cáscara de los frutos posee brácteas (mamilas) distribuidas helicoidalmente, las mismas que tienen espinas de 1,5 cm de largo. Las espinas son fáciles de retirar cuando el fruto está maduro. La pulpa de pitahaya es de color blanco, consistencia blanda y de sabor ligeramente dulce, posee pequeñas semillas negras (1 mm) distribuidas en toda la pulpa (García, 2003, p. 8; Lezama *et al.*, 2000, pp. 3-4).

1.1.4. MANEJO DEL CULTIVO

El cultivo necesita suelos franco - arenosos, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica (OIRSA, 2005, pp. 13-14; Rodríguez *et al.*, 1993, p. 3). La pitahaya tiene un buen rendimiento y crece rápidamente entre temperaturas de 16 a 25 °C (García, 2003, p. 9). La planta necesita para su buen desarrollo de 1 300 a 2 200 mm de precipitación pluvial, con alternancia de estación seca y húmeda (OIRSA, 2005, pp. 13-14). El cultivo reacciona favorablemente a la intensidad lumínica, esto estimula a que broten las yemas florales (Lezama *et al.*, 2000, pp. 2-3).

La pitahaya tiene dos formas de reproducción: la sexual por medio de semillas y la asexual con la utilización de partes vegetativas (Crane y Balerdi, 2009, p. 2). Para fines de cultivo comercial se utiliza la reproducción asexual con esquejes, ya que las plantas procedentes de semillas requieren de mucho cuidado y tardan de 4 a 6 años en llegar a su etapa productiva (Crane y Balerdi, 2009, p. 2; Sánchez *et al.*, 2000, p. 4).

El cultivo de pitahaya tiene cuatro etapas: vivero, instalación en campo, mantenimiento y producción (García, 2003, p. 10). En la primera etapa se obtienen los brotes de 30 cm aproximadamente, libres de plagas y enfermedades, listos para ser trasplantados (OIRSA, 2005, pp. 18-19). La segunda etapa o instalación en campo se hace a la par con la etapa de vivero; las labores que se encuentran dentro de esta etapa son: selección y preparación del terreno, siembra en campo de las plantas con una distancia de siembra de 3 m x 3 m para un total de 1 100 plantas/ha; colocación del sistema de tutorado, se puede utilizar dos tipos de tutores, los muertos que son postes de madera o de cemento y los vivos que son postes de árboles (García, 2003, p. 11).

La etapa de mantenimiento involucra algunas labores culturales como: podas, fertilización, control de malezas y fitosanitario (Lezama *et al.*, 2000, p. 7). El cultivo de pitahaya empieza a producir a partir del primer o segundo año, su vida productiva es mayor de 10 años. La producción inicia con tres a cuatro

frutos/planta y aumenta paulatinamente hasta el quinto o sexto año cuando alcanza una producción promedio de 20 frutos/planta (García, 2003, pp. 13-15).

Para la fertilización es importante realizar primero un análisis de suelo para proporcionar la cantidad de materia orgánica que haga falta (Lezama *et al.*, 2000, p. 7). La fertilización debe iniciar al mes de trasplantadas las plantas, esta debe ser frecuente en el primer año (cada dos meses) y en los años subsiguientes la dosis aumentará gradualmente y se aplicará directamente al follaje o al suelo (Crane y Balerdi, 2009, p. 4; Lezama *et al.*, 2000, p. 7).

1.1.4.1. Control de malezas

Las malezas compiten con el cultivo por nutrientes, agua, luz y espacio (Rodríguez *et al.*, 1993, p. 5). El control de malezas se debe realizar desde el inicio de la plantación, mediante el control químico o mecánico; se recomienda realizar el corte de malezas o la aplicación de herbicidas cuando estas tengan de 2 a 3 hojas (Lezama *et al.*, 2000, p. 8; OIRSA, 2005, pp. 33-35). Los herbicidas deben aplicarse cuando no haya mucha incidencia de viento para evitar quemar a la planta de pitahaya (OIRSA, 2005, p. 33).

1.1.4.2. Plagas y enfermedades

Las principales plagas que atacan al cultivo de pitahaya son: ácaros (*Ostrinia nubilalis*), trips (*Thrips spp*), hormigas (*Lasius sp*), babosas (*Mylox sp.*), mosca del botón floral (*Diptero lonchaeidae*), ratones (*Mus musculus*) y pájaros (*Trialeurodes vaporiorum*) (Crane y Balerdi, 2009, p. 5).

El ataque de la mosca ocurre entre la cuarta y la sexta semana después de la aparición del botón floral. Las pérdidas ocasionadas por esta plaga pueden llegar al 80 % de las flores de la planta. Para combatir la mosca del botón floral se recomienda recolectar los botones florales afectados, también se deben colocar

trampas McPhail con proteína hidrolizada y realizar control químico (Betancourt *et al.*; 2010, p. 187; Kondo *et al.*, 2011, p. 8). Los daños causados por las babosas se presentan en tallos y raíces debido a un exceso de humedad en el suelo, y en los frutos cuando estos quedan sobre malezas. Es importante realizar un control de humedad del suelo, control de malezas, ubicar trampas dentro del cultivo y aplicar agroquímicos (Betancourt *et al.*, 2010, p. 188).

Las enfermedades que atacan a la pitahaya son: pudrición del tallo de la pitahaya causado por la bacteria *Erwinia carotovora subsp. carotovora*, antracnosis del fruto causada por el hongo *Colletotrichum sp* y pudrición basal del fruto causada por el hongo *Fusarium oxysporum* (OIRSA, 2005, pp. 39-41). La pudrición del tallo de pitahaya se caracteriza por manchas amarillas de aspecto acuoso que se propagan rápidamente. La antracnosis, ataca frutos y tallos. Para su control se deben realizar podas sanitarias y aplicar fungicidas de contacto. La pudrición basal del fruto se caracteriza por una lesión marrón en el pedúnculo que puede ocasionar la caída del fruto. Se recomienda la eliminación de los frutos afectados y la aplicación de fungicidas (Betancourt *et al.*, 2010, p. 189; Mora, 2012, pp. 13-15).

1.1.4.3. Cosecha

En el Ecuador existen tres épocas de cosecha al año, la primera se produce en los meses de Enero-Marzo, la segunda en Junio-Julio y la última en los meses de Octubre-Diciembre. Aunque existen algunas cosechas pequeñas durante todo el año, estas no representan grandes producciones. El precio del fruto varía según la época del año, según sea temporada alta o baja (Asopitahaya, 2010; Comunicación personal con Ing. Gustavo Narváez, Jefe de producción Agrícola PITACAVA).

La pitahaya se cosecha en grado de madurez 3 a 4, de acuerdo a la norma técnica colombiana NTC 3554 (1996). En la cosecha de pitahaya se tienen dos operaciones fundamentales, la primera es la eliminación de las espinas del fruto y

la segunda es el corte del fruto (Jaramillo, 2010, pp. 22,23,36). Para la eliminación de las espinas se utiliza un cepillo de cerdas duras; el corte del fruto se realiza de manera manual mediante la utilización de tijeras de podar con la cual se hace un corte leve en la vaina sin dañar el fruto (OIRSA, 2005, p. 35; Crane y Balerdi, 2009, p. 5). Los frutos son almacenados en gavetas plásticas y llevados hacia el área de acopio de la finca (Jaramillo, 2010, pp. 22-23). Es importante realizar la cosecha a tempranas horas de la mañana, para evitar la exposición directa de los frutos a la radiación solar, lo que produce un deterioro más acelerado (Kader, 2002a, p. 42).

1.1.4.4. Poscosecha

Las operaciones poscosecha que se realizan en pitahaya amarilla son las siguientes (Jaramillo, 2010, pp. 24-25; Kader, 2002a, pp. 43-46):

Recepción: Se pesa y se almacena en un lugar bajo sombra o refrigerado a 10 – 12 °C.

Clasificación: Se realiza la clasificación de acuerdo al peso del fruto. Se divide en tres grupos menores de 160 g, entre 160 y 200 g y mayores de 200 g.

Limpieza: Se sumerge el fruto en una tina con agua y detergente, se cepillan los frutos para eliminar impurezas y suciedades.

Desinfección: Se sumerge la pitahaya en una solución con Mertec al 0,1 % o de ácidos orgánicos (ácido cítrico, tartárico y láctico en proporciones iguales) durante un minuto.

Secado: La pitahaya es colocada en mesas de escurrido. Se utiliza ventilación forzada para acelerar la remoción de la humedad.

Tratamientos poscosecha: Son aplicados con la finalidad de extender la vida útil de los frutos. Entre los principales tratamientos poscosecha se encuentran: preenfriamiento, uso de atmósferas modificadas, aplicación de recubrimientos e irradiación.

Los frutos y vegetales son tejidos vivos susceptibles a un continuo cambio después de la cosecha, estos cambios no se pueden detener pero sí se pueden disminuir hasta ciertos límites con un adecuado manejo poscosecha, con lo cual se asegura el éxito en la comercialización de los productos hortofrutícolas y, consecuentemente de los alimentos mínimamente procesados (fresh-cut) (Kader, 2002a, p. 39; Kader, 2002b, pp. 11-12). Independientemente del tipo de materia prima que se quiera transformar, ésta debe ser manipulada con especial cuidado para causar el menor daño a los tejidos de los productos, evitando así desórdenes fisiológicos del vegetal además de la proliferación microbiana que repercuten directamente en la pérdida de calidad de los alimentos mínimamente procesados (Martín y Rojas, 2005, p. 80).

1.1.5. SITUACIÓN DEL CULTIVO DE PITAHAYA EN EL ECUADOR

En el Ecuador el cultivo de pitahaya es relativamente nuevo, se tienen dos ecotipos, uno que fue introducido de Colombia y crece en el callejón interandino, y el otro, que es un ecotipo local indígena del cantón Palora en la provincia de Morona Santiago y crece en la Amazonía (Comunicación personal con Ing. Wilson Vásquez, Programa experimental de fruticultura, INIAP, Naranjo, 2011, p. 21).

De acuerdo con el último censo agropecuario realizado en el país en el año 2000, el cultivo de pitahaya presentó una superficie de siembra de 165,5 ha, con una producción de 300 t/año y una variación del 20 % debido al factor climático; distribuidas en la Sierra en las provincias de Pichincha (Nanegalito, Mindo, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, Puerto Quito) y Bolívar; en la Amazonía en las provincias de Morona Santiago y el Puyo y en la Costa en la provincia del Guayas (INEC, 2000). En el año 2003 se creó la primera asociación

de productores de pitahaya con 30 agricultores, años después se formó Asopitahaya del Ecuador con 70 socios (Naranjo, 2011, p.21).

Ecuador es un país exportador de pitahaya amarilla fresca, en la primera posición se encuentra Colombia, en segundo lugar está Israel, en tercer lugar está Brasil, seguido por Ecuador y finalmente Nicaragua (Betancourt *et al.*, 2010, p.25). Durante el año 2013, los principales países importadores de pitahaya ecuatoriana fueron Singapur con 25,85 t, Francia con 10,84 t, Holanda con 7,98 t y España con 6,20 t (Banco Central del Ecuador, 2014).

1.1.6. USOS

Las plantas de pitahayas y las partes que la forman se emplean en diferentes usos tanto ornamentales como medicinales y alimenticios, siendo este último el principal. Tradicionalmente la parte comestible ha sido el fruto, sin embargo también se reporta el consumo de las flores como legumbre y los brotes de los tallos como verdura (García, 2003, p. 17; Santacruz-Vázquez, Santacruz y Huerta; 2009; p. 26). En la Tabla 1.1 se detallan los diferentes usos de la pitahaya a nivel industrial.

La investigación sobre la industrialización de los frutos de pitahaya amarilla ha sido escasa, comparados con los estudios en pitahaya roja en donde se han buscado alternativas para la extracción de colorantes y pectinas dentro de la cáscara (García, 2003, p. 17). El fruto de pitahaya amarilla es el producto más demandado, se consume en fresco o como pulpa congelada. Este puede ser sometido a diferentes procesos industriales como: congelamiento, concentración, deshidratación y preservación química (Santacruz-Vázquez *et al.*, 2009, p. 58).

Los frutos de pitahaya amarilla contienen captina, utilizado como tónico cardíaco y estimulante del sistema nervioso por lo que se utiliza en tratamientos de la hipertensión; sus semillas son ricas en aceites esenciales con propiedades

laxantes y mejora el funcionamiento del tracto digestivo (FAO, 2006; García, 2003, p. 17).

Tabla 1.1. Usos de la pitahaya a nivel industrial

Partes	Usos	Industrialización
Tallos	Alimentación humana	Guisos
	Medicinal	Medicamentos
	Cosmetológico	Champú y jabones
Flores	Ornamental	
	Cosmetológico	Esencias
Frutos	Alimentación humana	Fruta fresca y mínimamente procesada, pulpa congelada, jugos, jarabes, licores y liofilizados
	Medicinal	Medicamentos
	Industrial	Colorantes
Cáscara	Industrial	Colorantes y pectinas

(Santacruz-Vázquez *et al.*, 2009; p. 58)

La producción de pitahaya mínimamente procesada es una excelente alternativa para satisfacer la demanda actual de las personas del consumo de alimentos frescos, que conserven su calidad, valor nutritivo e inocuidad para el consumidor (Garrett, 2002, pp. 11-13).

1.2. PROCESAMIENTO MÍNIMO DE FRUTOS Y HORTALIZAS

1.2.1. PRESENTACIÓN DE LOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Los productos hortofrutícolas son clasificados de acuerdo al grado de procesamiento, dando lugar a las diferentes gamas o formas de presentación que se detallan en la Tabla 1.2:

Tabla 1.2. Clasificación de los productos hortofrutícolas según el grado de procesamiento

Gama	Definición
I	Alimentos consumidos en estado fresco. Son cosechados, almacenados y comercializados.
II	Productos hortofrutícolas sometidos a un tratamiento térmico (esterilización) y envasados en recipientes herméticamente cerrados (latas o envases de vidrio); es decir son las conservas y semiconservas
III	Productos hortofrutícolas conservados por frío, es decir por congelación y ultracongelación. Para su consumo es necesario someter a los alimentos a un proceso de descongelación; es indispensable mantener la cadena de frío
IV	Frutos y vegetales mínimamente procesados, conservados bajo cadena de frío, listos para ser consumidos. Son limpiados, preparados y finalmente empacados bajo atmósfera controlada. Los productos mínimamente procesados tienen suficiente tiempo de vida útil para su comercialización y mantienen sus propiedades naturales y de frescura.
V	Productos hortofrutícolas cocidos y envasados en atmósferas protectoras (vacío, atmósferas modificadas o controladas) listos para su consumo, mantenidos en cadena de frío. Para su consumo requieren mínima preparación o un calentamiento.

(Palma y Ferrer, 2008, p. 59; Thompson, 1998, p. 215)

1.2.2. DEFINICIÓN DE FRUTOS MÍNIMAMENTE PROCESADAS (FRESH-CUT)

La Asociación Internacional de Productores de Alimentos Frescos Cortados (IFPA) define a los alimentos vegetales mínimamente procesados como cualquier fruto u hortaliza frescos o una combinación de ellos, que han sido alterados físicamente de su forma original pero que mantienen su estado fresco (Garrett, 2002, p. 12). Por ejemplo: manzanas verdes troceadas, baby zanahorias cortadas y peladas, ensaladas César y Americana con aderezo, etc. Estos alimentos deben ser procesados, empacados, almacenados, distribuidos y comercializados en condiciones de refrigeración (2 - 7 °C). El período de vida útil oscila entre 7-10 días, según el producto (Cano *et al.*, 2005, p. 120).

El procesado mínimo de frutos y vegetales tiene dos propósitos (Laurila y Ahvenainen, 2005, p. 288):

- ✓ Mantener el producto fresco sin perder la calidad nutricional.
- ✓ Asegurar una suficiente vida en estante del producto para realizar la distribución hacia los lugares de consumo.

1.2.3. CADENA PRODUCTIVA DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS (PMP)

El ritmo acelerado de vida de las dos últimas décadas ha reducido el tiempo para la preparación de alimentos en el hogar. Esto ha traído como consecuencia que la producción y consumo de frutos y hortalizas con proceso mínimo, como es el caso de los alimentos de IV gama, se incrementa en los últimos años (Artés-Hernández *et al.*, 2009, pp. 52). Los alimentos mínimamente procesados conservan la calidad nutricional y sus características organolépticas, reducen el tiempo de preparación y satisfacen la demanda actual de dietas conformadas con alimentos frescos y naturales (Oliveira *et al.*, 2005, p. 37). Otras ventajas del consumo de frutos y hortalizas mínimamente procesadas son la estandarización del producto y la disminución en la generación de residuos en un 30 – 35 %. Como se muestra en la Figura 1.2, se tienen dos principales mercados consumidores de alimentos mínimamente procesados o de IV gama: el institucional y al menudeo (Oliveira *et al.*, 2005, p. 37; Linde, 2010, p. 14).

Las formas de presentación de los productos mínimamente procesados (PMP) dependen del mercado al que van dirigidos. Así, para el mercado institucional, los alimentos de IV gama deben ser empacados en envases plásticos flexibles en porciones de 1 a 5 kg, sin embargo se pueden encontrar porciones menores, con aproximadamente 100 o 200 g, dichas raciones se utilizarán en la preparación de comidas individuales. En el mercado al menudeo se tienen PMP en pequeños envases, el peso de las porciones varía entre 200 y 500 g de producto (Oliveira *et al.*, 2005, pp. 38-39).

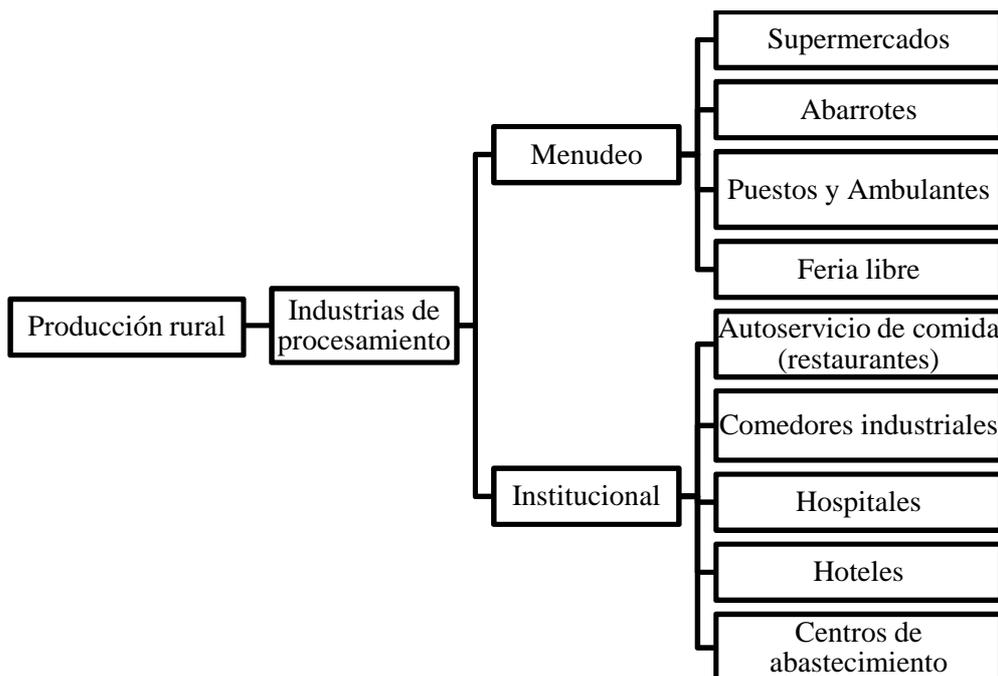


Figura 1.2. Cadena productiva de alimentos mínimamente procesados
(Nantes y Leonelli, 2000, p. 63)

1.2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS PMP

Los consumidores esperan PMP libres de defectos, con una madurez óptima y un producto fresco. Los parámetros de calidad en general, de estos productos son: apariencia, sabor, textura, calidad nutricional y microbiológica (Watada y Ling, 1999, p. 201).

1.2.4.1. Apariencia

Los parámetros que se toman en cuenta dentro de la apariencia de los alimentos cortados son: tamaño, forma, color, brillo y la ausencia de defectos y pudrición. Las lesiones en los frutos y vegetales se originan desde el momento de la cosecha y son causadas por plagas y enfermedades dentro del cultivo. Los defectos poscosecha incluyen marchitamiento y golpes o magulladuras de los productos hortofrutícolas. La temperatura también juega un papel muy importante dentro de la calidad visual de los alimentos mínimamente procesados, ésta puede

causar daños por frío y quemaduras (Kader, 2002b, p. 12). El pardeamiento es otro factor que afecta la apariencia de los alimentos (Oliveira *et al.*, 2005, p. 47). Por lo tanto, buenas prácticas precosecha, cosecha y poscosecha, son importantes para obtener frutos y vegetales enteros y mínimamente procesados de excelente calidad (Kader, 2002b, p. 12).

1.2.4.2. Textura

La textura incluye firmeza, frescura y jugosidad de los frutos y vegetales mínimamente procesados, dichos factores dependen del tipo de producto cortado. La textura es un factor muy importante en la calidad de los PMP, no sólo para el consumo o cocción de los productos sino también para la comercialización y distribución de los mismos. Es decir, un producto con textura suave no puede ser transportado largas distancias ya que va a tener una gran pérdida de agua (Kader, 2002b, p.13). El estado de madurez en el momento de la cosecha de los frutos y vegetales influye en la textura de los productos cortados, por lo cual es necesario cosechar los frutos en un estado de madurez menor que para la comercialización de los productos enteros. Incrementar la concentración de calcio en los tejidos de los frutos y vegetales cortados puede disminuir la pérdida de agua en los PMP (Kader, 2002b, p.13; Watada y Ling, 1999, p. 202).

La firmeza en frutos enteros de pitahaya roja y amarilla es de 24 y 23 N respectivamente (Campos-Rojas, Pinedo, Campos-Montiel y Hernández, 2011, p. 179). No se tiene datos de firmeza de pitahaya amarilla mínimamente procesada, la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada está en un rango de 6 – 6,5 N (Vargas *et al*, 2010, p. 159).

1.2.4.3. Aroma

El aroma, compuesto por el sabor y olor, de los alimentos mínimamente procesados, depende de algunos componentes presentes en los alimentos.

Dichos componentes incluyen el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y compuestos volátiles en los productos cortados. Dentro del parámetro aroma se incluyen el dulzor, la acidez, la astringencia, el amargor, sabor a fruta y los sabores extraños. Las evaluaciones sensoriales son útiles al momento de decidir si el aroma de un alimento mínimamente procesado es el adecuado, de acuerdo a su aceptabilidad por parte de una muestra representativa de consumidores (Kader, 2002b, p.13).

La pitahaya amarilla posee un sabor dulce muy refrescante y recuerda al sabor del agua azucarada (León, 2000, p. 81).

1.2.4.4. Nutrientes

Los vegetales y frutos frescos juegan un papel importante en la nutrición humana, especialmente como fuente de vitaminas (vitamina C, vitamina A, vitamina B₆, tiamina y niacina), minerales y fibra dietética (Kader, 2002b, p.13).

La pitahaya es fuente de minerales, azúcares (glucosa y fructosa), fibra dietética y vitaminas, además su aporte de grasa es escaso. En la Tabla 1.3 se presenta la composición nutricional de los frutos de pitahaya amarilla.

La fibra dietética presente en los frutos y vegetales, no posee un valor nutritivo pero ayuda al buen funcionamiento del intestino. Entre sus funciones se encuentran: facilitar la circulación del bolo alimentario, la formación del bolo fecal y regular la absorción y retención de agua, de proteínas, de grasas y de minerales. Existen dos tipos de fibra, la soluble (pectina, gomas y mucílagos) y la insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) (Valencia y Robles, 2005, pp. 2-4). La pitahaya posee fibra soluble (mucílagos y pectinas) responsable de mejorar el funcionamiento del tracto digestivo y aliviar problemas estomacales tales como la gastritis (Esquivel y Araya, 2012, p. 119; Rodríguez *et al.*, 1993, p. 9-10).

Tabla 1.3 Composición química y nutricional de los frutos de pitahaya amarilla

	Componente químico	Cantidad nutricional de materia comestible (100 g)
Macro nutrientes (%)	Humedad	85,40
	Carbohidratos	9,90
	Proteína	0,40
	Lípidos	0,10
	Fibra	0,70
	Cenizas	0,50
	Energía (kcal/100g)	57
Micro nutrientes (mg/100g)	Calcio	3,47
	Fósforo	30,2
	Hierro	0,55
	Potasio	74,90
	Sodio	4,50
	Tiamina	0,01
	Riboflavina	0,03
	Niacina	0,20
	Vitamina C	8,00

(Díaz, 2005, p. 46,47; FAO/LATINFOODS, 2009)

La capacidad antioxidante de los frutos y verduras proviene de los compuestos como vitamina C, vitamina E, β -carotenos y polifenoles. Estos compuestos captan las moléculas inestables, como los radicales libres los cuales pueden interactuar, modificar o dañar la estructura de moléculas de lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos (Valencia y Robles, 2005, p. 5). Una característica notable de los frutos de pitahaya es la presencia de pigmentos betalaínicos, los mismos que tienen una elevada actividad antioxidante. Dichos compuestos tienen un efecto positivo contra los trastornos de estrés en los seres humanos además de tener efectos anti-inflamatorios (Esquivel y Araya, 2012, p. 119-120).

En la Tabla 1.4 se muestra la influencia del consumo de frutos y hortalizas sobre algunos tipos de cáncer. Los frutos y hortalizas son ricos en polifenoles, flavonoides y carotenoides; los mismos que disminuyen el riesgo de padecer cáncer y enfermedades del corazón (Kader, 2002b, p.13).

Tabla 1.4. Efecto del alto consumo de frutos y hortalizas sobre el riesgo de padecer cáncer

Sitio del cáncer	Efecto del consumo de frutos y hortalizas
Esófago	Disminuye el riesgo de padecer cáncer, en alto nivel
Hígado	
Pulmón	Posiblemente disminuye el riesgo de padecer cáncer
Estómago	
Ovarios	
Cervix	

(World Cancer Research Foundation-American Institute for Cancer Research, 2007, p. 370; Key *et al.*, 2004, p. 193-195)

1.2.5. GRADO DE MADUREZ DE LOS FRUTOS EN RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS

Antes del procesado de los alimentos es fundamental realizar una adecuada selección del material vegetal, con el fin de que éste posea adecuadas características para el tratamiento al que va a ser sometido (González y Lobo, 2005, p. 97).

La madurez al momento de la cosecha es el parámetro más importante que determina la vida útil y calidad tanto de los frutos enteros como cortados. Los frutos inmaduros son más susceptibles a los daños mecánicos y no poseen una buena calidad sensorial (Simson y Straus, 2010, p. 112). Los frutos sobremaduros tienen una textura muy suave y su vida en estante es corta (Watada y Ling, 1999, p. 202). Los índices de madurez para cada fruto se basan en un balance entre los índices que aseguran un buen sabor para el consumo y aquellos que permitan comercializar el fruto en el mercado (Simson y Straus, 2010, p. 112).

Para el procesado de los productos hortofrutícolas hay que seleccionar frutos lo suficientemente maduros con aroma desarrollado, pero no sobremaduros, ya que pueden presentar sabores extraños (González y Lobo, 2005, p. 97). Según la Norma Técnica Colombiana NTC 3554 (1996) los estados de madurez de la pitahaya se relacionan con los cambios de color de la misma, así se tienen una

tabla de color con 6 escalas que van desde fruto bien desarrollado de color verde hasta fruto totalmente amarillo. En el Anexo I se presenta la carta de color para pitahaya amarilla, según la NTC 3554.

1.2.6. OPERACIONES UNITARIAS PARA EL PROCESAMIENTO DE PMP

El procesado mínimo incluye varias operaciones unitarias las cuales se detallan en Figura 1.3.

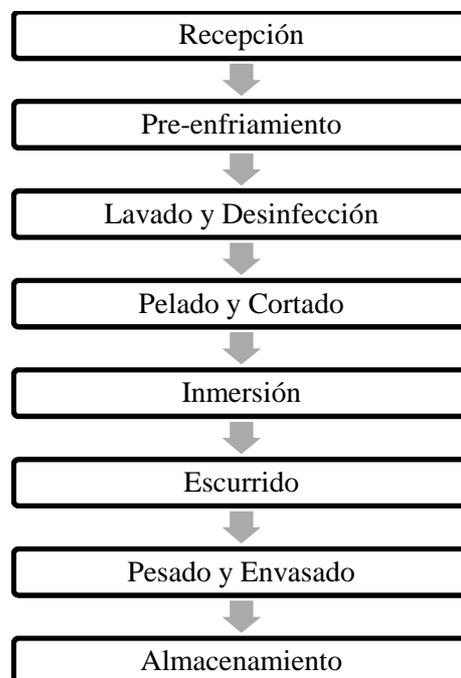


Figura 1.3. Diagrama de flujo del procesado de productos vegetales cortados (Martín, Soliva y Oms, 2008, pp. 129; González y Lobo, 2005, p. 98)

1.2.6.1. Recepción y pre-enfriamiento

Después de que el producto llega a la planta de procesado en el grado de madurez adecuado, el primer paso que se realiza con la mayor rapidez es el pre-enfriamiento. Este proceso tiene como objetivo reducir la temperatura de campo de los frutos, para lo cual se enfrían los frutos. A continuación los frutos se almacenan en cámaras de refrigeración, según las exigencias de temperatura y

humedad relativa hasta que se colocan en las líneas de procesado. Este proceso retrasa la senescencia de los frutos y los procesos metabólicos (González y Lobo, 2005, p. 99).

1.2.6.2. Lavado y desinfección

Los frutos y hortalizas antes de entrar al proceso deben ser cuidadosamente lavados, con el objetivo de remover residuos de pesticidas, restos de vegetales y además para reducir la carga microbiana que es la responsable de la pérdida de calidad de los productos (Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.4). Los frutos y vegetales, son generalmente lavados mediante inmersión en agua con algunos agentes desinfectantes, sin embargo es más efectivo si se lo realiza con circulación de agua o si se burbujea aire en el agua, además también es recomendable utilizar cepillos de lavado para retirar las impurezas adheridas en la superficie de los alimentos. El agua que se utiliza para este proceso debe tener buena calidad microbiológica y la temperatura debe ser bajo los 5 °C (Martín *et al.*, 2008, p. 132). Entre los desinfectantes más utilizados para el lavado de productos vegetales frescos cortados se encuentran: el cloro (hipoclorito), el yodo, los ácidos orgánicos, el peróxido de hidrógeno y agua ozonizada (Parish *et al.*, 2003, pp. 162-163).

El hipoclorito posee una amplia acción microbicida; puede ser aplicado en sistemas de lavado por inmersión, flujo y atomización a una concentración máxima de 200 ppm (González, Allende, Ruiz y Luo, 2005, pp. 264-265). El hipoclorito reduce la población de los siguientes microorganismos: *Listeria monocytogenes*, *E. coli*, *E. coli O 157:H7*, *Salmonella* (Parish *et al.*, 2003, p. 166). Los iodóforos son más efectivos sobre células bacterianas vegetativas que sobre las esporas bacterianas (González *et al.*, 2005, pp. 273-274).

Los ácidos orgánicos se usan para preservar alimentos; su modo de acción antimicrobiana se debe a la reducción directa del pH y a la interrupción del transporte de sustancias por la alteración de la permeabilidad de la membrana.

Los ácidos orgánicos reducen la proliferación de los siguientes microorganismos: *Salmonella spp*, *Shigella spp*, *Listeria spp*; la actividad antimicrobiana dependerá del tipo de ácido y del microorganismo (Parish *et al*, 2003, p. 167). Entre los ácidos orgánicos más usados a nivel industrial se encuentran el ácido cítrico, acético, láctico y tartárico (González *et al*, 2005, pp. 275-277). El peróxido de hidrógeno presenta un amplio espectro de eficacia contra virus, bacteria, hongos y esporas bacterianas. El agua ozonizada es un tratamiento que no sólo destruye microorganismos también proporciona seguridad alimentaria debido a que no dejan residuos en el producto (Martín *et al.*, 2008, pp. 132-133). El ozono en disolución puede utilizarse en forma de ducha o baño (Gil y Tomás, 2005, p. 405).

1.2.6.3. Pelado y cortado

Se realiza un acondicionamiento de los frutos, se elimina la parte no comestible del producto (hojas, pedúnculos). Esta operación se realiza, por lo general, a mano con cuchillos afilados y periódicamente desinfectados (González y Lobo, 2005, p. 99).

Los procesos de pelado y corte de los productos hortofrutícolas son operaciones que tienen gran influencia en la calidad del producto final por lo que se deben realizar con el menor daño posible, así se disminuirán los cambios fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos. La temperatura de proceso debe ser igual o inferior a 4 °C, para reducir al máximo los efectos indeseables (Martín *et al.*, 2008, pp. 133-134).

El pelado puede realizarse de forma mecánica o química (Laurila y Ahvenainen, 2005, p. 294). Entre los métodos mecánicos se encuentran: el pelado manual el cual proporciona la mayor calidad y rendimiento, se realiza con cuchillos afilados y desinfectados; el pelado mecánico con cuchillos es apropiado para productos con una determinada forma geométrica, se realiza en cortadoras provistas de aspas afiladas que giran a gran velocidad y el pelado por abrasión se realiza en un tambor giratorio en donde el producto entra en contacto con unos rodillos cuya

superficie es abrasiva y la cáscara retirada se elimina por lavado. Este tipo de pelado es el más utilizado en productos de la IV gama (Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.4). El método químico que se utiliza en el pelado consiste en la inmersión de los frutos y vegetales en un baño de hidróxido de sodio, sin embargo este método altera la estructura química de los productos por lo que ha sido reemplazado por el pelado ácido obteniéndose así productos de mejor calidad (González y Lobo, 2005, pp. 100-101).

El cortado o reducción del tamaño es la etapa en la cual los productos hortofrutícolas se cortan en trozos más pequeños que sean similares en forma y tamaño. Para esta operación se utilizan cortadoras automáticas que permitan realizar cortes según diferentes formas (rodajas, cubos, tiras o esferas) y además regular el espesor de los trozos, las cuchillas del equipo deben estar lo suficientemente afiladas para disminuir los cambios fisiológicos en los productos (González y Lobo, 2005, pp. 101-102; Laurila y Ahvenainen, 2005, p. 294).

1.2.6.4. Tratamientos de conservación aplicados a productos hortofrutícolas mínimamente procesados

La aplicación de tratamientos de inmersión es una operación fundamental en el procesado de productos hortofrutícolas después del pelado y cortado, ya que reduce los cambios fisiológicos como pardeamiento enzimático, pérdida de agua y proliferación de microorganismos (Martín *et al.*, 2008, pp. 133-134). Además asegura la estabilidad y durabilidad de los PMP durante la comercialización (González y Lobo, 2005, p. 103). En la Tabla 1.5 se presentan los diferentes tratamientos aplicados a los productos cortados con el respectivo efecto indeseable que controlan.

Tabla 1.5. Tratamientos de conservación aplicados a productos hortofrutícolas mínimamente procesados

Tratamientos		Compuestos usados/Efecto	
Químicos	Antioxidantes	ácido ascórbico ácido eritórbico ácido isoascórbico	Evitan la aparición del pardeamiento enzimático ya que inhiben la actividad de la polifenoloxidasas
	Correctores de acidez	ácido cítrico ácido málico	
	Secuestrantes	Ácido cítrico Ácido etilendiamino tetraacético (EDTA)	
	Recubrimientos comestibles	Inhibición del pardeamiento enzimático, el crecimiento microbiano y disminuyen la pérdida de agua y textura	
	Texturizantes	sales de calcio disoluciones salinas	Previene o disminuyen los cambios de textura
	Higienizantes	cloro: gas, hipoclorito sódico peróxido de hidrógeno ácido peroxiacético ozono	Prevenir o eliminar el crecimiento microbiano. NOTA: debe enjuagarse el producto después del tratamiento.
	Conservantes	ácido benzoico ácido sórbico	Evitan la proliferación de microorganismos
	Antimicrobianos naturales	Aceites y aromas esenciales	
Físicos	Térmico suave	Reducen la carga microbiana e inactivan enzimas responsables del deterioro	
	Irradiación		
	Atmósferas modificadas	Prolongan la vida comercial del producto, controla el desarrollo de microorganismos	
	Refrigeración	Controla desarrollo de microorganismos y frena los cambios fisiológicos	

(González y Lobo, 2005, pp. 102-106)

Entre los tratamientos químicos utilizados destacan aquellos compuestos antioxidantes, el ácido ascórbico o alguna de sus sales son los más usados ampliamente. Las concentraciones que se utilizan están entre 250 y 300 mg/L. Es un aditivo alimentario que previene ampliamente las reacciones de pardeamiento y en diferente medida según el producto (González y Lobo, 2005, p. 104). El ácido cítrico es un corrector de acidez, actúa como quelador de iones de metales

responsables de las reacciones de pardeamiento enzimático. Además tiene propiedades antimicrobianas, reduce la proliferación de los siguientes microorganismos: *L. monocytogenes* y *B. cereus*, *Arcobacter butzleri*, *S. aureus* y *E. coli*. Es importante mencionar que el uso de ácido cítrico no tiene limitaciones para el consumo humano y está dentro de los aditivos alimentarios GRAS (generalmente reconocido como seguro) (Doores, 2005, pp. 107-110).

1.2.6.5. Ecurrido o eliminación de agua

Antes de realizar el envasado se debe escurrir el agua del tratamiento del producto. Este paso es muy importante debido a que el exceso de agua es un medio propicio para el crecimiento de microorganismos y además se pueden dar algunas reacciones enzimáticas que degradan el sabor y la apariencia de los productos cortados (Martín *et al.*, 2008, p. 136). La eliminación de agua se puede realizar por escurrido, centrifugado o secado (González y Lobo, 2005, p. 107; Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.9).

1.2.6.6. Pesado, envasado y almacenamiento

El primer paso en el envasado de los PMP es el pesado; es importante colocar la cantidad correcta de producto y se debe asegurar homogeneidad del mismo (González y Lobo, 2005, p. 107; Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.8).

Los productos hortofrutícolas mínimamente procesados se envasan en atmósferas modificadas (AM) activas o pasivas, este proceso se puede realizar mediante flujo continuo vertical para bolsas plásticas y horizontal para bandejas (Martín *et al.*, 2008, p. 137; Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.8).

La temperatura de almacenamiento de los productos hortofrutícolas mínimamente procesados debe estar en un rango de 0 - 4 °C, para prevenir o disminuir los cambios fisiológicos de los mismos. Es fundamental mantener dicha temperatura durante el almacenamiento, transporte y venta para mantener la frescura, calidad

e inocuidad de los productos frescos cortados (Artés-Hernández *et al.*, 2009, p. 56; Martín *et al.*, 2008, p. 138).

En general, los factores que se deben tomar en cuenta durante el proceso de elaboración debido a que determinan la calidad final del producto mínimamente proceso son (González y Lobo, 2005, p. 112):

- ✓ Correctas prácticas pre y pos cosecha, acompañado de materia prima fresca con adecuado estado de madurez
- ✓ Higiene estricta, buenas prácticas de manufactura (BPM) y análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP), además de temperaturas bajas de proceso (igual o inferior a 4 °C)
- ✓ Uso de envases y envasadoras adecuadas
- ✓ Temperatura y humedad controlada durante el almacenamiento y comercialización

1.2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE PMP

Los PMP son tejidos vivos susceptibles a cambios físicos, químicos y fisiológicos. Estos cambios son consecuencia del proceso, de la manipulación, de los tratamientos aplicados al producto y de la atmósfera que se forma en el empaque. El crecimiento microbiano depende también de la fisiología del PMP, en consecuencia es importante considerar los factores internos del producto que promueven el deterioro. Los principales factores son: respiración, producción de etileno, pardeamiento enzimático, pérdida de agua y la susceptibilidad a la proliferación microbiana (Toivonen y DeEll, 2002, pp. 91-92).

1.2.7.1. Tasa de respiración

Los productos frescos cortados generalmente presentan una mayor tasa de respiración que aquellos productos enteros (Cantwell y Suslow, 2002, p. 445).

Altas tasas de respiración de los productos cortados producen pérdidas rápidas de ácidos, azúcares y otros compuestos que determinan su calidad nutricional y su sabor, como consecuencia los tiempos de vida útil son cortos (Cantwell y Suslow, 2002, p. 445; Toivonen y DeEll, 2002, pp. 93-95).

La temperatura de almacenamiento juega un papel importante en la variación de la tasa de respiración de los PMP, a mayor temperatura de almacenamiento mayor tasa de respiración. Otro factor que influye en la respiración de los PMP es el envasado en atmósferas modificadas, ya que el producto está expuesto a concentraciones altas de CO₂ y bajas de O₂; por lo tanto se debe tener especial cuidado con el empaque para prevenir la fermentación y aparición de sabores extraños en los PMP (Cantwell y Suslow, 2005, p. 445).

1.2.7.2. Producción de etileno

La producción de etileno en los PMP dependerá del tipo y la fisiología de los tejidos en cuestión, así por ejemplo, el kiwi, el tomate y la frutilla aumentan la producción de etileno cuando están cortados, por otro lado la pera presenta menor producción de etileno que aquellas enteras. Sin embargo, la madurez del producto (especialmente de aquellos climatéricos) influye en la producción de etileno y debe ser considerado para entender el efecto del proceso de corte en este factor. La producción de etileno se desarrolla en los tejidos que se encuentran cerca de la superficie de corte, además la temperatura de almacenamiento afecta también sobre este parámetro (Toivonen y DeEll, 2002, pp. 92-93). La tasa de producción de etileno es mayor en pedazos de frutos maduros (3/4 o 4/4 maduros) que en aquellos menos maduros (1/4 o 1/2 maduro). El tamaño de los pedazos de los frutos también influye en la producción de etileno, así por ejemplo pedazos muy pequeños de frutos (0,2 mm) tienen un mayor incremento en la producción de etileno, al contrario pedazos grandes (1 a 2 cm) no son diferentes en su fisiología que los frutos enteros (Cantwell y Suslow, 2005, p. 448-449).

En la Tabla 1.6 se observan las diferentes respuestas fisiológicas de los frutos mínimamente procesados comparados con los frutos enteros.

Tabla 1.6. Respuestas fisiológicas de algunos frutos mínimamente procesados respecto a los enteros

Fruta	Grado de madurez	Temp. (°C)	Tamaño (cm)	Respiración con respecto al fruto entero	Producción de etileno comparada con el fruto entero
Manzana	Maduro	2	Rebanadas	Se incrementa	---
Banano	Inmaduro	20	0,4	---	Se incrementa 4 veces
	En maduración	20	0,4	Se incrementa	Se incrementa
	Maduro	20	4	Se mantiene	Se mantiene
Melón	Maduro	20	0,02	---	Se incrementa 10 veces
	En maduración	2	2×1 cilindros	Se mantiene	Se mantiene
	Maduro	2	2×1 cilindros	Se mantiene	Se mantiene
Kiwi	Maduro	20	1	Se incrementa	Se incrementa 8 veces
Pera	En maduración	2	1	Se mantiene	Se mantiene
		20	1	Se incrementa	Se reduce
Fruilla	Madura	2	Cuartos	Se mantiene	---
		20	Cuartos	Se incrementa	Se incrementa 4 veces
Tomate	En maduración	20	1	Se incrementa	Se incrementa 5 veces
	Maduro	20	1	Se mantiene	Se mantiene

(Cantwell y Suslow, 2002, p. 448)

1.2.7.3. Pardeamiento

Las principales enzimas implicadas en el pardeamiento enzimático son la polifenol oxidasa (PPO), la peroxidasa (POD) y la fenilalanina amonio liasa (PAL) (Gil, Tudela y Espín, 2005, pp. 156-159). El pardeamiento enzimático ocurre como resultado de la descompartimentación de los sustratos y las enzimas oxidativas, debido a que los tejidos de los productos cortados están expuestos en mayor medida al oxígeno. La enzima polifenoloxidasa (PPO) cataliza las reacciones en las cuales los compuesto fenólicos son oxidados, produciéndose así el

oscurecimiento enzimático en tejidos cortados (Oliveira *et al.*, 2005, p. 47). El pardeamiento enzimático se puede prevenir mediante la inactivación térmica de la enzima, exclusión del O₂ y/o fenoles, reducción del pH y adición de compuestos que inhiben PPO (Gil *et al.*, 2005, p. 164).

1.2.7.4. Pérdida de agua

La pérdida de agua en frutos y vegetales está influenciada por varios factores, probablemente el más importante es la resistencia de la membrana externa al movimiento de transpiración del vapor de agua hacia el exterior. Por lo tanto, la eliminación de la cáscara y el corte de los productos eliminan esta resistencia. El proceso de corte (manual o mecánico) intervienen en la pérdida de agua de los productos, aquellos que reciben un tratamiento manual (cuchillos) pierden menos agua que los que son cortados mecánicamente (cortadoras mecánicas), esto debido a que este último produce mayores lesiones en los tejidos (Toivonen y DeEll, 2002, pp. 99-100).

1.2.7.5. Aspectos microbiológicos

Tanto los frutos como hortalizas poseen los nutrientes (carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales) y pH (alrededor de 2,5 a 4,5) necesarios para permitir el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos. Los microorganismos que se desarrollan pueden ser patógenos y saprófitos (Cantwell y Suslow, 2002, p. 459; Díaz, Acedo y García, 2005, pp. 217-218). La pitahaya contiene alrededor de 85 % de agua, un 10 % de carbohidratos, 0,4 % de proteínas y 0,1 % de lípidos (Díaz, 2005, p. 46; FAO/LATINFOODS, 2009). El pH de la pitahaya se encuentra alrededor de 4,5 y su contenido de sólidos solubles totales es alto con 19 °Brix (Díaz, 2005, p. 46).

Los microorganismos patógenos que producen enfermedades transmitidas por frutos y vegetales mínimamente procesados son: *Staphylococcus aureus*, *Listeria*

monocytogenes, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica*, *Shigella* sp, *Clostridium perfringens*, *Bacillus Cereus* y *Virus de Norwalk*. Estos microorganismos causan diarreas, meningitis y abortos, además afectan al sistema nervioso (Cantwell y Suslow, 2005, pp. 459-460).

Otro grave problema que se presenta en frutos y vegetales precortados es el deterioro rápido debido a la proliferación microbiana. Las bacterias y los hongos son los principales microorganismos de deterioro, los daños pueden ser iniciados en la precosecha y se incrementan en la poscosecha, los hongos y las bacterias causan la pudrición de los frutos y vegetales mínimamente procesados (Díaz *et al.*, 2005, pp. 218-235).

Para prevenir la propagación microbiológica se deben implementar Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Análisis de Riesgos y Puntos de Control Críticos (HACCP) (Cantwell y Suslow, 2005, p. 459; Díaz y Vernon, 1999, p. 134).

1.3. ENVASADO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

1.3.1. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS POR MODIFICACIÓN DE ATMÓSFERAS

El envasado bajo atmósferas modificada (AM) es una etapa decisiva para extender el tiempo de vida útil de los productos hortofrutícolas cortados (González y Lobo, 2005, p. 107). Modificar la composición de la atmósfera adyacente al producto consiste en cambiar las concentraciones de los gases alrededor del fruto, dando como resultado una composición diferente de la del aire (78,1 % de N₂, 21 % O₂ y 0,03 % de CO₂) (Al-Ati y Hotchkiss, 2002, p. 306). En el envasado en AM se reduce la concentración de oxígeno (O₂) y se aumenta la concentración de dióxido de carbono (CO₂) (Kader, 2002c, p. 135). En general en el caso de PMP es recomendable un contenido de O₂ de 2 a 8 % y de CO₂ de 5 a 15 % (Cantwell y Suslow, 2002, p. 452). La modificación de la atmósfera se produce por acción conjunta entre la respiración del producto hortofrutícola y a la permeación

de los gases a través de la película que rodea al producto, este proceso se desarrolla hasta alcanzar un equilibrio a través de la película (González y Lobo, 2005, p. 107).

La atmósfera modificada puede ser activa o pasiva, en la activa la atmósfera se modifica durante el envasado generalmente por inyección de una mezcla de gases de composición dada y en la pasiva la permeabilidad de los gases de las películas y la respiración del producto permitirán la formación de una atmósfera de equilibrio (Welti, Vergara, Guerrero, García y Villa, 2005, p. 2).

1.3.2. EFECTOS DEL USO DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS (AM)

1.3.2.1. Beneficios de las AM

El uso del envasado bajo atmósferas modificadas conjuntamente con el control de la temperatura y de la humedad relativa (HR) influyen significativamente en la extensión de la vida útil de los productos hortofrutícolas (Kader, 2002c, p. 135). Sin embargo, dicho efecto dependerá del tipo de producto, variedad, fisiología, composición atmosférica, propiedades de barrera del material de empaque y temperatura de almacenamiento (Al-Ati y Hotchkiss, 2002, p. 307). Los beneficios que producen las AM son (Kader, 2002c, p. 135; González y Lobo, 2005, p. 108):

- ✓ Disminuir la producción de CO_2 , C_2H_4 y la tasa de respiración de los productos hortofrutícolas, lo que produce un retraso en la senescencia y un incremento de la vida útil de los mismos.
- ✓ Reducir la severidad de ciertos desórdenes fisiológicos como los daños por frío.
- ✓ Minimizar la pérdida de peso de los productos hortofrutícolas ya que mantiene la HR en la atmósfera
- ✓ Conservar los componentes nutricionales e inhibir el pardeamiento.
- ✓ Reducir la incidencia de microorganismos.

1.3.2.2. Efectos nocivos de las AM

La diferencia entre los beneficios y los efectos nocivos de las AM muchas veces es muy pequeña. Entre los efectos nocivos pueden ser (Kader, 2002c, p. 135):

- ✓ Incrementar desórdenes fisiológicos como el pardeamiento.
- ✓ Desarrollar sabores y olores extraños como consecuencia de la respiración anaerobia y la fermentación.
- ✓ Incrementar la susceptibilidad a daños físicos y microbiológicos si el producto tiene cortes o magulladuras.

1.3.3. EFECTO DE LOS GASES EN UNA AM

En la Tabla 1.7 se presentan los gases utilizados en el envasado con AM con sus respectivos efectos sobre los productos hortofrutícolas.

Tabla 1.7. Principales efectos químicos y bioquímicos de los gases en los productos hortofrutícolas almacenados bajo AM

Gas	Efecto
CO ₂	Inhíbe la respiración de los productos hortofrutícolas Puede desnaturalizar proteínas Inhíbe a la hormona de la maduración (etileno) Inhíbe la hidrólisis de las pectinas (evita el ablandamiento) Disminuye la maduración de los productos hortofrutícolas Reduce el daño por frío de los tejidos vegetales Inhíbe el crecimiento microbiano
O ₂	Activa la oxidación enzimática y química Estimula el crecimiento de bacterias aerobias Inhíbe el crecimiento de bacterias anaerobias

(Welti *et al.*, 2005, pp. 5-6)

Los gases de mayor importancia en una AM para los productos hortofrutícolas son el O₂ y el CO₂ (Welti *et al.*, 2005, p. 5). El porcentaje de O₂ en el aire es del 21 % si se disminuye, la respiración también lo hace, si la concentración de O₂ es menor a 1 % puede empezar la respiración anaerobia y pueden crecer patógenos

como *Pseudomonas* y *Lactobacillus*, microorganismos anaerobios (Al-Ati y Hotchkiss, 2002, p. 309; Kader, 2002c, p. 140). El CO₂ ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano, especialmente contra bacterias Gram-negativas como *Pseudomonas sp.* Los efectos del CO₂ dependen del tipo de microorganismo, de la concentración de CO₂, la actividad de agua y pH del producto y la temperatura de almacenamiento (Al-Ati y Hotchkiss, 2002, p. 310).

1.3.4. FACTORES QUE AFECTAN EL ENVASADO EN AM

Los principales factores que afectan el envasado en atmósferas modificadas de los productos hortofrutícolas son factores biológicos y los factores ambientales.

Entre los factores biológicos están la respiración de los productos hortofrutícolas, ya que la velocidad de respiración depende tanto del proceso de maduración como de los cambios de concentración de O₂ y CO₂. Otro factor importante es la producción y sensibilidad al etileno que tiene cada producto, si se reduce la concentración de O₂ o se aumenta la concentración de CO₂ se logra reducir la concentración de etileno con lo que se prolonga la vida del producto. La temperatura y humedad relativa (HR) de almacenamiento también afectan al envasado en AM. Las bajas temperaturas retardan la senescencia del producto y un control adecuado de HR evitan la condensación o marchitez del producto. Los niveles de tolerancia de CO₂ y O₂ varían de acuerdo al producto hortofrutícola, es importante crear una AM de acuerdo a las necesidades de los mismos (Welti *et al.*, 2005, p. 6-7). En la Tabla 1.8 se presentan las concentraciones de CO₂ y O₂ recomendadas para algunos productos hortofrutícolas cortados.

Entre los factores ambientales se encuentran la temperatura y HR óptimas ya que la permeabilidad del empaque varía con la temperatura, en mayor porcentaje para CO₂ que O₂. La luz, otro factor ambiental, puede provocar que los frutos y vegetales consuman CO₂ y produzcan O₂ lo que afecta a la atmósfera interna que busca conservar una atmósfera óptima dentro del empaque (Welti *et al.*, 2005, p. 7; Al-Ati y Hotchkiss, 2002, pp. 308, 315, 316).

Tabla 1.8. Atmósferas modificadas recomendadas en PMP almacenados de 0 a 5 °C

Producto	Atmósfera aplicada		Beneficios principales
	%CO ₂	%O ₂	
Kiwi en rodajas	2-4	5-10	Retiene la firmeza, reduce la tasa de respiración y producción de etileno, inhibe el crecimiento microbiano
Melón en cubos	3-5	5-15	Inhibe el crecimiento microbiano
Manzana en rodajas	<1	---	Inhibe el pardeamiento y el crecimiento microbiano
Frutillas picadas	1-2	5-10	Retiene la firmeza, reduce la tasa de respiración, inhibe el crecimiento microbiano
Pera en rodajas	0,5	<10	Inhibe el pardeamiento y el crecimiento microbiano
Sandía en cubos	3	10	Previene la anaerobiosis
Pimientos	3	5-10	Retarda el crecimiento microbiano e inhibe el pardeamiento
Papa	1-3	6-9	Inhibe el pardeamiento
Tomate	3	3	Evita pérdida de agua
Coliflor	5-10	<5	Inhibe el pardeamiento y la presencia de sabores extraños
Lechuga	<0,5-3	10-15	Evita el pardeamiento

(Cantwell y Suslow, 2002, p. 452)

1.3.5. EMPAQUES POLIMÉRICOS USADOS EN EL ENVASADO EN AM

Los principales materiales utilizados en el envasado de alimentos mínimamente procesados incluyen el polietileno (PE), polipropileno (PP), el cloruro de polivinilo (PVC) y láminas de polímeros co-extruidos. Estos empaques deben ser fuertes y resistentes a los desgarros, deben tener la propiedad de estiramiento y poder deslizarse para trabajar en las máquinas de envasado, ser claros y transparentes, deben ser de fácil impresión y resellado. Además los empaques deben ser atractivos para el consumidor y de fácil apertura. Otros empaques incluyen envases rígidos cubiertos con láminas permeables, algunas láminas están provistas de microporos los que permiten un mayor intercambio de gases y actualmente se han desarrollado láminas inteligentes o personalizadas (Cantwell

y Suslow, 2002, 454-458). En la Tabla 1.9 se presentan las permeabilidades y las propiedades más importantes de los principales materiales poliméricos utilizados en el envasado de PMP.

Tabla 1.9. Permeabilidades de las principales películas poliméricas utilizados en el envasado de alimentos en AM

Tipo de película	Permeabilidad (E+13) (cm ³ cm/cm ² sPa)		
	O ₂	CO ₂	H ₂ O
Poliétileno de baja densidad (PEBD)	5,18	21,00	93,00
Poliétileno de alta densidad (PEAD)	0,83	3,23	13,50
Polipropileno (PP)	1,70	6,90	51,00
Poliestireno (PS)	1,90	---	1 350,00
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,03	0,12	206,00
Poli (oxietilenoitereftalato) PET	0,03	0,12	---

(Welti *et al.*, 2005, pp. 17-18)

Existe un gran número de materiales poliméricos que son utilizados para el envasado de los PMP. Por lo tanto es esencial la correcta selección de la permeabilidad de los empaques y de las películas de sellado de los envases, ya que de ello y de la tasa de respiración del producto depende principalmente la AM en el interior de los empaques (González y Lobo, 2005, p. 109).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALES

2.1.1. MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para la caracterización física, química y sensorial y el estudio de la calidad poscosecha de pitahaya mínimamente procesada fue pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en etapa de madurez 4 (amarilla con mamilas verdes), cosechada en los meses de octubre y noviembre del 2012 y enero del 2013, procedente de Agrícola PITACAVA ubicada en el cantón Pedro Vicente Maldonado de la provincia de Pichincha.

Las pitahayas fueron seleccionadas y cosechadas a tempranas horas de la mañana, primeramente se realizó el corte del fruto; posteriormente se eliminaron las espinas. Los frutos fueron transportados hacia el área de poscosecha de la finca. Luego, los frutos fueron sumergidos en una tina con agua clorada (2 000 ppm), donde se cepillaron para eliminar cualquier impureza adherida. Los frutos ya limpios fueron sumergidos en una tina con una solución de Amistar (Azoxistrobina: 0,5 g/L) por 1 min, posteriormente se colocaron en una mesa de escurrido. Una vez secos, los frutos fueron dispuestos en gavetas plásticas provistas de una lámina de espuma de polietileno en la base. En cada gaveta se colocó alrededor de 60 pitahayas, las cuales fueron transportadas en un camión con cubierta para evitar el calentamiento de los frutos durante el transporte hacia la Planta Piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional en Quito, con un tiempo aproximado de transporte de 4 h.

Se almacenó la materia prima en una cámara de refrigeración a 12 °C hasta el siguiente día para iniciar el proceso. Se utilizaron 70 frutos para los ensayos preliminares y 350 frutos para el ensayo final. Se eliminaron del proceso los frutos con presencia de daños físicos.

2.1.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE PITAHAYA FRESH-CUT

Durante todo el proceso de elaboración de las bandejas con pitahaya mínimamente procesadas se trabajó en una cámara de refrigeración a 4 ± 1 °C. Los equipos y utensilios que se utilizaron en la preparación de las bandejas fueron desinfectados en agua clorada (200 ppm) y se trabajó en forma aséptica (guantes, cofia, mascarilla, mandil). El proceso de elaboración de las bandejas con rebanadas de pitahaya que se utilizó en todos los experimentos realizados fue el que se muestra en la Figura 2.1.

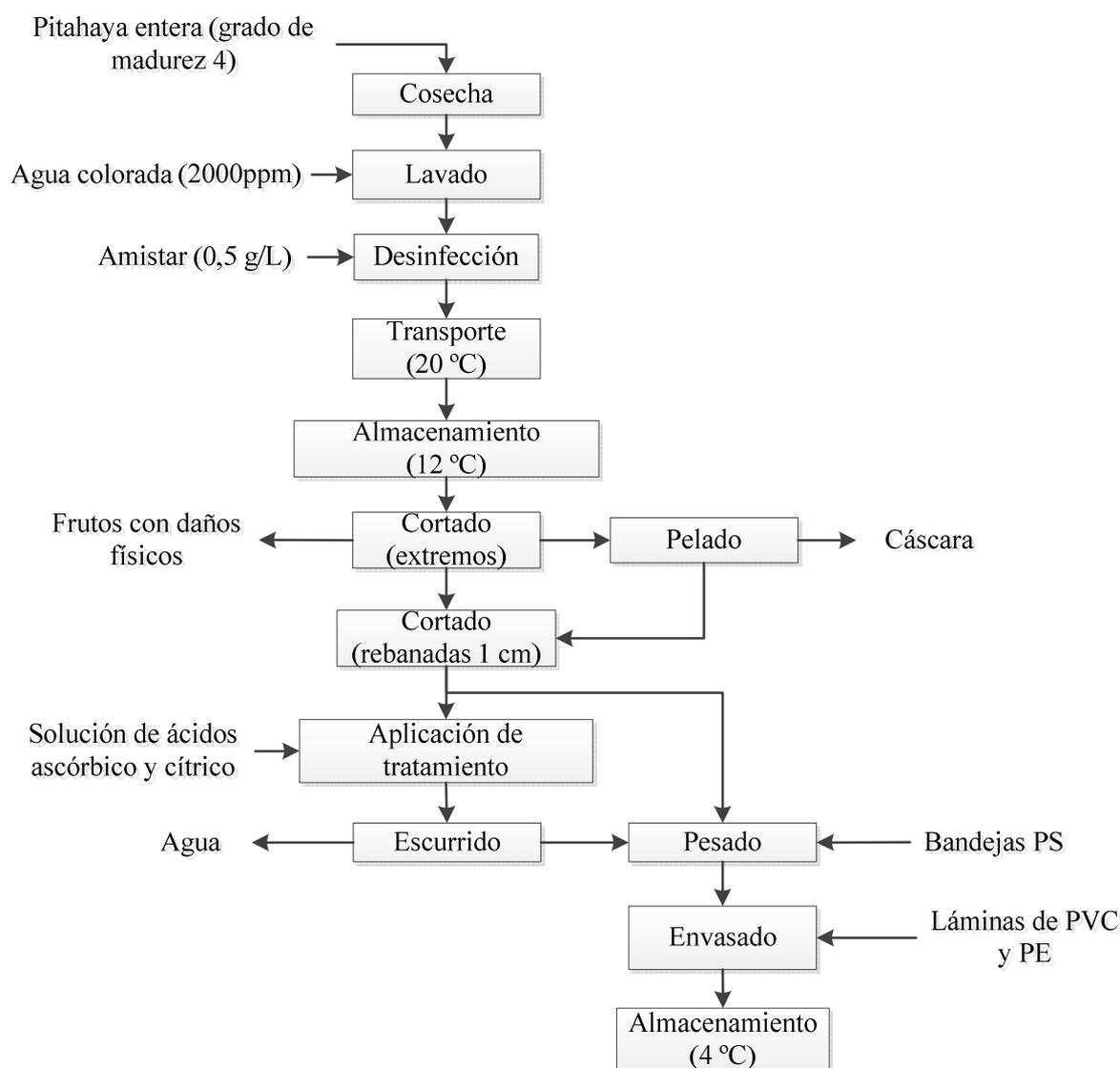


Figura 2.1. Diagrama de bloques del procesamiento mínimo de pitahaya

En las pitahayas se eliminaron los extremos y a cada fruto se cortó en 4 o 5 rebanadas de aproximadamente 1 cm de espesor, se utilizó un cortador de vegetales. Las rebanadas se sumergieron en la solución de ácidos (ascórbico y cítrico, grado alimenticio) por 5 min en el acápite 2.3.1, 1 y 3 min en el acápite 2.4.1 y 3 min en el acápite 2.5.1. La relación entre el volumen de solución y peso de rebanadas de pitahaya fue 3 L/kg. Finalmente se escurrieron las rebanadas por aproximadamente 1 min. Alrededor de 150 g de rebanadas de pitahaya fueron envasadas en bandejas de poliestireno expandido (PS) de 14,5 cm de ancho y 21 cm de largo y se sellaron con dos tipos de láminas plásticas. En el Anexo II se presentan las especificaciones técnicas de las láminas plásticas de PVC para alimentos (Cloruro de Polivinilo) y PEBD (Polietileno de Baja Densidad). El período de almacenamiento de las bandejas con rebanadas de pitahaya fue de hasta 8 días a 4 °C y 90 % de humedad relativa (HR). La evaluación de la calidad se realizó a los 0, 4 y 8 días de almacenamiento.

2.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA MATERIA PRIMA

2.2.1.1. ANÁLISIS FÍSICOS

2.2.1.2. Peso

Se determinó el peso de 30 frutos de pitahaya en una balanza electrónica (BOECO, modelo BBA51, Alemania, 4 100 g, 0,01).

2.2.1.3. Longitud y Diámetro

La longitud de los frutos de pitahaya, se midió con un calibrador (MC CORMICK FRUIT TECH, modelo M300, USA, 6 pulg, 0,5) desde la base de los frutos hasta el extremo superior del eje axial.

El diámetro se determinó en la sección trasversal más ancha de la pitahaya (zona ecuatorial) con un calibrador de precisión (CRANSTON MACHINERY, modelo SM325, 100 mm, 0,25). Las determinaciones se realizaron en 30 frutos.

2.2.1.4. Firmeza

Se utilizó un penetrómetro manual (McCormick Fruit Pressure Tester, modelo FT011, Italia, 5 kgf, 0,5) equipado con una punta plana de 8 mm de diámetro y se midió en secciones previamente peladas en las caras opuestas de la zona ecuatorial de cada fruto. Los resultados se expresaron en Newton (N). Se determinó la firmeza en 30 frutos.

2.2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

2.2.2.1. Preparación del jugo

Se utilizaron cinco frutos, los cuales se lavaron, pelaron, cortaron. Se comprimió la pulpa en una malla de tela cheescloth con el objetivo de filtrarlo. Se prepararon cinco repeticiones de cada tratamiento, según método AOAC 920.149 (AOAC, 2005).

2.2.2.2. Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Para la determinación de SST se utilizó un refractómetro manual (ATAGO, modelo HSR500, Japón, 42 °Brix, 0,2) y se colocaron dos gotas del jugo preparado sobre el prisma, según el método AOAC 932.12 (AOAC, 2005). Los resultados se reportaron en °Brix. Se realizaron dos medidas de cada repetición.

2.2.2.3. Determinación de pH

El pH se midió con un pH-metro electrónico (WTW, modelo pH 330i/set, Alemania, 14, 0,1), el cual estaba calibrado en un rango de pH de 4 a 7. Se tomó alrededor de 50 mL de jugo preparado y se sumergió el electrodo en la muestra hasta obtener el valor de pH estable, esto según el método AOAC 981.12 (AOAC, 2005). Se realizaron dos medidas de cada repetición.

2.2.2.4. Determinación de acidez titulable

Se tomó una muestra de 5 mL de jugo preparado y se colocó en un Erlenmeyer, se diluyó con 50 mL de agua destilada, se añadió tres gotas de fenoftaleína y se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta que el color rosa persistió por 30 s. La acidez titulable se reportó como porcentaje de ácido cítrico con un $f_a = 0,064$, según la AOAC 942.15 (AOAC, 2005). Se realizaron dos medidas de cada repetición. El cálculo de la acidez titulable se basó en la siguiente relación [2.1]:

$$I = \frac{100 \times f_a \times V_{NaOH} \times f}{V_o} \quad [2.1]$$

Donde:

A: Acidez del producto en porcentaje de masa (% de ácido cítrico)

f_a : Factor del ácido cítrico (0,064)

V_{NaOH} : Volumen del NaOH utilizado (mL)

N_{NaOH} : Normalidad de la solución de NaOH (0,1 N)

f: Factor de corrección del NaOH (0,995)

V_o : Volumen de la muestra de jugo (mL)

2.2.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

Los parámetros evaluados en la calidad visual fueron: turgencia, grado de marchitez, daños físicos y presencia de hongos. Estos parámetros se evaluaron en 30 frutos. Para evaluar los atributos de calidad se utilizó una escala numérica de 1 a 5. La valoración de las escalas se indica en la Tabla 2.1. En los Anexos III, IV, V y VI se visualizan las fotografías de los parámetros evaluados.

Tabla 2.1. Escala de evaluación de la calidad visual para pitahaya amarilla

Puntuación	ATRIBUTOS			
	Turgencia	Marchitez del pedúnculo	Daños físicos	Presencia de hongos (% Afectado del fruto)
1	Muy secas	Extremo	Extremo	90-100
2	Secas	Severo	Severo	60-90
3	Medianamente secas	Moderado	Moderado	30-60
4	Ligeramente secas	Discreto	Discreto	10-30
5	Frescas	Ninguno	Ninguno	0-10

2.2.3.1. Índice de apariencia general de los frutos

Para calcular el índice de evaluación de calidad de cada atributo se empleó la siguiente fórmula [2.2] (Rodov *et al.*, 2000, p. 262):

$$I = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5}{N} \quad [2.2]$$

Donde:

I: Índice de apariencia general

N: Número total de frutos evaluados

n_1 - n_5 : Número de frutos que presentaron igual características (igual puntuación) en la escala 1 a 5.

Tabla 2.2. Escala de valoración de la calidad total para frutos de pitahaya

Calificación Total	Clasificación
Entre 4-5	A: Mantiene características iniciales
Entre 3-4	B: Presenta deterioro y daño, apta para el consumo
<3	C: No comerciables

(Rodov *et al.*, 2000, p. 262)

2.2.4. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó con la ayuda de 12 panelistas semi-entrenados, quienes evaluaron los atributos de apariencia, sabor, acidez, dulzor y presencia de sabores extraños. Se utilizó una prueba descriptiva de calificación con escalas no estructuradas (Anzaldúa, 1994, p. 96; Fiszman, 2005, pp. 530-532). En el Anexo VII se presenta el formato de la evaluación para el análisis sensorial. Para la cuantificación de la prueba se midió con una regla el valor asignado por el juez (escala no estructurada) de cada atributo evaluado.

Cada panelista recibió 2 rodajas de frutos distintos de cada tratamiento, colocadas en recipientes desechables e identificados con un código de tres dígitos al azar. Los jueces se enjuagaron la boca con agua antes y después de probar cada muestra.

2.2.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En el análisis microbiológico se determinó contaje total de aerobios, contaje de mohos y levaduras y contaje de coliformes totales. El análisis microbiológico se realizó en la pulpa de los frutos. El método que se utilizó para cada análisis se presenta en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Métodos para el análisis microbiológico de pitahaya amarilla

Analito	Método
Contaje total de aerobios	FDA/CFSAN BAM (2001)
Contaje de hongos y levaduras	997.02 (AOAC, 2005)
Contaje de coliformes totales	FDA/CFSAN BAM (2002)

2.3. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA CÁSCARA EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

2.3.1. PREPARACIÓN DE LAS BANDEJAS CON FRUTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Para la preparación de las bandejas con pitahaya mínimamente procesada se siguió el procedimiento descrito en el acápite 2.1.2. Se utilizó un diseño factorial 2², donde las variables del proceso fueron: inclusión de la cáscara y tipo de empaque. Para la realización de la solución para la inmersión de las rebanadas de pitahaya se preparó una solución acuosa al 0,25 % (p/p) de ácido ascórbico y 1 % (p/p) de ácido cítrico. Dicha solución se colocó en recipientes de vidrio previamente lavados y desinfectados. Se almacenó en refrigeración hasta que la solución alcanzó una temperatura de 5 °C, se trasvasó a otro recipiente donde las rebanadas de pitahaya fueron sumergidas. El tiempo de inmersión de las rebanadas fue 5 min, posteriormente se escurrieron y se empacaron. En la Tabla 2.4 se indican los códigos utilizados en toda la experimentación para cada tratamiento.

Tabla 2.4. Códigos de identificación de los tratamientos

Código	Tratamiento
CA	Con cáscara + lámina de PVC
CB	Con cáscara + lámina de PEBD
SCA	Sin cáscara + lámina de PVC
SCB	Sin cáscara + lámina de PEBD

2.3.2. CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

La concentración de CO₂ en el interior de los empaques se determinó en el analizador rápido de gases (POSTHARVEST RESEARCH, modelo CG-100, Davis), como se muestra en el Anexo VIII. Las muestras de gases se tomaron por duplicado con jeringas de 1mL. La concentración de CO₂ se determinó todos los días durante el almacenamiento. Para evitar el daño del empaque por el uso de las jeringas, se colocó cintas adhesivas en los empaques, como se muestra en el Anexo IX.

2.3.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

Los parámetros evaluados en la calidad visual fueron pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos. Estos parámetros se evaluaron en 3 bandejas. Para evaluar los atributos de calidad se utilizó una escala numérica de 1 a 5. La valoración de las escalas se indica en la Tabla 2.5. En los Anexos X, XI, XII se visualizan las fotografías de los parámetros evaluados. El pardeamiento se evaluó mediante la apreciación visual de las rebanadas de pitahaya y comparados con los colores establecidos en el Atlas de color. En el Anexo X se detalla la forma de codificar los matices de color de las rebanadas (Küppers, 2002, pp. 17-18).

Tabla 2.5. Escala de evaluación de la calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla

Puntuación	ATRIBUTOS		
	Pardeamiento	Marchitez de las rebanadas	Presencia de hongos (% afectada)
1	Extremo	Extremo	90 – 100
2	Severo	Severo	60 – 90
3	Moderado	Moderado	30 – 60
4	Discreto	Discreto	10 – 30
5	Ninguno	Ninguno	0 – 10

2.4. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE ÁCIDOS Y EL TIEMPO DE INMERSIÓN EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

2.4.1. PREPARACIÓN DE LAS BANDEJAS CON FRUTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Para la preparación de las bandejas con pitahaya mínimamente procesada se siguió el procedimiento descrito en el acápite 2.1.2. Se utilizó un diseño factorial 2^3 , donde las variables del proceso fueron: concentración de la solución de mezcla de ácidos ascórbico y cítrico, tiempo de inmersión y tipo de empaque. Se prepararon dos soluciones de mezcla de ácidos (ascórbico y cítrico) para la inmersión de las rebanadas de pitahaya, la solución acuosa 1(D) al 0,10 % (p/p) de cada ácido y la solución acuosa 2(E) al 0,25 % (p/p) de cada ácido. Las soluciones siguieron el procedimiento descrito en el acápite 2.3.1. El tiempo de inmersión de las rebanadas fue de 1(F) y 3(G) min en cada solución. En la Tabla 2.6 se indican los códigos utilizados en toda la experimentación para cada tratamiento.

Tabla 2.6. Códigos de identificación de los tratamientos

Código	Tratamiento
DFA	Solución 0,10 % p/p + 1 min + Lámina PVC
EFA	Solución 0,25 % p/p + 1 min + Lámina PVC
DGA	Solución 0,10 % p/p + 3 min + Lámina PVC
EGA	Solución 0,25 % p/p + 3 min + Lámina PVC
DFB	Solución 0,10 % p/p + 1 min + Lámina PEBD
EFB	Solución 0,25 % p/p + 1 min + Lámina PEBD
DGB	Solución 0,10 % p/p + 3 min + Lámina PEBD
EGB	Solución 0,25 % p/p + 3 min + Lámina PEBD

2.4.2. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

La concentración de CO₂ en el interior de los empaques se determinó como se describió en el acápite 2.3.2.

2.4.3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL

Los parámetros evaluados en la calidad visual fueron pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos. Para evaluar los atributos de calidad se utilizó las escalas descritas en el acápite 2.3.3.

2.5. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE ÁCIDOS EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

2.5.1. PREPARACIÓN DE LAS BANDEJAS CON FRUTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Para la preparación de las bandejas con pitahaya mínimamente procesada se siguió el procedimiento descrito en el acápite 2.1.2. Se prepararon 30 bandejas por tratamiento. Se utilizó un diseño factorial 2², donde las variables del proceso fueron el tipo de empaque y la inmersión de las rebanadas de pitahaya en la solución de ácidos. Se preparó una solución acuosa al 0,10 % (p/p) de ácido ascórbico y 0,10 % (p/p) de ácido cítrico, para la inmersión de las rebanadas de pitahaya. Las soluciones siguieron el procedimiento descrito en el acápite 2.3.1. El tiempo de inmersión de las rebanadas fue 3 min, posteriormente se escurrieron y se empacaron. En la Tabla 2.7 se indican los códigos utilizados en toda la experimentación para cada tratamiento.

Tabla 2.7. Códigos de identificación de los tratamientos

Código	Tratamiento
CIA	Con inmersión + lámina de PVC
CIB	Con inmersión + lámina de PEBD
SIA	Sin inmersión + lámina de PVC
SIB	Sin inmersión + lámina de PEBD

2.5.2. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

La concentración de CO₂ en el interior de los empaques se determinó como se describió en el acápite 2.3.2.

2.5.3. ANÁLISIS QUÍMICO

Para la determinación del pH, el contenido de SST y la acidez titulable se utilizaron los métodos descritos en la caracterización físico química de la materia prima al momento de la cosecha, especificado en el acápite 2.2.2.

2.5.4. ANÁLISIS FÍSICOS

2.5.4.1. Pérdida de peso

Durante este análisis se pesaron las bandejas al inicio y al final de cada período de almacenamiento, en una balanza electrónica (BOECO, modelo BBA51, Alemania, 4 100 g, 0,01). Se utilizaron 15 bandejas por cada tratamiento y los resultados se obtuvieron en porcentaje de pérdida de peso según la siguiente relación [2.3]:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{100 \times (P_f - P_o)}{P_o} \quad [2.3]$$

Donde:

P_o: Peso inicial (g)

P_f: Peso final (g)

2.5.4.2. Firmeza

Se utilizó un penetrómetro manual (McCormick Fruit Pressure Tester, modelo FT011, Italia, 5 kgf, 0,5) equipado con una punta plana de 8 mm de diámetro y se midió 2 veces en la parte superior de las rebanadas, se evitó tomar medidas en los lugares con semillas. Los resultados se expresaron en Newton (N). Se determinó la firmeza en 10 bandejas, de cada bandeja se tomaron 2 rebanadas.

2.5.5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

Los parámetros evaluados en la calidad visual fueron pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos. Para evaluar los atributos de calidad se utilizó las escalas descritas en el acápite 2.3.3.

2.5.6. ANÁLISIS SENSORIAL

Para el método de preparación de las muestras se utilizaron los parámetros descritos anteriormente en la caracterización de la materia prima en el acápite 2.2.4. Los atributos que se evaluaron fueron: de apariencia, sabor a fruta, acidez, dulzor y sabores extraños. El análisis sensorial completo se realizará a los 4 días, a los 8 días de almacenamiento solo se realizó la evaluación de apariencia.

2.5.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para el análisis microbiológico se utilizaron los parámetros descritos anteriormente en la caracterización de la materia prima en el acápite 2.2.5. Se determinó contaje total de aerobios, contaje de hongos y levaduras y contaje de coliformes totales (FDA/CFSAN BAM, 2001; 997.02 AOAC, 2005; FDA/CFSAN BAM, 2002)

2.5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los efectos y de las interacciones de las variables se realizó mediante un análisis de varianza multifactorial (Multifactor ANOVA) utilizando el programa STATGRAPHICS Centurin versión XV.II, con la prueba de mínima diferencia significativa (LSD intervals), con un 95 % de confiabilidad.

2.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO PLANTEADO PARA DETERMINAR SU FACTIBILIDAD

2.6.1. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PITAHAYA MÍNIMAMENTE PROCESADA

La estimación de los costos de implementación de pitahaya mínimamente procesada se determinó considerando los costos variables (materia prima e insumos, servicios industriales, mano de obra) y costos fijos (alquiler de vehículos y mantenimiento de maquinarias) relacionados con el procesamiento del fruto. Además se determinó el costo de los equipos y materiales necesarios para el proceso; también se tomó en cuenta el terreno y construcciones (cámaras de refrigeración para procesar y almacenar el producto) requeridas para la elaboración de pitahaya mínimamente procesada.

La estimación de los costos se realizó para 20 días laborales y la cantidad de producto para procesar fue la producción de consumo para el mercado nacional

de la Agrícola PITACAVA. La pitahaya procesada fue empacada en bandejas de PS y se sellaron con láminas de PVC, las mismas que fueron empacadas en cajas de cartón con 12 bandejas cada una.

El costo para las bandejas con rebanadas de pitahaya fue calculado en base a los costos de producción. Además se tomó como referencia el precio de venta de productos similares que se encontraron en los supermercados locales, se consideró una utilidad del 30 %, incorporada al PVP (precio de venta al público). Para determinar los equipos, herramientas, número de trabajadores y suministros (agua, energía eléctrica) involucrados en el procesamiento mínimo de pitahaya, se realizó un balance de masa y posteriormente un diagrama de bloques (BFD). Finalmente se construyó el lay-out de la planta para la elaboración de pitahaya mínimamente procesada.

2.6.2. ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES FINANCIEROS

Para la elaboración del flujo de caja neto se estableció que la vida útil del proyecto será de 5 años; además se realizó el estado de pérdidas y ganancias, para lo que se calcularon las ventas, costos fijos y costos variables, utilidad en operación, tasa impositiva (22,5 %) la cual incluye el impuesto a la renta (23 %) y la participación de trabajadores (15 %) y finalmente la depreciación de equipos y construcciones, los mismos que se depreciaran por el método de línea recta en 20 años para las construcciones y 10 años para la maquinaria. En el estado de pérdidas y ganancias se tiene como resultado el flujo de caja bruto. Las ventas se determinaron con base a la producción para el mercado nacional de la Agrícola PITACAVA y se estimó un crecimiento del 20 % para cada año del proyecto.

Para el cálculo de los Flujos de Caja Neto se determinaron los ingresos en donde intervinieron: flujo de caja bruto, valor residual activos fijos, valor residual capital de trabajo; y los egresos que incluyen los incrementos de capital de trabajo el que

aumenta en 10 % cada año. El flujo de caja neto es la diferencia entre el total de ingresos y egresos (Eslava, 2008, pp. 44-50).

La rentabilidad económica se estimó con base en los indicadores financieros: Punto de Equilibrio (PE), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Los mismos que se obtuvieron mediante hoja de cálculo y con la aplicación de fórmulas financieras de EXCEL 2007; en base a los datos recopilados, fruto de los cálculos establecidos en esta investigación (Thuesen, Fabricky y Thuesen, 1984, pp. 135-144,146-150,252).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1. ANÁLISIS FÍSICOS

En la Tabla 3.1 se presentan los valores obtenidos en la caracterización física de pitahaya amarilla. El peso promedio de los frutos de pitahaya fue de $154,4 \pm 21,5$ g, que corresponde al calibre 14 de acuerdo a la norma INEN 2003:05 (2005). En una investigación de caracterización física de pitahaya amarilla variedad *Stenocereus griseus*, reportaron el peso del fruto completo con un valor de $133,7 \pm 18,6$ g (Ayala y Beltrán, 2007, p. 246). Esta cantidad es menor a la encontrada en este estudio. Existió variabilidad de peso entre las muestras analizadas, por lo tanto se obtuvo una desviación estándar alta. Esto debido a que los pesos de los frutos de pitahaya varían entre 110 y 360 g, por lo tanto dependiendo del peso se clasifican en los diferentes calibres (INEN 2003:05, 2005).

La longitud y el diámetro promedio de los frutos de pitahaya fueron 9,87 y 6,50 cm, respectivamente. Ayala y Beltrán (2007) reportaron valores de $8,06 \pm 1,04$ cm de longitud y $5,89 \pm 0,34$ de diámetro (p. 246). Estos valores son similares a los encontrados en la presente investigación. Con base en los resultados obtenidos se concluye que la forma del fruto es ovoide, lo que significa que el diámetro es menor que la longitud (índice de forma < 1), estos datos coinciden con lo reportado por Ayala y Beltrán (2007) (p. 246).

La firmeza promedio de los frutos fue de $20,4 \pm 4,3$ N. En un estudio realizado por Torres *et al.* (2012), se reportó que la firmeza correspondiente a pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) fue de 24 N (p. S142). En la investigación realizada por Campos-Rojas *et al.* (2011), se presentó la firmeza para pitahaya amarilla (*Stenocereus spp*) de 23 N (p. 179). Estos valores son mayores a los encontrados

en la presente investigación. Dicha diferencia podría atribuirse al grado de madurez de los frutos utilizados en los ensayos. En el presente estudio se utilizó pitahaya en estado de madurez 4 y en los estudios realizados por Torres *et al.* (2012, p. S142) y Campos-Rojas *et al.* (2011, p. 175) se utilizó pitahaya en estado de madurez 3. Es decir que en el presente estudio se utilizó frutos con menor grado de madurez que el utilizado por los otros autores mencionados.

Tabla 3.1. Caracterización física y química de los frutos de pitahaya amarilla

	Variable	Valor
Física	Peso (g)	154,42 ± 21,45
	Longitud (cm)	9,87 ± 0,75
	Diámetro (cm)	6,50 ± 0,31
	Firmeza de los frutos (N)	20,40 ± 4,26
Química	pH	4,46 ± 0,04
	Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,11 ± 0,01
	SST (°Brix)	18,25 ± 0,39

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 30)

3.1.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

En la Tabla 3.1, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización química de los frutos de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*).

Los frutos de pitahaya amarilla presentaron un pH de 4,46 y acidez titulable de 0,11 % (g/100g de ácido cítrico) lo que caracteriza a los frutos como un producto ligeramente ácido, no neutro. La pitahaya analizada en esta investigación corresponde a frutos maduros según la norma INEN 2003:05 (2005), con pH mayor a 4,40 y acidez titulable menor a 5, expresada como ácido cítrico. El contenido de SST en la materia prima fue de 18,25 °Brix, este valor concuerda con lo reportado por Gallo (1997) (18 °Brix) para frutos maduros (p. 100).

3.1.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

En la Tabla 3.2 se reportan los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad visual para los frutos enteros de pitahaya amarilla. Estos valores dan como resultado un índice de apariencia general de los frutos de 4,65; lo que califica a la materia prima como un producto fresco, según la fórmula [2.2].

Además, los frutos utilizados en este experimento se encontraban enteros, limpios, libres de ataques de insectos y/o enfermedades, presentaban aspecto fresco, por lo que según la norma NTC 3554 e INEN 2003:05 pertenecerían a la categoría I.

Tabla 3.2. Resultados de la evaluación de la calidad visual de los frutos de pitahaya amarilla utilizados para la caracterización de la materia prima

Variable	Valor
Turgencia	4,90 ± 0,31
Marchitez del pedúnculo	4,97 ± 0,18
Daños físicos	4,03 ± 0,61
Presencia de hongos	4,70 ± 0,47

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 30)

3.1.4. ANÁLISIS SENSORIAL Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial y microbiológico de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*).

Los panelistas indicaron que la materia prima presentó una apariencia muy fresca, con sabor y dulzor intensos, las calificaciones fueron superiores a 7 en la escala de calificaciones no estructurada. No se detectó presencia de sabores extraños. En los análisis químicos del acápite 3.1.2, se caracterizó a la pitahaya amarilla como un fruto ligeramente ácido, esto se corrobora con los resultados obtenidos en el análisis sensorial para el parámetro acidez. Los panelistas indicaron que los frutos de pitahaya fueron débilmente ácidos.

Los análisis microbiológicos de las muestras no reportaron presencia de coliformes totales (<3 NMP/g) y el recuento de aerobios totales, mohos y levaduras estuvo dentro de la norma sanitaria peruana (MINSA/DIGESA, 2008, p. 20). Esto significa que los frutos utilizados para la preparación de las bandejas con pitahaya mínimamente procesada estuvieron inocuos y aptos para el procesamiento posterior.

Tabla 3.3 Resultados del análisis sensorial y microbiológico de los frutos de pitahaya amarilla utilizados para la caracterización de la materia prima

ANÁLISIS SENSORIAL	
Atributo	Valor
Apariencia	8,79 ± 0,95
Sabor	7,70 ± 1,00
Acidez	0,84 ± 0,25
Dulzor	7,18 ± 0,59
Sabores extraños	0,63 ± 0,17
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
Atributo	Valor
Aerobios totales (UFC/g)	5,0E+01
Mohos y levaduras (UFC/g)	<1,0E+01
Coliformes totales (NMP/g)	<3,0E+00

Sensorial: $\bar{X} \pm \sigma$ (n = 12)

Microbiológico: $\bar{X} \pm \sigma$ (n = 2)

En general, el peso promedio de pitahaya amarilla, caracterizó a los frutos como calibre 14 según la norma INEN 2003:05, con pesos comprendidos entre 151 – 200 g. Los valores de pH y la acidez titulable caracterizaron a los frutos de pitahaya amarilla como productos ligeramente ácidos, condición normal debido a que los frutos son productos ácidos.

Además, la calidad visual de los frutos estuvo dentro de la categoría I según la norma NTC 3554 ya que presentaron un aspecto fresco y de textura firme, libres de ataque de microorganismos. En el análisis sensorial, los panelistas calificaron a la materia prima como fresca con aroma característico a fruta; no se detectaron

presencia de olores ni sabores extraños. Según el análisis microbiológico, la materia prima estuvo inocua y apta para el procesamiento.

3.2. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA CÁSCARA EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

3.2.1. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

En la Figura 3.1 se muestran las concentraciones de CO₂ acumulado en el interior de los empaques, para los períodos de almacenamiento 4 y 8 días a 4 °C.

Para los dos tipos de empaque la concentración de CO₂ no fue mayor al 3 %. Este valor está fuera del rango recomendado por Cantwell y Suslow (2002), para frutos mínimamente procesados (5 – 15 %) (p, 452). García (2006; p. 9) y Cantwell y Suslow (2002; p. 455), sugieren que se necesitan concentraciones de CO₂ superiores al 5 % para inhibir el crecimiento de microorganismos, mantener la firmeza, reducir el pardeamiento y la aparición de sabores extraños. Como la concentración de CO₂ fue baja no se detectó fermentación en las muestras y este hecho se respalda con el análisis sensorial realizado, en el cual ningún juez manifestó la presencia del sabor característico a fermentado en las muestras.

En la Figura 3.1 se muestran los períodos de almacenamiento para cada tratamiento. En los dos períodos de almacenamiento se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el material de empaque y la inclusión o no de la cáscara. Para el primer período de almacenamiento el tratamiento CA (con cáscara + lámina de PVC) presentó una concentración de 0,85 % CO₂ y el tratamiento SCA (sin cáscara + lámina de PVC) 0,35 % CO₂, por otro lado los tratamientos CB (con cáscara + lámina de PEBD) y SCB (sin cáscara + lámina de PEBD) presentaron valores de 2,70 y 1,45 % CO₂, respectivamente.

En el segundo período de almacenamiento se observó un comportamiento similar al descrito anteriormente, las concentraciones de CO₂ en el interior de los

empaques fueron de 0,89 y 0,45 % de CO₂ en los tratamientos CA y SCA, respectivamente. Mientras que para el CB y SCB fueron de 2,74 y 1,60 % CO₂.

Las bajas concentraciones de CO₂ acumuladas en el interior de los empaques pudieron ser consecuencia de la baja tasa de respiración de la pitahaya amarilla entera, y aunque en la pitahaya cortada la tasa de respiración aumentó no fue suficiente para acumular más del 5 % de CO₂ en los empaques (Gallo, 1997, p. 86). Además como se mencionó anteriormente, pudieron existir fallas en las láminas de empaque que no permitieron la acumulación del gas dentro de los mismos.

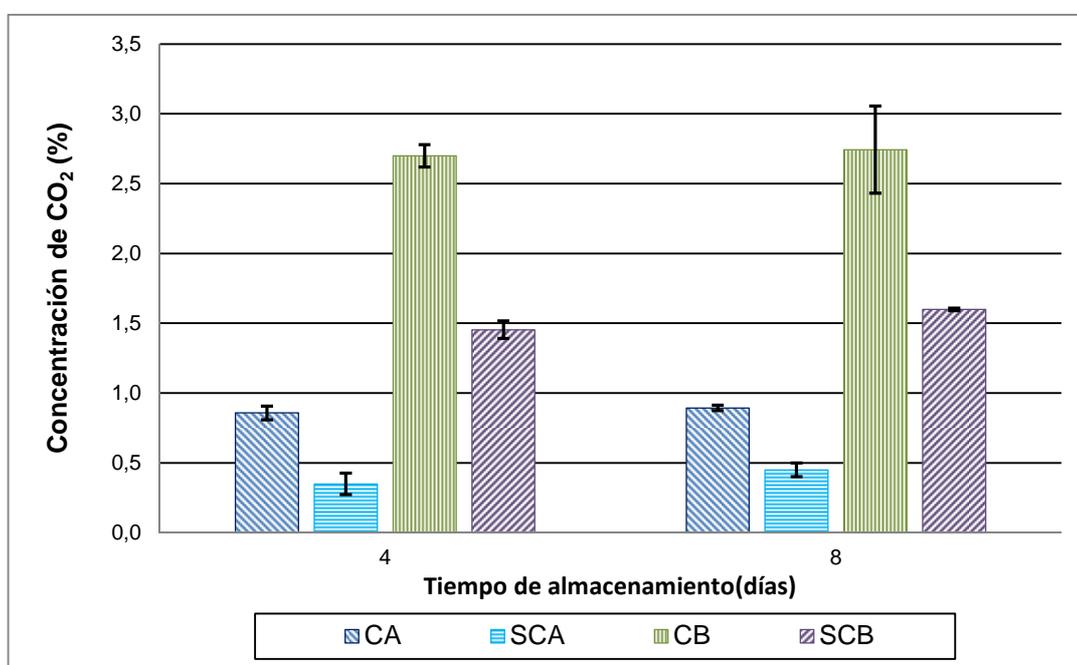


Figura 3.1. Concentración de CO₂ en el interior de los empaques en rebanadas de pitahaya (C: con cáscara; SC: sin cáscara) empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento de 4 y 8 días a 4 °C

Envasar rebanadas de pitahaya con cáscara produjo una mayor concentración de CO₂ en el interior de los empaques, como se observa en la Figura 3.2. Con los dos tipos de empaque la concentración de CO₂ en las bandejas con rebanadas de pitahaya con cáscara fue más alta que aquellas bandejas con rebanadas de pitahaya sin cáscara. La concentración más alta de CO₂ (2,74 %) se obtuvo en las bandejas con rebanadas de pitahaya con cáscara empacadas con láminas de

PEBD. Esto debido a que el PVC fue más permeable ($0,12E+13 \text{ cm}^3 \text{ cm/cm}^2 \text{ sPa}$) que el PEBD ($21E+13 \text{ cm}^3 \text{ cm/cm}^2 \text{ sPa}$), lo que hizo que el CO_2 pase con mayor facilidad a través de este empaque y como consecuencia la concentración de este gas fue menor dentro de los mismos.

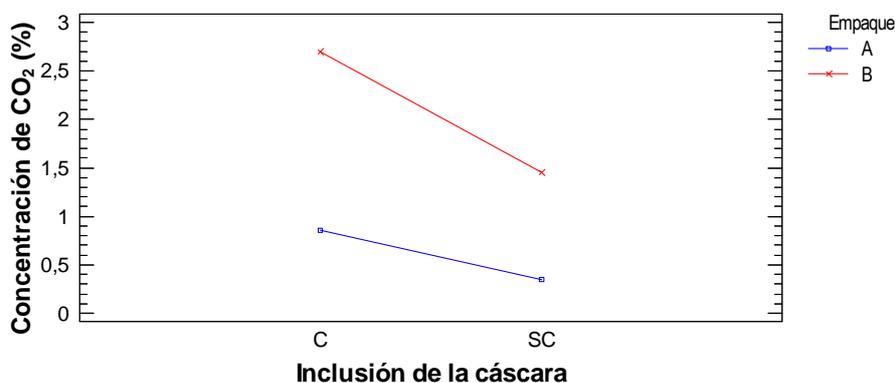


Figura 3.2. Gráfico de interacción del tipo de empaque y la inclusión de la cáscara en la concentración de CO_2 en el interior de los empaques en rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4°C por 4 días

La interacción entre las variables determina si los factores interactúan entre sí o tienen efecto sobre la variable de respuesta. Existe interacción cuando el efecto de un factor depende del nivel en el que se encuentra el otro; además si hay interacción entre las variables se puede determinar cuál es el mejor tratamiento sobre una variable de respuesta (León y Montero, 2001, p. 160).

En la Figura 3.2 se presenta la interacción existente entre la inclusión de la cáscara y el tipo de empaque, evidenciándose que la utilización de empaque de PEBD aumenta la concentración de CO_2 en el interior de los empaques indiferentemente de si se realiza el proceso de pelado o no, como se mencionó anteriormente. Es decir que el empaque menos permeable produce una variación alta en la concentración de CO_2 acumulada en los empaques (PEBD).

3.2.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL

3.2.2.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos

En la Tabla 3.4 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad visual de pitahaya mínimamente procesada durante el almacenamiento. Para el atributo pardeamiento el índice para los tratamientos CA (con cáscara + lámina de PVC) y CB (con cáscara + lámina de PEBD) se mantuvo entre los valores de 1,6 a 2,8 y para los tratamientos SCA (sin cáscara + lámina de PVC) y SCB (sin cáscara + lámina de PEBD) estuvo entre los valores de 2,6 a 4,1 comparados con el valor inicial de 4,9. Es decir los tratamientos SCA y SCB presentaron mejor apariencia visual.

Tabla 3.4. Índice de evaluación de la calidad visual para pitahaya mínimamente procesada, almacenada hasta 8 días a 4 °C y 90 % HR

ATRIBUTO	Días de almacenamiento	Tratamientos			
		CA	SCA	CB	SCB
Pardeamiento	4 días a 4 °C	2,8	4,1	2,5	3,5
	8 días a 4 °C	1,9	3,2	1,6	2,6
Marchitez de las rebanadas	4 días a 4 °C	2,9	4,2	2,6	3,6
	8 días a 4 °C	2,0	3,4	1,6	2,8
Presencia de hongos	4 días a 4 °C	2,2	3,5	1,9	2,9
	8 días a 4 °C	1,7	3,1	1,4	2,5

Índice de evaluación (n = 3)

CA: Con cáscara + lámina de PVC

SCA: Sin cáscara + lámina de PVC

CB: Con cáscara + lámina de PEBD

SCB: Sin cáscara + lámina de PEBD

El atributo marchitez de las rebanadas presentó valores entre 1,6 a 2,9 para los tratamientos CA y CB, mientras que para los tratamientos SCA y SCB estos valores fueron mayores (de 2,8 a 4,2) comparado con el valor inicial de 4,9; esto debido principalmente a la presencia de hongos, el mayor crecimiento visual de hongos se produjo en los tratamientos CA y CB con valores entre 1,4 a 2,2; mientras que en los tratamientos SCA y SCB el índice de calidad para el atributo

presencia de hongos tuvieron índices de calidad con valores entre 2,5 y 3,5 comparado con el valor inicial de 5.

El corte de los frutos de pitahaya en rebanadas eliminó la resistencia de las membranas celulares a la pérdida de agua, lo cual pudo ocasionar marchitez en las rebanadas de pitahaya (Toivonen y DeEll, 2002, pp. 99-100). El crecimiento de microorganismos en las rebanadas de pitahaya amarilla, principalmente hongos, se produjo por la presencia de los hongos *Bipolaris sp.* (40 %), *Alternaria sp.* (30 %), *Rhizopus sp.* (10 %), *Fusarium sp.* (10 %) y *Cladosporium sp.* (10 %) en los frutos enteros desde el cultivo; resultados del análisis fitosanitario realizado en el INIAP. Por lo tanto, a pesar del lavado y desinfección que se realizó en los frutos antes del procesamiento, no se logró reducir la población de hongos y se evidenció visualmente su crecimiento durante el almacenamiento de las bandejas con pitahaya cortada.

Durante los dos períodos de almacenamiento los atributos evaluados para el índice de evaluación visual presentaron interacción entre el tipo de empaque y la inclusión o no de la cáscara, de acuerdo al análisis estadístico los tratamientos SCA y SCB mantuvieron una mejor calidad visual que los tratamientos CA y CB.

En la Tabla 3.5 se resume la evaluación final de la calidad de las rebanadas de pitahaya. En el primer período de almacenamiento todos los tratamientos SCA y SCB presentaron calidad B, apto para el consumo, y los tratamientos CA y CB presentaron calidad C (No comerciable); sin embargo en el segundo período de almacenamiento todos los tratamientos presentaron calidad C, por lo que no son comerciables, como se muestra en las Figuras 3.3 y 3.4. La presencia de hongos en las bandejas con rebanadas de pitahaya en el segundo período de almacenamiento fue alta (60 %) lo que influyó en la atmósfera que se formó en el interior de los empaques, por lo tanto como se presentó en el acápite 3.2.1 la concentración de CO₂ en los tratamientos CA y CB fue mayor, esto debido a la presencia de microorganismos en las bandejas con pitahaya cortada.

Tabla 3.5. Evaluación de la calidad visual total de rebanadas de pitahaya amarilla durante el almacenamiento a 4 °C y 90 % HR

Días de almacenamiento	Tratamiento			
	CA	SCA	CB	SCB
4	C	B	C	B
8	C	C	C	C

A = entre 4-5; Mantiene las características iniciales

B = entre 3 – 4; Presenta deterioro pero es apto para el consumo

C = < 3; No comerciable

CA: Con cáscara + lámina de PVC; SCA: Sin cáscara + lámina de PVC; CB: Con cáscara + lámina de PEBD; SCB: Sin cáscara + lámina de PEBD

1 = extremo; 2 = severo; 3 = moderado; 4 = discreto; 5 = ninguno

Después de realizar los análisis en las bandejas con pitahaya cortada, se concluye que la inclusión de la cáscara en las rebanadas de pitahaya influyó significativamente en la calidad visual de las muestras. Las muestras empacadas sin cáscara (PVC y PEBD) presentaron mejor calidad poscosecha que aquellas empacadas con cáscara. El crecimiento de los hongos *Bipolaris sp.*, *Alternaria sp.*, *Rhizopus sp.*, *Fusarium sp.* y *Cladosporium sp.* fue más notorio en las rebanadas de pitahaya con cáscara, lo que redujo su calidad para el consumo. Es importante mencionar que los frutos de pitahaya enteros estuvieron contaminados con los hongos mencionados anteriormente desde el cultivo, a pesar de los tratamientos de lavado y desinfección no se logró eliminar los hongos presentes en los frutos.



Figura 3.3. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C

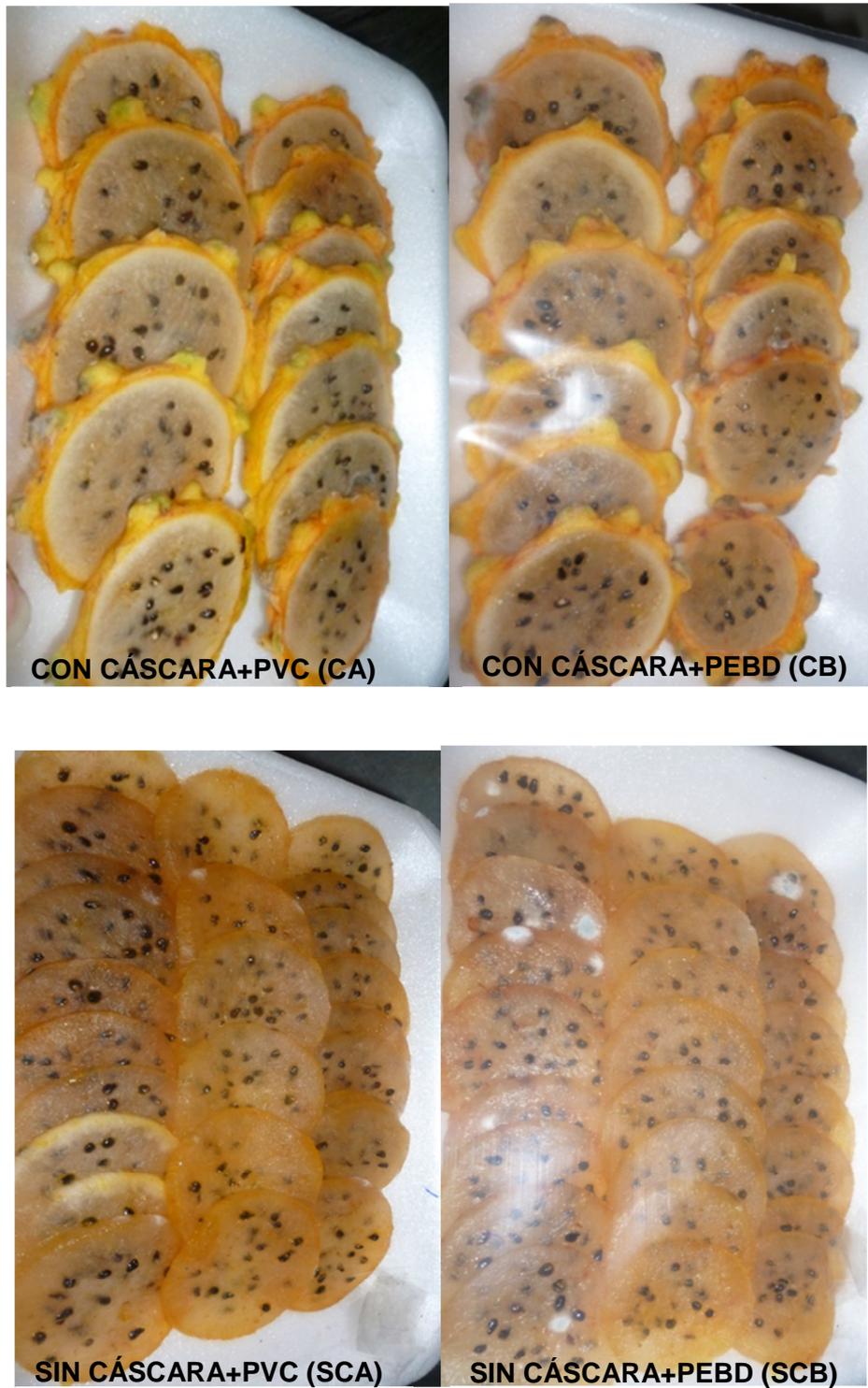


Figura 3.4. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C

3.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE ÁCIDOS Y EL TIEMPO DE INMERSIÓN EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

Para la determinación del efecto de la concentración de una solución de ácidos y el tiempo de inmersión en la calidad de rebanadas de pitahaya se utilizó rebanadas de pitahaya amarilla sin cáscara, ya que en el ensayo anterior se evidenció mayor crecimiento visual de hongos en las rebanadas de pitahaya con cáscara. Adicionalmente, las concentraciones de las soluciones de ácidos utilizadas para la inmersión de las rebanadas fueron menores (0,10 % y 0,25 % de cada ácido) que la utilizada en el ensayo anterior (1 % ácido cítrico y 0,25 % ácido ascórbico) ya que en una degustación informal se notó que las rebanadas de pitahaya del primer ensayo tenían un sabor altamente ácido.

3.3.1. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

En la Figura 3.5 se muestran las concentraciones de CO₂ acumulado en el interior de los empaques, para los períodos de almacenamiento 4 y 8 días a 4 °C.

Las concentraciones de CO₂ durante el almacenamiento aumentaron mínimamente, los valores de CO₂ para todos los tratamientos no fueron mayores a 0,4 %; las concentraciones fluctuaron entre 0,25 y 0,35 %. Estos valores son menores a los reportados en el ensayo con rebanadas de pitahaya con y sin cáscara (acápite 3.2.1), consecuentemente no están dentro del rango recomendado para frutos mínimamente procesada (5 – 15 % CO₂) (Cantwell y Suslow, 2002, p. 452).

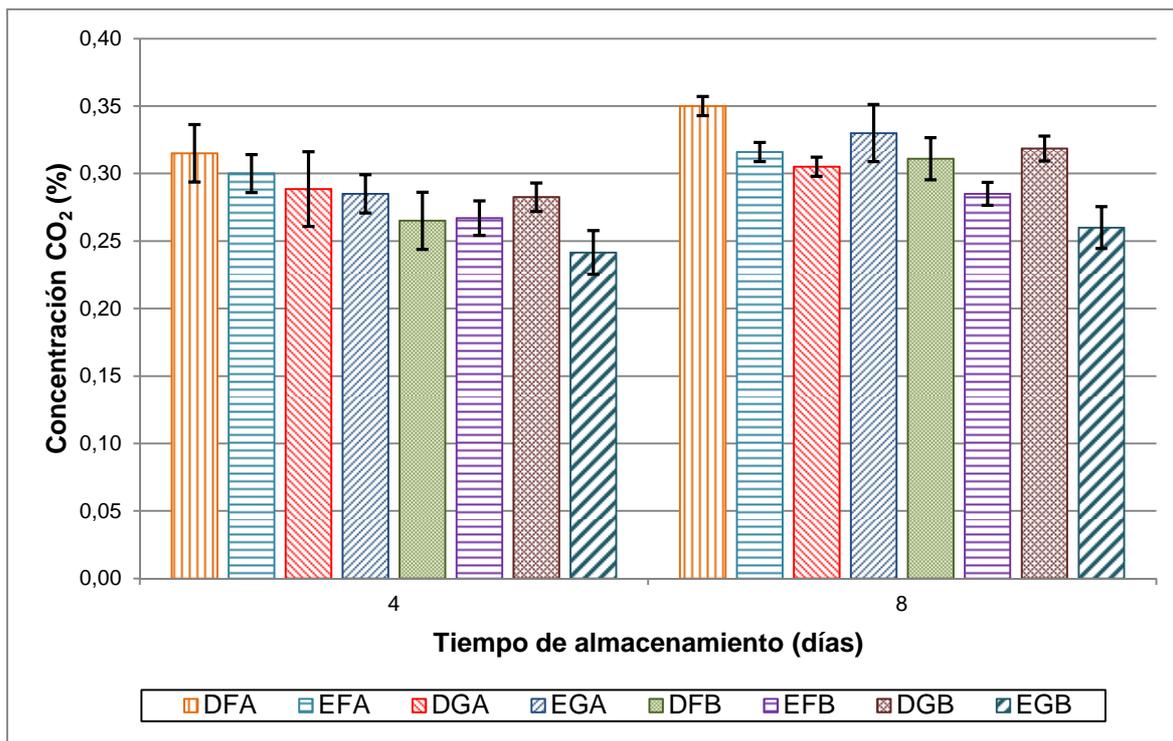


Figura 3.5. Concentración de CO₂ en el interior de los paquetes en rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento de 4 y 8 días a 4 °C.

De acuerdo al análisis estadístico, ninguno de los factores (empaquete, concentración de la solución de ácidos ascórbico y cítrico y tiempo de inmersión) tienen un efecto estadísticamente significativo ($p > 0,05$) sobre la variable de respuesta concentración de CO₂ en el interior de los paquetes.

Para el primer período de almacenamiento las concentraciones de CO₂ en los tratamientos con el empaque PVC (DFA: solución1 (0,10 %p/p) + 1min, DGA: solución1 (0,10 %p/p) + 3min, EFA: solución2 (0,25 %p/p) + 1min, EGA: solución2 (0,25 %p/p) + 3min) presentaron concentraciones de CO₂ entre 0,29 a 0,32 % CO₂. Mientras, que en el segundo período de almacenamiento las concentraciones de CO₂ fueron de 0,31 a 0,35 % CO₂. Dichos valores son similares a los reportados en el acápite 3.2.1 para el tratamiento SCA (sin cáscara + lámina de PVC). Esto debido a que en los dos casos se utilizó PVC de iguales características y se procesó pitahaya amarilla sin cáscara.

La concentración de CO₂ más alta se tiene en el tratamiento DFA (Solución1 (0,10 % p/p) + 1min + empaque PVC) con 0,32 % a los 4 días y 0,35 % a los 8 días de almacenamiento. Mientras que la concentración más baja de CO₂ se logró en el tratamiento EGB (Solución2 (0,25 % p/p) + 3min + empaque PEBD) con valores de 0,24 % a los 4 días y 0,26 % a los 8 días de almacenamiento.

En el presente ensayo se añadió una variable, espesor de las láminas de empaque. Las concentraciones bajas de CO₂ se podrían deber al espesor de las láminas de empaque, el espesor del PEBD para este ensayo fue de 0,015 mm mientras que el usado en el ensayo anterior fue de 0,050 mm lo que implica mayor intercambio de gases en el primer caso y menor acumulación de CO₂ dentro del empaque. Además las láminas de empaque pudieron tener agujeros, producto de fallas durante el empaquetado o por golpes durante el almacenamiento, las mismas que no permitieron acumulación de CO₂ en el interior de los empaques. Las bajas concentraciones de CO₂ también se atribuyen posiblemente, a la baja tasa de respiración de la pitahaya amarilla (Gallo, 1997, p. 86).

3.3.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL

3.3.2.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas de pitahaya y presencia de hongos

En la Tabla 3.6 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad visual de pitahaya mínimamente procesada durante el almacenamiento.

En el primer período de almacenamiento (4 días a 4 °C) los tratamientos DFA, DFB y EGB presentaron marchitez moderada a discreta y leve pardeamiento. Los demás tratamientos mantuvieron las características iniciales: sin pardeamiento ni marchitez. Ningún tratamiento presentó crecimiento de hongos durante los dos períodos de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C).

En el segundo período de almacenamiento (8 días a 4 °C) las rebanadas de pitahaya amarilla tratadas con la solución al 0,10 % de ácido ascórbico y

0,10 % de ácido cítrico durante 3 min empacadas con PVC y PEBD (tratamientos DGA y DGB) mantuvieron características aptas para el consumo, es decir marchitez discreta y sin pardeamiento. Sin embargo los demás tratamientos no presentaron calidad visual mala, ya que el grado de marchitez y pardeamiento fueron moderados.

Durante los dos períodos de almacenamiento los atributos evaluados para el índice de evaluación visual presentaron interacción entre el tipo de empaque, la concentración de la solución de ácidos y el tiempo de inmersión, de acuerdo al análisis estadístico los tratamientos DGA y DGB mantuvieron una mejor calidad visual que los demás tratamientos (DFA, EFA, DGA, EGA, DFB, EFB, DGB, EGB).

Tabla 3.6. Índice de evaluación de la calidad visual para pitahaya mínimamente procesada, almacenada hasta 8 días a 4 °C y 90 % HR

ATRIBUTO	Días de almacenamiento	Tratamientos							
		DFA	EFA	DGA	EGA	DFB	EFB	DGB	EGB
Pardeamiento	4 días a 4 °C	3,5	4,3	4,8	3,9	3,7	4,1	4,6	3,5
	8 días a 4 °C	3,2	4,0	4,5	3,7	3,4	3,8	4,3	3,3
Marchitez de las rebanadas	4 días a 4 °C	3,5	4,3	4,8	3,9	3,7	4,1	4,6	3,5
	8 días a 4 °C	3,2	4,0	4,5	3,7	3,4	3,8	4,3	3,3
Presencia de hongos	4 días a 4 °C	5,0	4,9	4,9	5,0	4,8	5,0	5,0	5,0
	8 días a 4 °C	4,8	4,7	4,5	4,8	4,5	4,8	4,7	4,8

Índice de evaluación (n = 2)

DFA: Solución 0,10 %p/p + 1min + empaque PVC, EFA: Solución 0,25 %p/p + 1min+empaque PVC, DGA: Solución 0,10 %p/p + 3min + empaque PVC, EGA: Solución 0,25 %p/p + 3min + empaque PVC, DFB: Solución 0,10 %p/p + 1min + empaque PEBD, EFB: Solución 0,25 %p/p + 1min + empaque PEBD, DGB: Solución 0,10 %p/p + 3min + empaque PEBD, EGB: Solución 0,25 %p/p + 3min + empaque PEBD
1 = extremo; 2 = severo; 3 = moderado; 4 = discreto; 5 = ninguno

Como se muestra en la Tabla 3.6, la concentración de la solución de ácidos y el tiempo de inmersión tuvieron una relación inversa; es decir, a mayor concentración de la solución de ácidos se requiere menor tiempo de inmersión y viceversa. Así, el tratamiento DGA (Solución 0,10 %p/p + 3min + empaque PVC), presentó mejor apariencia visual (4,5 a 4,8) que el DFA (Solución 0,10 %p/p + 1min + empaque PVC) que presentó apariencia visual entre 3,2 a 3,5. Por el contrario, el tratamiento EFA (Solución 0,25 %p/p + 1min + empaque PVC) tuvo

mejor apariencia visual que el EGA (Solución 0,25 %p/p + 3min + empaque PVC), los valores en el primer caso estuvieron entre 4,0 y 4,3 y en el segundo entre 3,7 y 3,9. Similar comportamiento ocurrió en las rebanadas empacadas con láminas de PEBD. Esto podría deberse al proceso osmótico: si la solución de inmersión es más ácida que las rebanadas el equilibrio osmótico ocurrirá más rápido y sucederá lo contrario si la concentración de la solución de inmersión es menor que la de las rebanadas (Sanjinez, Branco, Takito y Corbari, 2010).

En la Tabla 3.7 se presenta la evaluación final de la calidad de las rebanadas de pitahaya. En el primer período de almacenamiento el tratamiento DFA presentó calidad B es decir se evidenció deterioro pero es apto para el consumo, los demás tratamientos (EFA, DGA, EGA, DFB, EFB, DGB, EGB) son aptos para el consumo ya que mantienen las características iniciales, con calidad total A. En el segundo período de almacenamiento el tratamiento DFA y EFA presentaron calidad total B, y los demás tratamientos mantuvieron su calidad total en A, como se muestra en las Figuras 3.6 y 3.7.

Tabla 3.7. Evaluación de la calidad visual total de rebanadas de pitahaya amarilla durante el almacenamiento a 4 °C y 90 % HR

Días de almacenamiento	Tratamiento							
	DFA	EFA	DGA	EGA	DFB	EFB	DGB	EGB
4	B	A	A	A	A	A	A	A
8	B	B	A	A	A	A	A	A

A = entre 4-5; Mantiene las características iniciales

B = entre 3 – 4; Presenta deterioro pero es apto para el consumo

C = < 3; No comerciable

El pardeamiento fue el aspecto que más afectó la calidad visual de las rebanadas seguido de la marchitez y finalmente la presencia de hongos. Con los dos tipos de empaque (PVC y PEBD) se tuvo mejor apariencia visual al sumergir las rebanadas en la solución de ácidos 0,10 % p/p durante 3 min. En consecuencia, para el experimento final se escogieron los parámetros siguientes: 0,10 % p/p de cada ácido (cítrico y ascórbico) para la concentración de la solución de inmersión de las rebanadas y 3 min para el tiempo de inmersión.

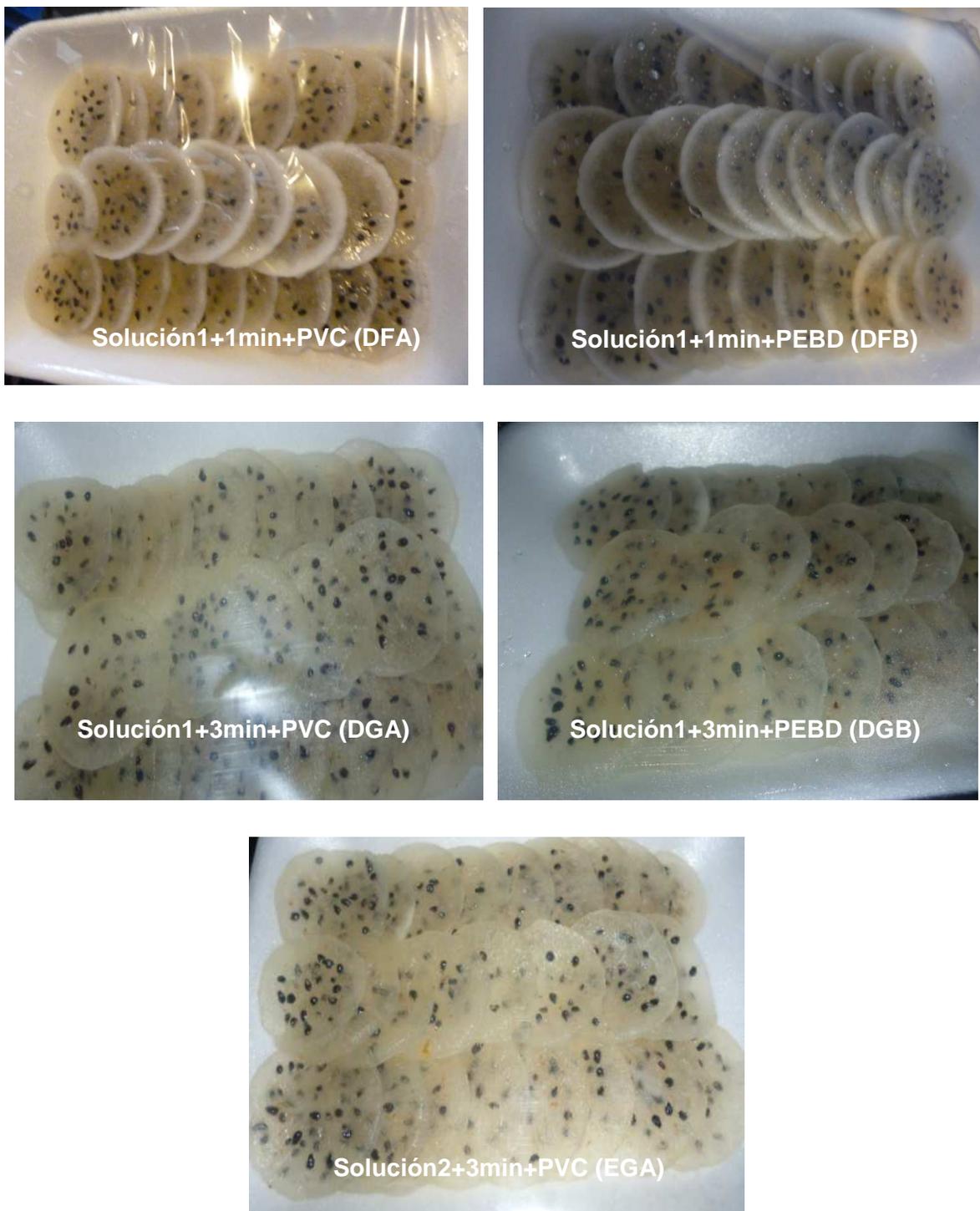


Figura 3.6. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C

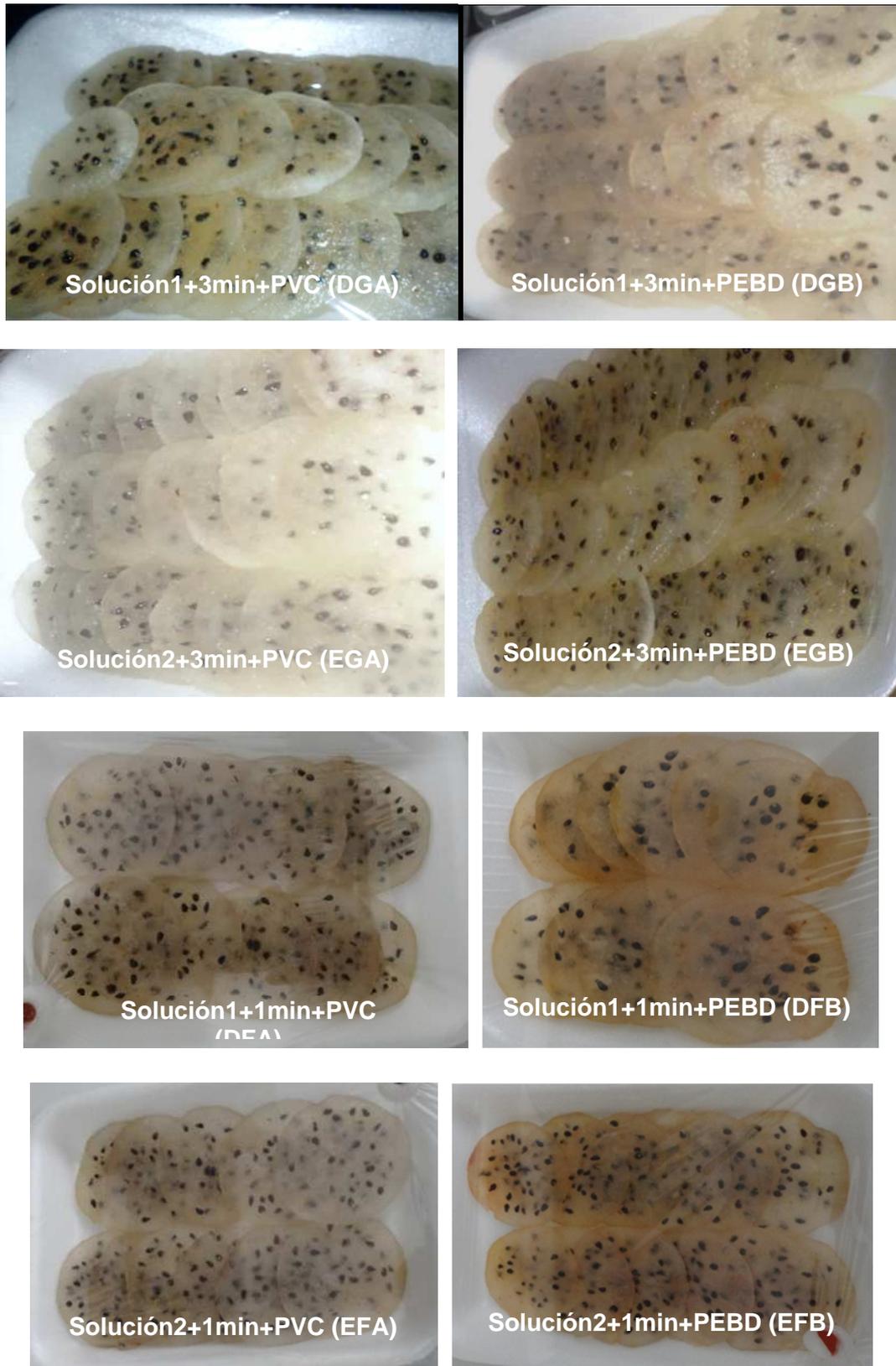


Figura 3.7. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C

3.4. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE ÁCIDOS EN LA CALIDAD DE REBANADAS DE PITAHAYA EMPACADAS

Para el estudio del efecto de la aplicación de una solución de ácidos en la calidad de rebanadas de pitahaya empacadas se utilizaron los parámetros seleccionados en el ensayo anterior. La concentración de la solución de ácidos fue 0,10 % p/p de ácido ascórbico y 0,10 % p/p de ácido cítrico, el tiempo de inmersión fue de 3 min. Se seleccionaron estos parámetros ya a que conservaron con las mejores características de calidad poscosecha las rebanadas de pitahaya empacadas con los dos tipos de empaque.

3.4.1. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

En la Figura 3.4 se presentan las concentraciones de CO₂ acumuladas en el interior de los empaques, para los períodos de almacenamiento a 4 °C y 90 % HR.

Para los dos tipos de empaque, la concentración de CO₂ acumulada en el interior de los empaques fue menor que 0,4 %. Es decir que las concentraciones de CO₂ en el interior de los empaques no se encuentran dentro del rango recomendado (5 a 15 % CO₂) (Cantwell y Suslow, 2002, p. 452).

Como la concentración de CO₂ fue baja no se detectó fermentación en las muestras empacadas y almacenadas. Ni la aplicación de la solución de ácidos (CI: Con inmersión; SI: Sin inmersión) ni el empaque con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) produjeron un variación en la concentración de CO₂ en el interior de los empaques. La mayor concentración de CO₂ en el interior de los empaques se obtuvo con el tratamiento CIA (empaque PVC con inmersión) con 0,35 % CO₂ en el interior de los empaques.

Para todos los tratamientos, la concentración de CO₂ en el interior de los paquetes al inicio del experimento, estuvo en el rango 0,23 a 0,30 %. La concentración de CO₂ aumentó durante el almacenamiento, como se muestra en la Figura 3.4 a los 8 días de almacenamiento la concentración de CO₂ aumentó hasta 0,35 %. En la investigación realizada por Vargas, *et al.* (2010) en rebanadas de pitahaya roja, la concentración de CO₂ con PVC (4 %) fue mayor que con PEBD (3 %) (p. 157). Al igual que en la investigación realizada por Vargas *et al.* (2010) en este estudio se evidenció que mayor concentración de CO₂ se logró en los tratamientos empacados con PVC que en los empacados con PEBD. Esto debido a la permeabilidad de las láminas de empaque, el PVC es menos permeable que el PEBD por lo tanto permite mayor acumulación de este gas en el interior de los paquetes.

Las concentraciones de CO₂ en este estudio son menores que los reportados por Vargas *et al.*, esto podría deberse a que la tasa de respiración de la pitahaya amarilla es menor que en la pitahaya roja (Gallo, 1997, p. 86; Osuna *et al.*, 2010, p. 70). El espesor del PEBD en esta investigación (0,015 mm) fue menor que el PEBD utilizado en el estudio realizado por Vargas, *et al.* (2010) (0,07 mm). El espesor del PVC en los dos estudios fue el mismo (0,008 mm).

Chiumarelli, Pereira, Ferrari, Sarantópoulos y Hubinger (2010), quienes estudiaron el efecto del recubrimiento de almidón de yuca y ácido cítrico en la conservación de los parámetros de calidad sobre mango “Tommy Atkins” mínimamente procesado empacado con láminas de PVC; determinaron que la concentración de CO₂ en el interior de los paquetes no fue significativa para ninguno de los tratamientos (E299). Iguales resultados se obtuvieron en la presente investigación; se puede concluir que el sistema de empaque, tanto con PVC como con PEBD, solamente sirvió como protección para las muestras de pitahaya y no interactuó con el producto modificando la atmósfera interna.

En la Figura 3.8 se presentan los períodos de almacenamiento de cada tratamiento. En el primer período de almacenamiento no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el material de empaque ni en la aplicación

de ácidos. En el segundo período de almacenamiento se presentó un comportamiento similar al descrito anteriormente.

Para la aplicación de la solución de ácidos y el tipo de material de empaque no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) en la interacción de las variables.

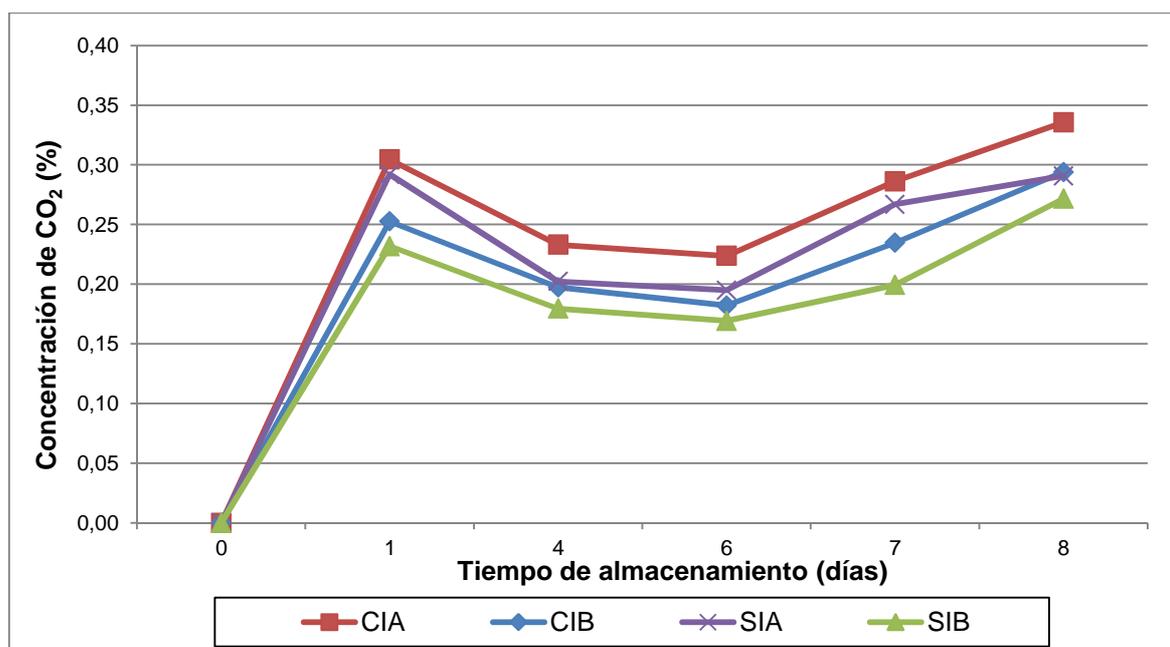


Figura 3.8. Concentración de CO₂ en el interior de los empaques en bandejas con rebanadas de pitahaya empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) durante el tiempo de almacenamiento a 4 °C y 90 % HR.

3.4.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

3.4.2.1. Sólidos solubles totales (SST)

En la Tabla 3.8 se presentan los resultados de SST para rebanadas de pitahaya amarilla almacenadas a 4 °C y 90 % HR durante 8 días.

En los dos períodos de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C), los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre el material de empaque ($p>0,05$), mientras que en la variable inmersión de las rebanadas si existió diferencia significativa ($p<0,05$). Los tratamientos con aplicación de la solución de ácidos

presentaron mayor contenido de SST que aquellos sin inmersión; esto se debió posiblemente a que los ácidos orgánicos se transforman en azúcares simples a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, lo que produce incremento en el contenido de sólidos solubles totales (Kader, 2007, p.47).

Tabla 3.8. Contenido de pH, SST, y acidez titulable de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*)

Días de almacenamiento	Tratamientos			
	CIA	SIA	CIB	SIB
pH				
4 días a 4°C	4,26±0,01	4,28±0,06	4,24±0,02	4,26±0,01
8 días a 4°C	4,38±0,02	4,39±0,03	4,37±0,01	4,38±0,03
Contenido de SST (°Brix)				
4 días a 4°C	18,12±0,20	17,46±0,34	17,96±0,32	17,32±0,22
8 días a 4°C	17,50±0,20	16,92±0,48	17,24±0,44	16,92±0,37
Acidez titulable (g/100g de ácido cítrico)				
4 días a 4°C	0,12±0,00	0,11±0,00	0,12±0,00	0,11±0,01
8 días a 4°C	0,13±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01	0,13±0,01

$\bar{X} \pm \sigma$ (n = 5)

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

No existió diferencia significativa en la interacción de las variables ($p > 0,05$). Los valores más altos del contenido de SST se observó en el tratamiento con inmersión y empaque PVC con valores de SST de 18,12 y 17,50 °Brix en el primer y segundo período de almacenamiento respectivamente. El tratamiento SIB (sin inmersión + lámina de PEBD) presentó menor reducción en el contenido de SST (0,40 °Brix) mientras que la mayor reducción se obtuvo con el tratamiento CIB (con inmersión + lámina PEBD) (0,72 °Brix). La ligera reducción en el contenido de los sólidos solubles totales (SST) durante el período de almacenamiento se pueden atribuir al daño por frío provocados además por el corte de los frutos (Rodríguez, Patiño, Miranda, Fischer y Galvis; 2005; p. 2843).

3.4.2.2. pH y Acidez titulable

En la Tabla 3.8 se presentan los resultados de pH y acidez titulable para rebanadas de pitahaya amarilla almacenadas a 4 °C y 90 % HR durante 8 días.

El pH de rebanadas de pitahaya amarilla durante el almacenamiento varió entre 4,22 y 4,42; y la acidez titulable estuvo en un rango de 0,10 a 0,14 (g/100g ácido cítrico). Es decir, mientras el pH tuvo un ligero incremento, en contraste la acidez titulable disminuyó durante el período de almacenamiento (8 días a 4 °C).

Estos parámetros no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los tratamientos durante el período de almacenamiento. No hubo interacción entre las variables.

Durante el proceso osmótico se produce la transferencia de masa entre el soluto (ingreso de los ácidos orgánicos) y el solvente (salida de agua del interior de las rebanadas). Es importante tener en cuenta que la porosidad de los tejidos vegetales, la concentración de las soluciones, la temperatura y el tiempo de inmersión son factores que intervienen en el aumento de solutos (Sanjinez *et al*, 2010). Según Vargas, *et al* (2010), quien analizó la vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada, reportaron un valor de acidez titulable de 0,62 (g/100g ácido cítrico), este valor es mayor al obtenido en la presente investigación debido a que la concentración de ácidos utilizada para la inmersión de las rebanadas (0,1 % p/p ácido cítrico y 0,1 % p/p ácido ascórbico) fue menor que la utilizado por Vargas, *at al* (2010) (1 % ácido ascórbico y 1 % cloruro de calcio). Este resultado podría deberse a que ocurrió el proceso osmótico mencionado anteriormente.

3.4.3. ANÁLISIS FÍSICOS

3.4.3.1. Pérdida de peso

En la Figura 3.9 se presenta la pérdida de peso en rebanadas con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas. La pérdida de peso está dada principalmente por la transpiración y por la acelerada tasa de respiración de los productos cortados, como consecuencia de estos procesos pierden agua y peso (Kader, 2002a, p. 47; Toivonen y DeEll, 2002, pp. 99-100).

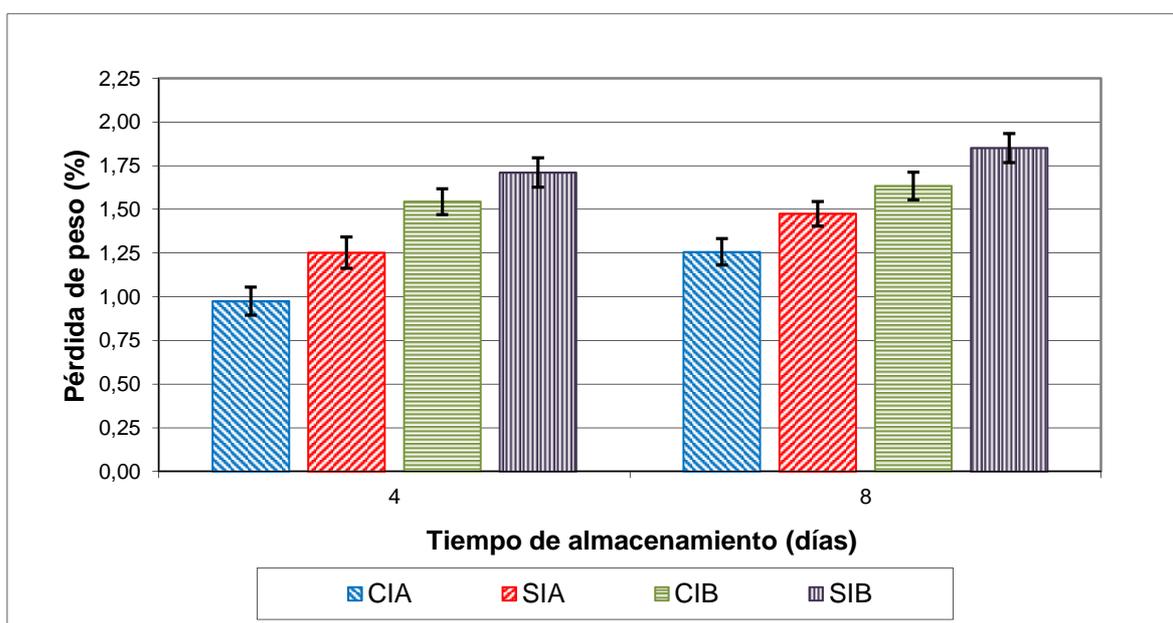


Figura 3.9. Pérdida de peso (%) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C.

La pérdida de peso en las rebanadas de pitahaya se incrementó durante el tiempo de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C) para todos los tratamientos. En los dos períodos de almacenamiento los tratamientos que presentaron menor pérdida de peso fueron CIA y SIA, es decir aquellos que tenían empaque de PVC (CI: con inmersión y SI: sin inmersión). Esto debido posiblemente a las permeabilidades de los empaques al vapor de agua; el PVC es menos permeable que el PEBD, por lo tanto con el empaque PVC se produjo menor intercambio gaseoso que con el PEBD, consecuentemente la pérdida de peso para las rebanadas de pitahaya empacadas con PVC fue menor que aquellas empacadas con PEBD.

Durante todo el tiempo de almacenamiento existieron diferencias significativas entre las variables empaque e inmersión de las rebanadas en la solución de ácidos ($p < 0,05$), como se muestra en la Figura 3.10. Tanto la aplicación de ácidos como el tipo de empaque influyeron en la pérdida de peso. El empaque PVC y la inmersión de las rebanadas en la solución de ácidos redujeron significativamente la pérdida de peso. Debido a la alta permeabilidad al vapor de agua del PVC y a que la solución de ácidos posiblemente ayudó reducir la transpiración y la tasa de respiración de las rebanadas de pitahaya, con lo que se logró reducir la pérdida de peso.

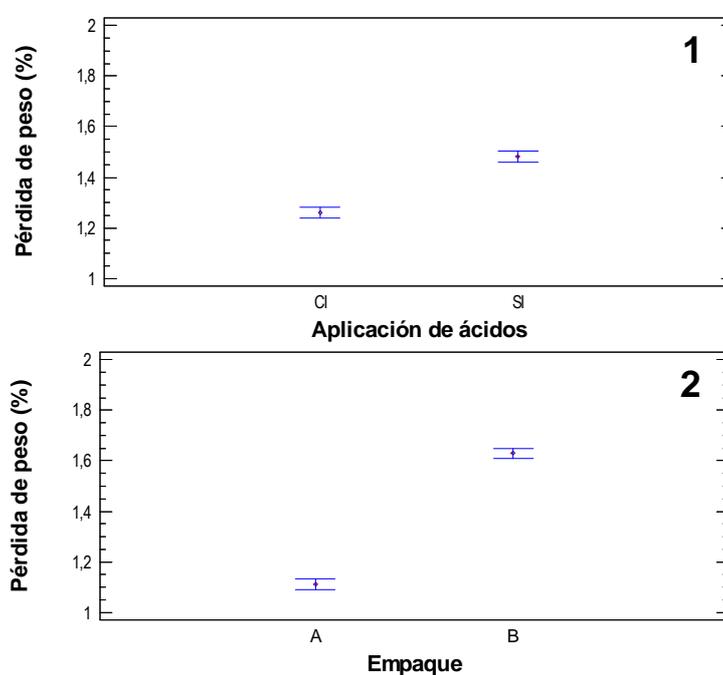


Figura 3.10. Gráfico de medias e intervalos LSD de los factores aplicación de ácidos (CI: Con inmersión; SI: Sin inmersión) (1) y empaque (A: PVC; B: PEBD) (2) para la pérdida de peso de rebanadas de pitahaya, almacenadas 4 días a 4 °C y 90 % HR

En la Figura 3.11 se muestra la interacción entre las variables empaque e inmersión en la solución de ácidos ($p < 0,05$), los tratamientos PEBD (CI y SI) tuvieron 1,3 – 1,6 veces mayor pérdida de peso que los tratamientos con empaque PVC (CI y SI). En conclusión, el tratamiento para obtener la menor pérdida de peso se produjo al utilizar el tratamiento CIA (con inmersión + empaque PVC), ya que produjo el menor porcentaje de pérdida de peso tanto en el primer como en el segundo período de almacenamiento (0,97 % y 1,26 %).

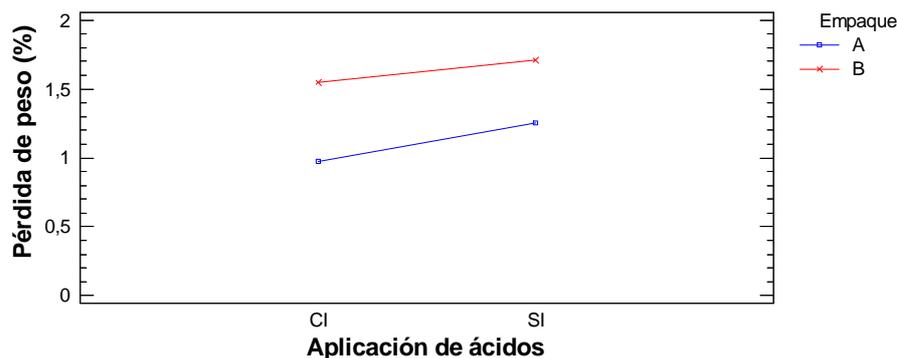


Figura 3.11. Interacción en la pérdida de peso entre la aplicación de ácidos (CI: Con inmersión; SI: Sin inmersión) y el material de empaque (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR durante 4 días

En la investigación realizada por Vargas *et al* (2010), se determinó que la pérdida de peso se incrementó gradualmente con el tiempo de almacenamiento (8 días a 4 °C), iguales resultados se obtuvieron en el presente estudio; sin embargo según Vargas *et al* (2010) los frutos empacadas con películas de PVC presentaron mayor pérdida de peso que aquellas empacadas con PEBD, debido a la permeabilidad de los empaques (pp. 158-159). Estos resultados difieren a los encontrados en el presente estudio, ya que las bandejas con rebanadas de pitahaya empacadas con PVC presentaron menor pérdida de peso que las empacadas con PEBD, esto debido probablemente a la alta humedad relativa durante el almacenamiento. Además, es importante mencionar que tanto la pitahaya roja como la amarilla tienen no se comportan fisiológicamente igual, y por ende reaccionan de diferente manera a cada uno de los empaques; mientras que para la pitahaya roja cortada el PVC produjo una mayor pérdida de peso para la pitahaya amarilla cortada el mismo empaque ayudó a reducir la pérdida de peso en las rebanadas.

La pérdida de peso en el presente estudio fue mayor (1,26 a 1,85 %) que la presentada por Vargas *et al* (2010) (0,39 a 0,42 %), esto se puede atribuir a que la atmósfera modificada alcanzada en el estudio realizado por Vargas *et al* (2010) fue mayor (4 % CO₂) que en el presente estudio (0,4 % CO₂). Por lo tanto, en el primer caso se minimizó la pérdida de peso de las rebanadas de pitahaya.

3.4.3.2. Firmeza

En la Figura 3.12 se presenta la firmeza (N) de las rebanadas de pitahaya amarilla para cada tratamiento durante los dos períodos de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C).

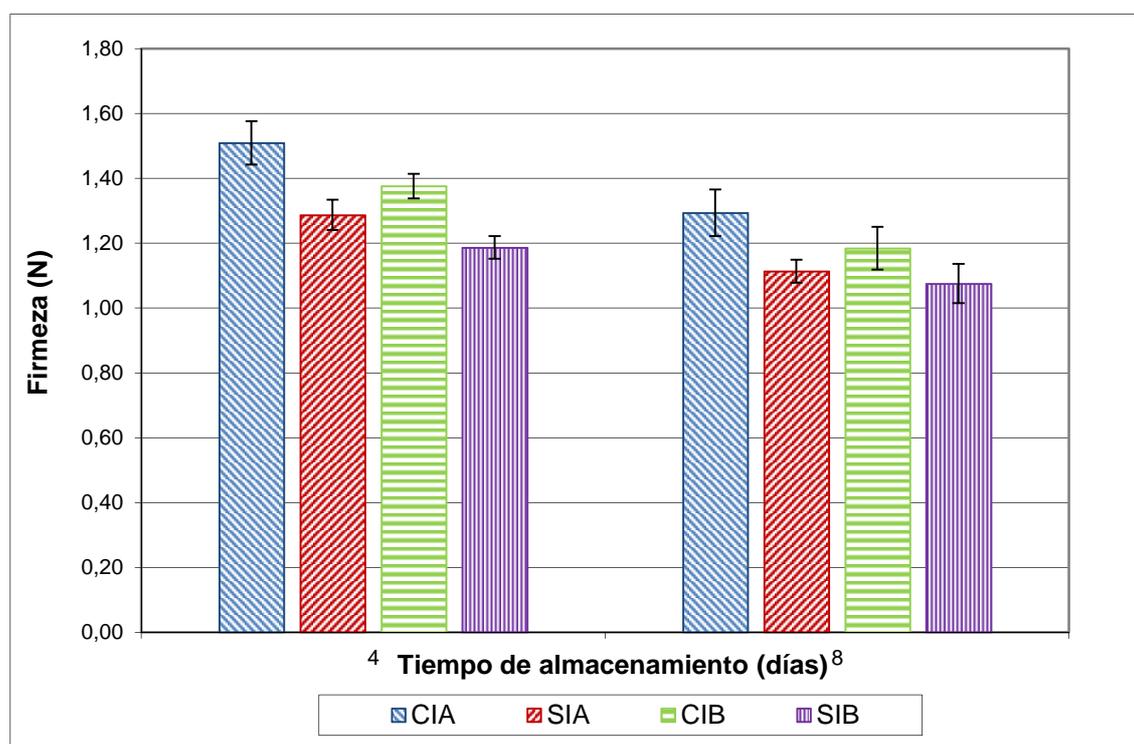


Figura 3.12. Firmeza (N) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4°C.

En todos los tratamientos, la firmeza disminuyó con el transcurso del tiempo; esto se debe al deterioro de las paredes celulares por los procesos de pelado y cortado (Toivonen y DeEll, 2002, pp. 99-100). La firmeza de los productos en el almacenamiento está relacionada con la pérdida de peso (Mercado y Aquino, 2005, p. 198-199), es decir que a menor pérdida de peso menor es la pérdida de la firmeza, lo que se corrobora con los resultados de la presente investigación. Los tratamientos CIA (con inmersión + lámina de PVC) y CIB (con inmersión + lámina de PEBD) presentaron menor pérdida de peso y mayor firmeza, mientras que en los tratamientos SIA (sin inmersión + lámina de PVC) y SIB (sin inmersión + lámina de PEBD) tuvieron mayor pérdida de peso y la firmeza fue menor.

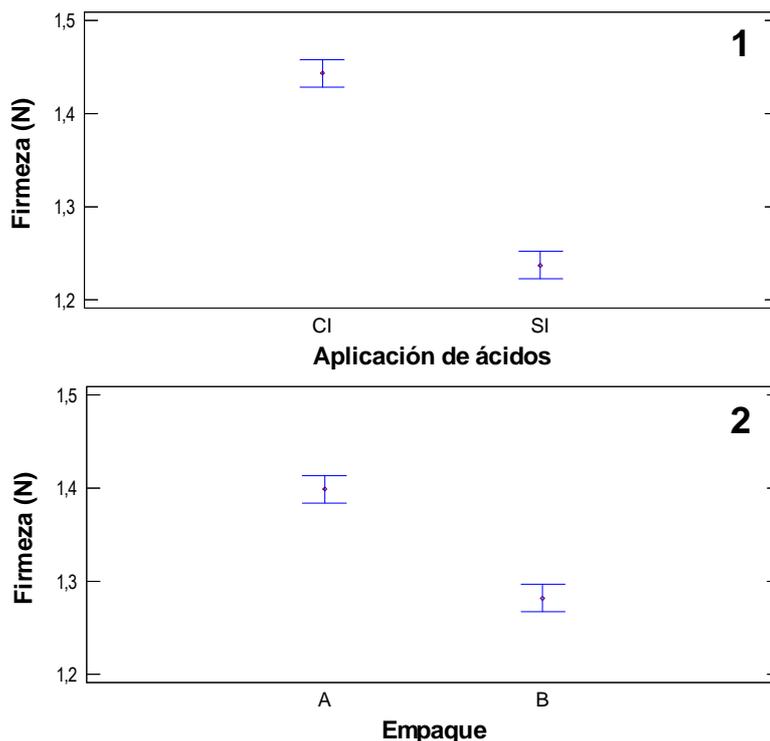


Figura 3.13. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor aplicación de ácidos (CI: con inmersión; SI: sin inmersión) (1) y tipo de empaque (A:PVC; B: PBD) (2) para la firmeza (N) de rebanadas de pitahaya con inmersión y sin inmersión empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR

Existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el factor inmersión en ácidos y material de empaque, como se observa en la Figura 3.13, durante todo el período de almacenamiento. Las rebanadas sin inmersión en la solución de ácidos presentaron menores valores de firmeza con 1,19 N (SIB: sin inmersión + lámina PEBD) y 1,29 N (SIA: sin inmersión + lámina PVC), y 1,07 N (SIB) y 1,11 N (SIA) al final de la experimentación (8 días a 4 °C). Las rebanadas con inmersión en la solución de ácidos presentaron una mayor firmeza que aquellas sin inmersión, con 1,38 N (CIB; con inmersión + lámina PEBD) y 1,51 N (CIA: con inmersión + lámina PVC) en el primer período de almacenamiento y en el segundo período con 1,18 N (CIB) y 1,29 N (CIA). Es decir, que tanto el ácido ascórbico como el ácido cítrico ayudaron a disminuir el estrés mecánico que se puede presentar en los productos cortados que provocan pérdidas en la estructura de la pared celular y por lo tanto pérdida de firmeza (Mercado y Aquino, 2005, p. 199).

Según Vargas *et al.* (2010) la firmeza de las muestras conservadas en PEBD presentaron valores significativamente más bajos que en las conservadas con

películas de PVC (p. 158). Iguales resultados se obtuvieron en la presente investigación. Esto debido a las permeabilidades al vapor de agua de las láminas de empaque, el PEBD tuvo mayor permeabilidad ($93E+13 \text{ cm}^3 \text{ cm/cm}^2 \text{ sPa}$) que el PVC ($206E+13 \text{ cm}^3 \text{ cm/cm}^2 \text{ sPa}$). Por lo tanto, las rebanadas de pitahaya empacadas con PEBD perdieron mayor firmeza por el intercambio gaseoso que se produjo.

En otros estudios sobre la aplicación de tratamientos previos a frutos mínimamente procesados también se encontró una disminución de la firmeza durante el almacenamiento. Otero (2010), trabajó con piñas mínimamente procesadas las mismas que fueron sumergidas en una solución de benzoato de sodio (0,1 N) y empacadas con láminas de PVC, la firmeza disminuyó de 8 a 7,2 N a los 7 días de almacenamiento (p. 64). Oms, Soliva y Martín (2007), determinaron que la firmeza en melón mínimamente procesado tratado con ácido ascórbico (1 %) y cloruro de calcio (0,5 %) disminuyó durante el período de almacenamiento de 35 días, de 3,9 a 2,6 N (p. 308). Iguales resultados se encontraron en la presente investigación. Se puede concluir que el almacenamiento va a producir pérdida de firmeza en el producto, a pesar de la aplicación de tratamientos a los frutos cortados.

3.4.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL

3.4.4.1. Pardeamiento, marchitez de las rebanadas y presencia de hongos

En la Tabla 3.9 se presentan los resultados de la evaluación de la calidad visual de rebanadas de pitahaya durante el almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C).

Tabla 3.9 Índices de evaluación de calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla con inmersión (CI) y sin inmersión en la solución de ácidos (SI) empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días

ATRIBUTO	Días de almacenamiento	Tratamientos			
		CIA	SIA	CIB	SIB
Pardeamiento	Entrada	5,00	5,00	5,00	5,00
	4 días a 4 °C	4,97	4,20	4,70	4,37
	8 días a 4 °C	4,10	3,77	3,53	3,20
Marchitez de las rebanadas	Entrada	4,87	4,87	4,87	4,87
	4 días a 4 °C	4,87	3,87	4,47	3,67
	8 días a 4 °C	4,17	3,80	3,70	3,23
Presencia de hongos	Entrada	5,00	5,00	5,00	5,00
	4 días a 4 °C	5,00	5,00	5,00	5,00
	8 días a 4 °C	5,00	5,00	5,00	5,00

Índice de evaluación (n = 15)

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Con inmersión + lámina de PEBD

En el primer período de almacenamiento (4 días a 4 °C), todas las bandejas con rebanadas de pitahaya mantuvieron las características iniciales: sin pardeamiento, sin marchitez ni presencia de hongos.

En el último período (8 días a 4 °C) de almacenamiento todos los tratamientos presentaron un leve deterioro, que no afectó las características aptas de calidad para el consumo, es decir: pardeamiento ligero, marchitez moderada y no existió presencia de hongos. Los tratamientos con inmersión presentaron mayor calidad visual que los sin inmersión en la solución de ácidos en los dos tipos de empaque.

El pardeamiento aumentó conforme transcurría el tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos. El valor inicial para el atributo de pardeamiento fue de 5 referencial ($N_{00}Y_{00}M_{10}$, Color característico de pitahaya-pulpa blanca). En el primer período de almacenamiento el atributo pardeamiento de las rebanadas de pitahaya se mantuvo entre los valores de 4,37 a 4,97; es decir un pardeamiento ligero como se muestra en la Figura 3.17. Mientras que en el segundo período de almacenamiento (8 días a 4 °C) las rebanadas de pitahaya presentaron un

pardeamiento discreto como se observa en el Figura 3.18. Gil *et al.* (2005) sugieren que al reducir el pH mediante la inmersión de los productos cortados en soluciones de ácidos orgánicos, se logra prevenir el pardeamiento (p. 164). Esta afirmación probablemente ocurrió con las rebanadas de fruta con inmersión en la solución de ácidos ascórbico y cítrico. Por lo tanto se logró reducir el pardeamiento de las rebanadas de pitahaya.

La marchitez de las rebanadas de pitahaya se incrementó para todos los tratamientos durante el período de almacenamiento (8 días a 4 °C). El valor inicial para la marchitez de las rebanadas fue de alrededor de 5 (fresco). Los índices de evaluación para las rebanadas variaron de fresco (4,87) a marchitez moderada (3,23). El tratamiento CIA (con inmersión + lámina de PVC) durante el almacenamiento redujo su marchitez de fresca a discreta, el tratamiento CIB (con inmersión + lámina de PEBD) presentó valores discretos de marchitez a los 4 días y moderados a los 8 días de almacenamiento, los tratamientos sin inmersión (PVC y PEBD) tuvieron valores de marchitez discretos en los dos períodos de almacenamiento. El incremento paulatino de la marchitez concuerda con la reducción en la firmeza y la pérdida de peso.

De acuerdo al análisis estadístico en el primer y segundo período de almacenamiento se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las variables tipo de empaque y la aplicación de la solución de ácidos. En la Figura 3.14 se observa que el empaque PVC y la aplicación de ácidos produjeron menor marchitez que el empaque PEBD y la no inmersión de las rebanadas en la solución de ácidos. Este sugiere que la inmersión en la solución de ácidos ascórbico y cítrico ayudó a reducir la pérdida de firmeza de las rebanadas.

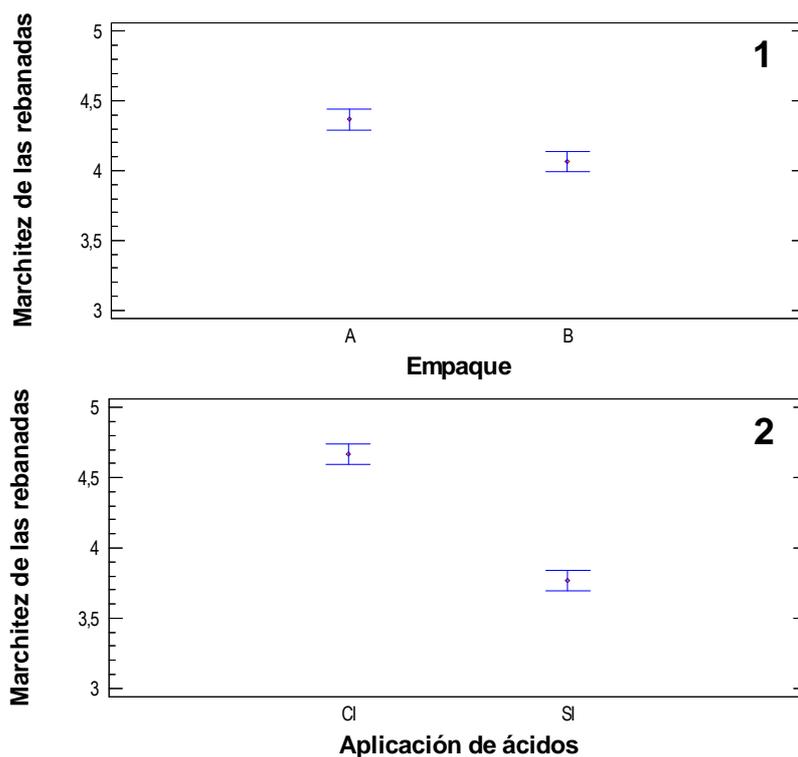


Figura 3.14. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor tipo empaque (1) y aplicación de ácidos (2) para la marchitez de las rebanadas de pitahaya con inmersión (CI) y sin inmersión (SI) empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR

No se evidenció en forma visual la presencia de hongos en las rebanadas de pitahaya, ni en el primer (4 días a 4 °C) ni en el segundo (8 días a 4 °C) período de almacenamiento. En el acápite 3.4.6 se muestran los resultados del análisis microbiológico que se realizó a las muestras almacenadas, se evidenció que los valores de recuento de aerobios totales fue bajo ($8,5E+03$) y el de hongos y levaduras también ($8,2E+02$). Por lo tanto las rebanadas de pitahaya conservaron características higiénicas para el consumidor según la norma sanitaria peruana (límite de aerobios totales es de 10^4 UFC/g) (MINS/DIGESA, 2008, p. 20) y según Millán, López, Roa, Tapia y Cava (2001) donde el recuento de microorganismos debe estar entre $1,0E+05$ y $1,0E+07$ UFC/g una vez que han cumplido la fecha de vencimiento.

En la Tabla 3.10 se resume la evaluación final de la calidad de rebanadas de pitahaya mínimamente procesada, con los promedios de los valores obtenidos de los índices de evaluación. Todos los tratamientos presentaron calidad A en el

primer período de almacenamiento (4 días a 4 °C), es decir conservaron las características iniciales, el pardeamiento fue leve y la marchitez discreta, además no existió crecimiento visual de hongos. En el segundo período de almacenamiento (8 días a 4 °C) a excepción del tratamiento SIB (sin inmersión + lámina de PEBD) el cual presentó calidad B, es decir existió marchitez y pardeamiento moderados pero aún es apta para el consumo; los demás tratamientos conservaron su calidad A; es decir, todos los tratamientos son comerciables, aptos para el consumo. Esto sugiere que el proceso de elaboración de pitahaya mínimamente procesada se desarrolló en un ambiente inocuo y cumpliendo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), por lo tanto el producto final fue apto para el consumo hasta los 8 días de almacenamiento, sin presentar ningún riesgo para la salud de consumidor.

Tabla 3.10. Índices de evaluación de calidad visual para rebanadas de pitahaya amarilla con inmersión y sin inmersión en la solución de ácidos empacadas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días

Días de almacenamiento	Tratamientos			
	CIA	SIA	CIB	SIB
4 días a 4 °C	A	A	A	A
8 días a 8 °C	A	A	A	B

A: entre 4-5, B: entre 3-4, C: <3

A: Mantiene las características iniciales

B: Presenta deterioro pero apta para consumo

C: No comerciable, no apta para el consumo

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Con inmersión + lámina de PEBD

3.4.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados de las características sensoriales de las rebanadas de pitahaya amarilla almacenadas hasta 8 días a 4 °C se presentan en la Tabla 3.11. El análisis sensorial completo sólo se realizó en la materia prima y a los 4 días de almacenamiento, en el último período de almacenamiento no se realizó el análisis completo ya que no se contaba con los resultados del análisis microbiológico.

Tabla 3.11. Resultados de la evaluación sensorial de rebanadas de pitahaya amarilla, con y sin inmersión recubiertas con láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días

Apariencia			
Tratamiento	Entrada	4 días a 4°C	8 días a 4°C
CIA	8,79±0,95	8,04±0,75	7,55±0,67
SIA	8,79±0,95	7,58±0,72	7,18±0,80
CIB	8,79±0,95	7,65±1,02	7,25±0,97
SIB	8,79±0,95	7,44±0,95	7,14±0,89
Sabor			
Tratamiento	Entrada	4 días a 4°C	8 días a 4°C
CIA	7,70±1,00	7,08±0,80	-
SIA	7,70±1,00	6,80±0,72	-
CIB	7,70±1,00	6,89±0,96	-
SIB	7,70±1,00	6,57±0,99	-
Acidez			
Tratamiento	Entrada	4 días a 4°C	8 días a 4°C
CIA	0,84±0,25	1,03±0,28	-
SIA	0,84±0,25	1,00±0,27	-
CIB	0,84±0,25	1,07±0,38	-
SIB	0,84±0,25	1,01±0,40	-
Dulzor			
Tratamiento	Entrada	4 días a 4°C	8 días a 4°C
CIA	7,18±0,59	7,09±0,62	-
SIA	7,18±0,59	7,00±1,07	-
CIB	7,18±0,59	7,03±0,84	-
SIB	7,18±0,59	6,79±1,44	-
Sabores/olores extraños			
Tratamiento	Entrada	4 días a 4°C	8 días a 4°C
CIA	0,63±0,17	1,08±0,36	1,11±0,21
SIA	0,63±0,17	1,06±0,49	1,07±0,27
CIB	0,63±0,17	1,12±0,39	1,12±0,26
SIB	0,63±0,17	1,03±0,44	1,05±0,32

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 12)

En el primer y segundo períodos de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C) la aplicación de la solución de ácidos y el material de empaque no produjeron diferencias significativas en los atributos de apariencia, sabor, acidez, dulzor y sabores/olores extraños.

En los atributos sabor y dulzor de las rebanadas, aquellas muestras con inmersión en la solución de ácidos (ascórbico y cítrico) recibieron mejores puntuaciones que aquellas muestras que no recibieron inmersión en la solución de ácidos. Los rangos de las rebanadas inmersas en la solución de ácidos se encontraron entre 6,9 a 7,1 en la escala no estructurada comparada con el valor inicial de 7,7. Las rebanadas sin inmersión presentaron calificaciones de 6,6 a 7,0.

En el análisis sensorial, los panelistas indicaron que en el atributo apariencia las rebanadas de pitahaya se mantuvieron como fresca, debido a que las calificaciones no fueron menores a 7, es decir cercanas al extremo derecho de la escala de evaluación no estructurada de 10.

El sabor y el dulzor de las rebanadas de pitahaya disminuyeron según la percepción de los panelistas de 7,70 a 6,57 y 7,18 a 6,79 para el primer y segundo atributo respectivamente. Esto se corrobora con la disminución del contenido de SST (°Brix), reportado en los análisis químicos para estas muestras en el acápite 3.4.2.

La acidez de las rebanadas de pitahaya aumentó según la percepción de los panelistas de 0,84 a 1,07, estos resultados se comprueban con lo reportado en el acápite 3.4.2 para el parámetro acidez titulable; el valor más alto corresponde al tratamiento CIB (con inmersión + lámina de PEBD). Además, los panelistas percibieron mayor acidez en los tratamientos CIA (con inmersión + lámina de PVC) y CIB (con inmersión + lámina de PEBD) los cuales fueron sumergidos en la solución de ácidos, que en los tratamientos SIA (sin inmersión + lámina de PVC) y SIB (sin inmersión + lámina de PEBD) los cuales fueron empacados sin ningún tratamiento previo. Esto debido, posiblemente al aumento de solutos (ácidos) en

las rebanadas inmersas en la solución de ácidos ascórbico y cítrico, en el proceso osmótico (Sanjinez *et al*, 2010).

La utilización de concentraciones 0,10 % p/p de ácido ascórbico y 0,10 % p/p de ácido cítrico permitieron conservar los atributos sensoriales de aroma, acidez y apariencia similares a los frutos no procesados.

Los panelistas no reportaron sabores u olores extraños durante los períodos de almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C). Este resultado se correlaciona con las bajas concentraciones de CO₂ (0,4 %) acumulada en el interior de los empaques. Es decir no existió metabolismo anaerobio que se genera por la falta de O₂, lo que hubiese provocado el desarrollo de aromas y olores desagradables (Mercado y Aquino, 2005, p. 206).

3.4.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la Figura 3.15 se presentan los resultados del análisis microbiológico realizado a las rebanadas de pitahaya amarilla con y sin inmersión en la solución de ácidos y empacadas con dos tipos de láminas plásticas (PVC y PEBD).

Durante el tiempo de almacenamiento se observó crecimiento microbiano tanto en el conteo total de aerobios como en el de mohos y levaduras. No se evidenció el mismo comportamiento para coliformes totales, dichos microorganismos se mantuvieron constantes (<3 NMP) durante el almacenamiento (8 días a 4 °C). Es decir no existió el desarrollo de coliformes totales.

El desarrollo microbiano registrado a los 8 días de almacenamiento para el tratamiento CIA (con inmersión + lámina de PVC) fue de 9,4E+02 UFC/g para aerobios mesófilos totales y 5,8E+01 UFC/g para mohos y levaduras, las cuales fueron menores que la carga microbiana encontrada para el tratamiento SIB (sin inmersión + lámina de PEBD) con 8,5E+03 UFC/g para aerobios mesófilos totales y 8,8E+02 UFC/g para mohos y levaduras. Lo que sugiere que el empaque con

láminas de PVC y la aplicación de la solución de ácidos a las rebanadas de pitahaya previnieron el desarrollo microbiano.

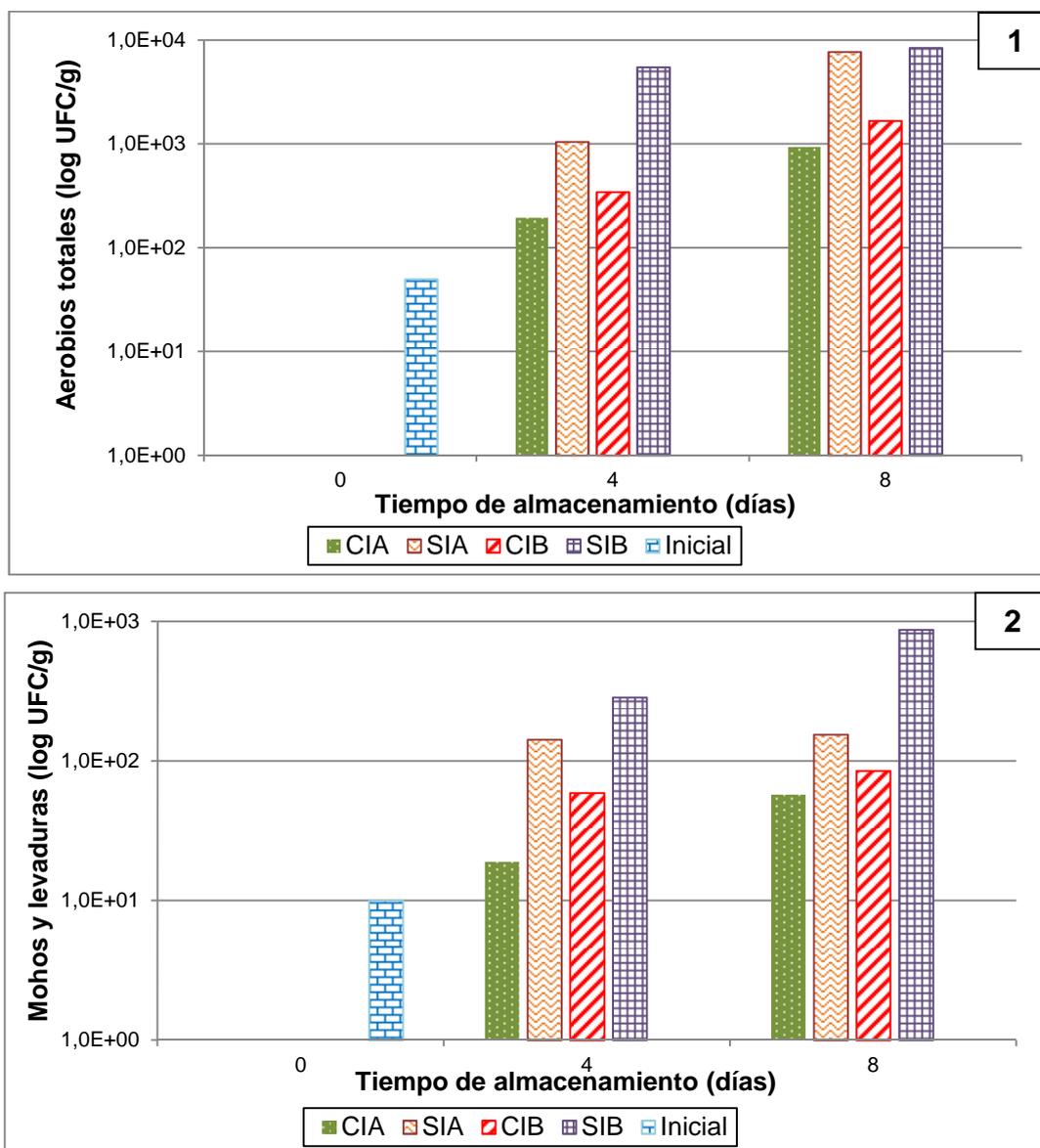


Figura 3.15. Contaje de aerobios totales (1) y contaje de mohos y levaduras (2) de rebanadas de pitahaya amarilla con y sin inmersión empacadas con dos láminas plásticas (A: PVC y B: PEBD) almacenadas a 4 °C durante 8 días.

Durante los dos períodos de almacenamiento el empaque PVC y la inmersión en la solución de ácidos produjeron el menor crecimiento de microorganismos; es decir que tanto el empaque PVC y los ácidos cítrico y ascórbico en concentración de 0,1 %p/p de cada ácido minimizaron la proliferación microbiana. Doores (2005) califica al ácido cítrico como un compuesto antimicrobiano, ya que los patógenos

generalmente no sobreviven en ambientes ácidos, por lo tanto el pH de la pitahaya de 4, 3 aproximadamente ayuda a prevenir su proliferación (pp. 107-110). Esta afirmación pudo haber ocurrido en las rebanadas de pitahaya inmersas en la solución de ácidos ya que el conteo microbiano fue menor que para aquellas sin inmersión, para los dos tipos de empaque (PVC y PEBD).

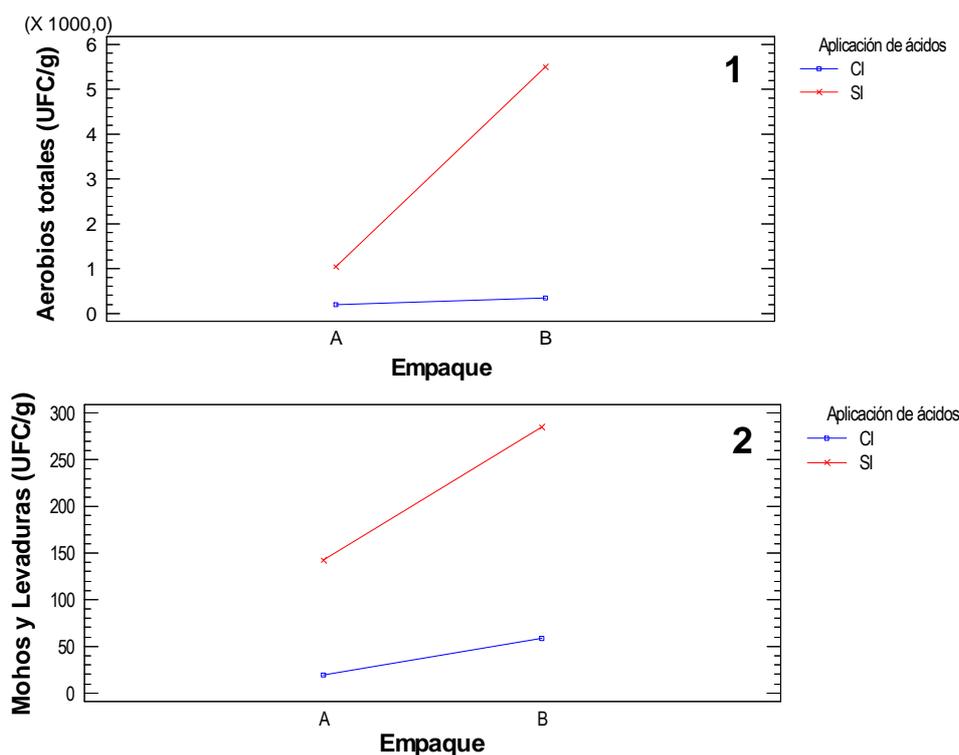


Figura 3.16. Interacción del tipo de empaque y la aplicación de ácidos en el análisis microbiológico (1: aerobios totales y 2: mohos y levaduras) de rebanadas de pitahaya con inmersión (CI) y sin inmersión (SI) empacadas con dos tipos de láminas plásticas (A: PVC; B: PEBD) almacenadas a 4 °C y 90 % HR

Para los parámetros aerobios totales y mohos y levaduras se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el material de empaque y la aplicación de ácidos; además existió interacción entre los dos factores tipo de empaque e inmersión en la solución de ácidos, como se observa en la Figura 3.16. Se evidenció que tanto la aplicación de la solución de ácidos y el empacado con láminas de PVC disminuyeron el crecimiento de aerobios totales y de mohos y levaduras.

Todos los valores del conteo microbiano (aerobios totales, mohos y levaduras) de las rebanadas de pitahaya mínimamente procesada se encuentran por debajo del

rango reportado por Millán, *et al.* (2001) donde señalan que en los alimentos mínimamente procesados el recuento de microorganismos debe estar entre $1,0E+05$ y $1,0E+07$ UFC/g una vez que han cumplido la fecha de vencimiento; la pitahaya mínimamente procesada estuvo por debajo de este límite. Además los resultados se encuentran dentro de la norma sanitaria peruana en donde el límite de aerobios totales es de 10^4 UFC/g (MINSA/DIGESA, 2008, p. 20) y el Reglamento Técnico Centroamericano en donde el límite máximo de coliformes totales es <3 NMP/g (RTCA 67.04.50:08, 2008, p. 14). Esto puede deberse a que el uso de atmósferas modificadas pudo haber reducido el desarrollo de microorganismos, además la inmersión de las rebanadas en la solución de ácidos ascórbico y cítrico pudo ayudar a prevenir el crecimiento microbiano. Por otro lado, adecuadas prácticas poscosecha y buenas prácticas de manufactura pudieron contribuir a minimizar el crecimiento microbiano.

Vargas *et al.* (2010) estudiaron la vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada, reportaron contaje para hongos y levaduras de $1,0E+02$ UFC/g, para rebanadas de pitahaya inmersas en una solución 1 % ácido ascórbico y 1 % cloruro de calcio, empacadas en recipientes de polipropileno y cubiertas con películas de PVC y PEBD, almacenadas a 4 °C (p.159). Estos valores fueron mayores que los encontrados en el presente estudio para hongos y levaduras: $5,8E+01$ UFC/g (CIA: con inmersión + lámina PVC) y $8,5E+01$ UFC/g (CIB: con inmersión + lámina de PEBD). Esto pudo deberse a que en la presente investigación se utilizó una combinación de ácidos ascórbico y cítrico para la inmersión de las rebanadas, lo que pudo prevenir la proliferación microbiana.

Vargas *et al.* (2010) concluyeron que el empacado con película PP (polipropileno) a 4 °C se logró una modificación significativa de la composición de la atmósfera y fue efectiva para mantener la calidad y la aceptación de las rebanadas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), se controló los cambios de textura y la pérdida de peso; se obtuvo un producto con vida útil de al menos 28 días. El tratamiento que se utilizó fue solución de cloruro de calcio (1 %) y ácido ascórbico (1 %) durante 5 min. En la presente investigación la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) mínimamente conservó sus características de firmeza, aroma y con

contaje de microorganismos bajo durante el tiempo de almacenamiento (8 días) a 4 °C.

La utilización de cloruro de calcio pudo ayudar a conservar la firmeza de las rebanadas de pitahaya en el estudio realizado por Vargas *et al.* (2010), ya que el cloruro de calcio es un texturizante que previene o disminuye los cambios de firmeza (González y Lobo, 2005, p. 105); el estado de madurez de los frutos utilizados en esta investigación fue mayor que el utilizado por Vargas *et al.* (2010), lo que permitió que las rebanadas de pitahaya se conserven aptas para el consumo durante 28 días.

Finalmente, los parámetros químicos analizados no presentaron diferencias significativas a lo largo del almacenamiento ($p > 0,05$). Los frutos tratados y sin tratar presentaron un incremento de la pérdida de peso durante el almacenamiento (rango 1,26-1,85 %). Las rebanadas con inmersión y empacadas con PVC presentaron menor pérdida de peso ($p < 0,05$) y mayor firmeza ($p < 0,05$) que los otros tratamientos. Ninguna muestra tratada presentó olores ni sabores extraños. Los resultados del análisis microbiológico calificaron a todas las muestras como inocuas y aptas para el consumo, siendo el tratamiento CIA el que presentó menor recuento de microorganismos. El tratamiento de inmersión con la solución de ácidos y el empaque PVC (CIA) permitió la conservación de rebanadas de pitahaya con buenas características de calidad durante 8 días en refrigeración. En las Figuras 3.17 y 3.18 se presentan fotografías de los cuatro tratamientos de rebanadas de pitahaya durante el almacenamiento (4 y 8 días a 4 °C).

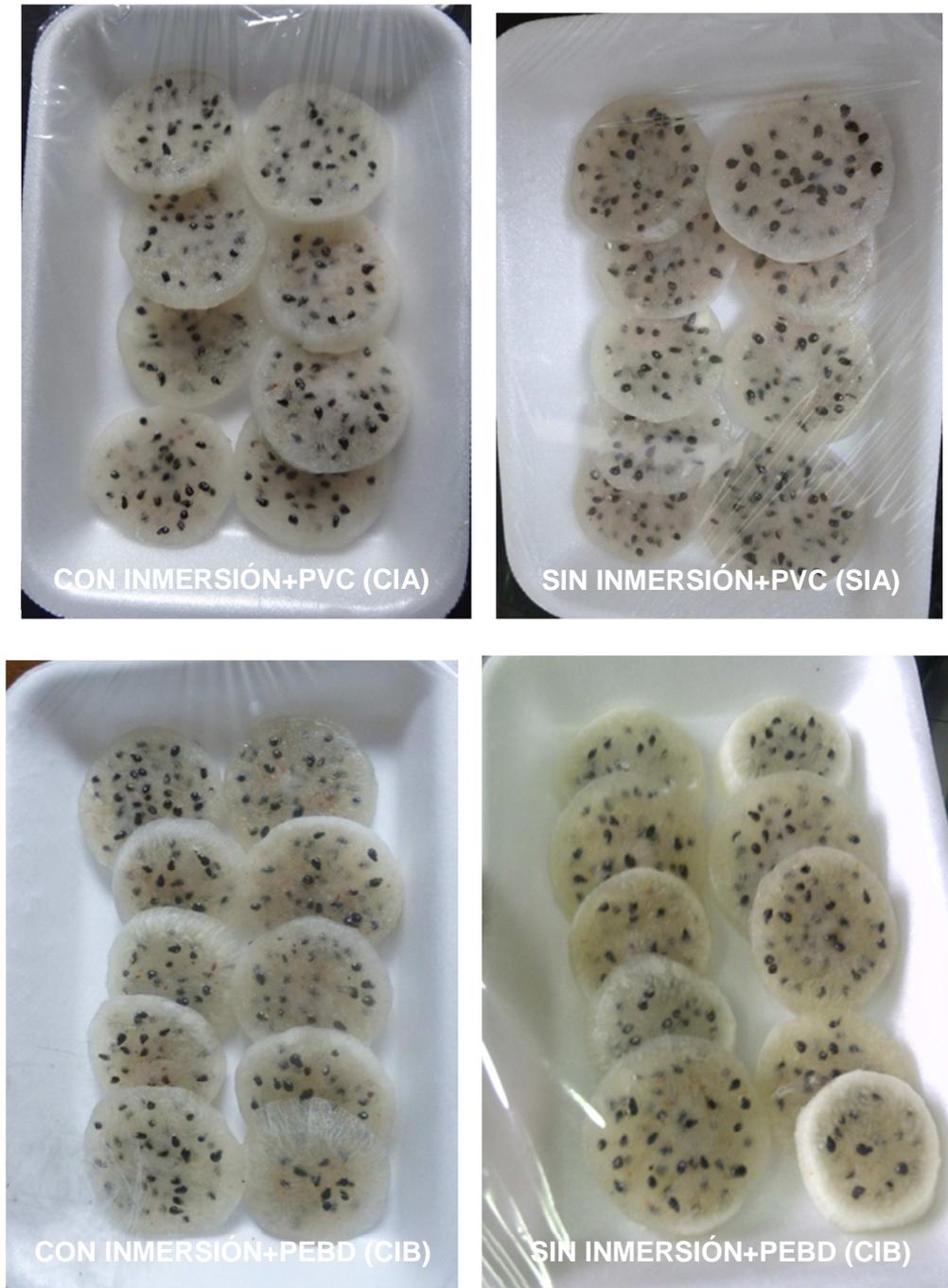


Figura 3.17. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 4 días a 4 °C

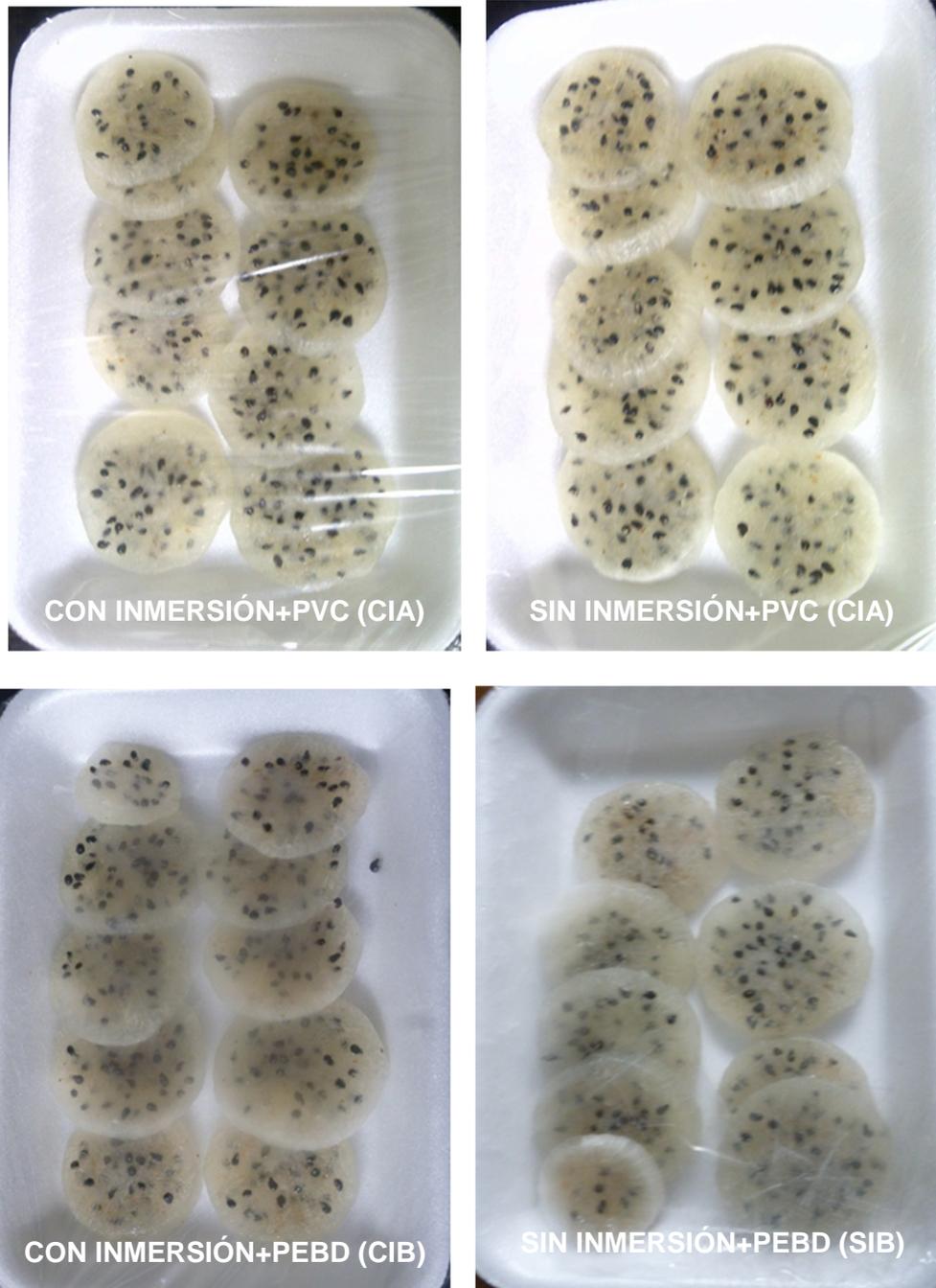


Figura 3.18. Rebanadas de pitahaya almacenadas durante 8 días a 4 °C

3.5. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO PLANTEADO PARA DETERMINAR SU FACTIBILIDAD

El tratamiento que conservó mejor la calidad poscosecha de pitahaya mínimamente procesada durante 8 días de almacenamiento a 4 °C fue el CIA (con inmersión + lámina de PVC). El tratamiento CIA presentó mayor firmeza y menor pérdida de peso (Firmeza; 1,29 N; Pérdida de peso: 1,26 %) que los demás tratamientos durante el almacenamiento. Además, en el análisis microbiológico el tratamiento CIA tuvo menores contajes de aerobios totales y mohos y levaduras. A partir del tratamiento CIA (con inmersión + lámina de PVC) se realizó el análisis económico del proceso planteado para determinar su factibilidad.

3.5.1. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PITAHAYA MÍNIMAMENTE PROCESADA

El proceso propuesto para la pitahaya fresca cortada se presenta en la Figura 3.19. El producto final que se obtiene es pitahaya mínimamente procesada empacada en bandejas de PS (poliestireno) y cubierta con láminas de PVC; cada bandeja medirá 0,15 m de ancho y 0,21 m de largo y contendrá aproximadamente 150 g. El número de bandejas de pitahaya amarilla será de 430, el proceso tendrá un rendimiento del 43 %. La estimación de los costos para la implementación de pitahaya mínimamente procesada se realizó para 150 kg/día de pitahaya amarilla. El cálculo para obtener la cantidad de frutos se realizó a partir de la producción para el mercado nacional de agrícola PITACAVA (35 t/año).

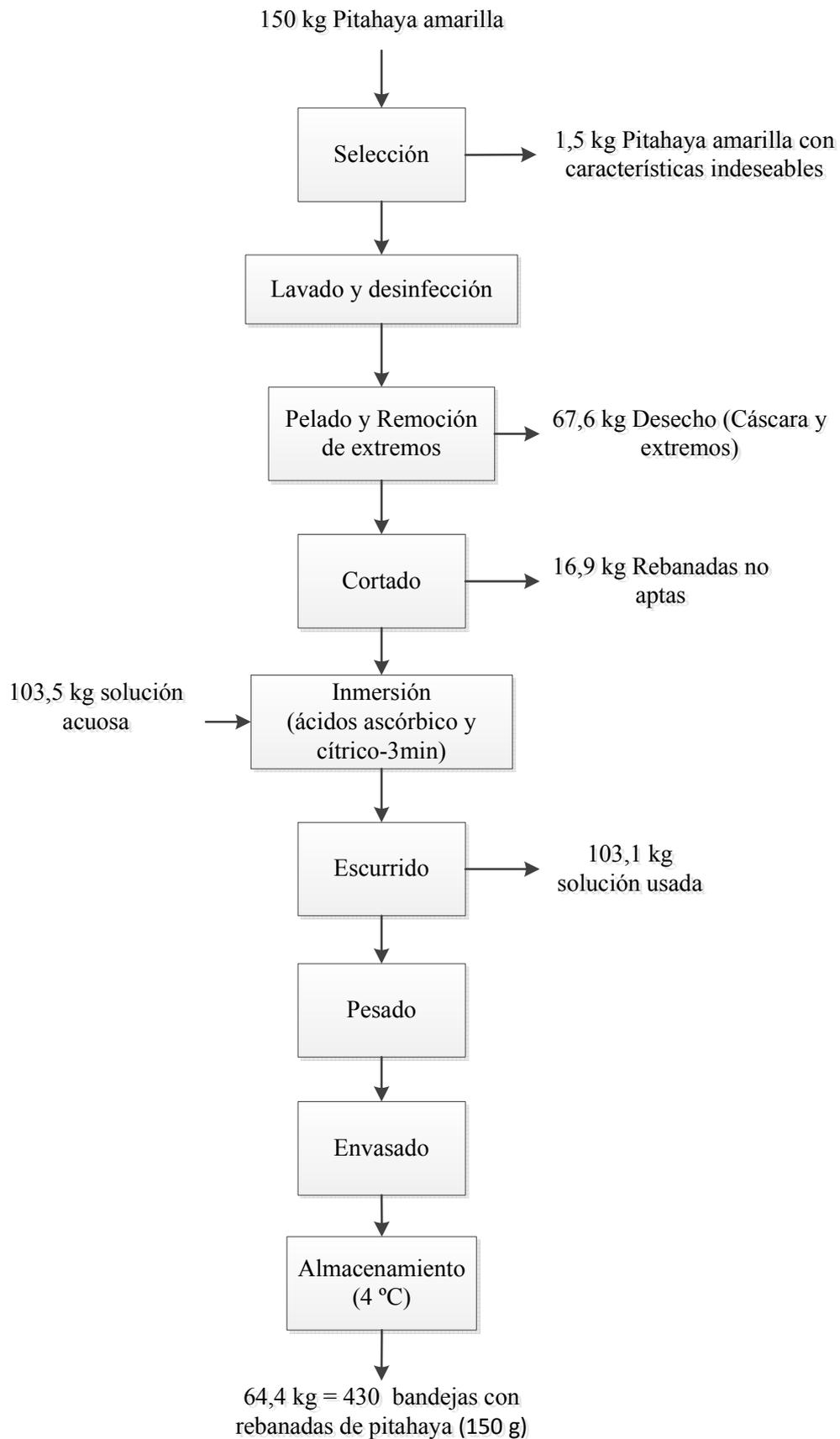


Figura 3.19. Diagrama de bloques (BFD) del procesamiento mínimo de pitahaya amarilla tratadas con ácido ascórbico y cítrico (0,1 %p/p) y empacadas con láminas de PVC

Tabla 3.12. Costos de materia prima, insumos, personal y equipos requeridos para el procesamiento de pitahaya amarilla

Designación	Costo unitario(USD)	Cantidad por mes	Costo por mes (USD)
MATERIA PRIMA			
Pitahaya	2,50 USD/kg	2 917 kg	7 291,67
Agua desmineralizada	0,90 USD/kg	2 030 kg	1 826,72
Ácido ascórbico	2,50 USD/kg	21 kg	51,78
Ácido cítrico	2,00 USD/kg	21 kg	41,42
INSUMOS			
Bandejas PS	0,05 USD/u	8 580 u	429,00
Láminas PVC	20,00 USD/caja	4 cajas	80,00
Cajas de cartón	0,5 USD/caja	715	357,50
Azoxistrobina	20,00 USD/sobre	4 sobres	74,00
Etiquetas	0,01 USD/u	8 580 u	42,90
SUMINISTROS			
Agua	0,72 USD/m ³	105 m ³	75,73
Energía eléctrica	0,14 USD/kW-h	1 944 kW-h	272,16
SUELDOS PERSONAL			
Designación	Salario/h	#horas	Costo por mes (USD)
Gerente General y de Producción	9,00	160	1 440,00
Contador	3,40	160	544,00
Operarios	2,40	160	1 536,00
EQUIPOS			
Designación del equipo	Valor unitario (USD)	# unidades	Valor Total (USD)
Cortadoras	3 000	2	6 000
Selladora	2 500	1	2 500
Tanque de inmersión	1 500	2	3 000
Balanzas (materia prima y proceso)	600	2	2 600
	1 400	1	
Tanque de lavado	1 100	1	1 100
Mesas de trabajo	300	4	1 200
Gavetas plásticas	7	50	350

De acuerdo a los procesos necesarios para el procesamiento de pitahaya amarilla que se presentan en la Figura 3.19, se determinó el número de trabajadores, equipos y herramientas necesarias para procesar 150 kg/día de frutos, estos datos se presentan en la Tabla 3.12. El costo de los frutos pitahaya es el rubro más representativo (7 291,67 USD/mes) dentro de los costos para el procesamiento de pitahaya amarilla, ya que al no ser un fruto que se produzca todo el año su costo unitario varía según las épocas de cosecha, así existen épocas cuyo precio es alto (USD 5) y otras bajo (USD 2).

En la Tabla 3.13 se presenta el área de terreno requerida para implementar el procesamiento de pitahaya amarilla. La bodega de producto terminado y el área de producción son zonas refrigeradas (4 °C), es por eso que los costos de construcción son altos USD 7 993,13 para la bodega de producto terminado y USD 37 722,50 para la zona de producción.

Tabla 3.13. Costos de terreno y construcciones para el procesamiento de pitahaya amarilla

Designación		Área (m²)	Valor total (USD)
Terreno		340,00	68 000,00
Construcciones	Bodega de insumos	7,00	1 750,00
	Bodega de producto terminado	12,00	7 993,13
	Oficinas	15,00	3 750,00
	Sanitarias	10,00	2 500,00
	Laboratorio control de calidad	7,50	1 875,00
	Producción	76,00	37 722,50
	Parqueaderos	6,00	180,00
	Garita guardia	1,50	150,00

En el Anexo XIII se observa con detalle los costos de depreciación para instalaciones, equipos y herramientas (Tabla AXIII1), además de los costos de equipos y muebles de oficina (Tabla AXIII2). Adicionalmente se muestra en el Anexo XIV la capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para el procesamiento y almacenamiento de bandejas de rebanadas

de pitahaya amarilla (Tabla AXIV1 y AXIV2) y los costos de las mismas (Tabla AXIV3).

En la Figura 3.20 se presenta el lay-out de la planta procesadora de pitahaya fresca cortada, ubicada en el cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha. En la zona de producción se dispusieron dos áreas, la zona sucia y la zona limpia. Se cuenta con un laboratorio de control de calidad, vestidores y oficinas.

En la zona limpia se encuentran los procesos de recepción, selección y lavado de materia prima, esta zona no es refrigerada. Los equipos necesarios en la zona sucia son: balanza industrial, mesa de selección y tanque de lavado.

La zona limpia es una cámara refrigerada a 4 °C para reducir cambios fisiológicos no deseados en los productos cortados (Kitinoja y Gorny, 1999, p. 12.1). En la zona limpia se tienen los procesos de pelado y cortado de los frutos, inmersión de las rebanadas de pitahaya, pesaje y empaclado. Los equipos dispuestos en esta área son: mesas de pelado, cortadoras, tanques de inmersión, balanzas y selladora. Además se encuentran las bodegas de producto terminado y de insumos.

El área total de la zona de producción es de 76 m²; se tiene una distribución en planta en forma de L, ya que esta distribución en planta ofrece buena separación entre las áreas de trabajo de la producción debido a que por un lado ingresa la materia prima y por otro lado sale el producto terminado.

El precio de venta de cada bandeja con 150 g de pitahaya mínimamente procesada será de USD 2,50, el mismo que incluye los costos de producción y una utilidad en venta estimada del 30 %. Comparado con el precio de guayaba cortada cuyos 500 g se venden a USD 1,75, el precio de pitahaya cortada es 40 % más alto, esto se debe al elevado precio de venta que tiene la pitahaya entera y al rendimiento del proceso, ya que de 1 kg de pitahaya entera se obtiene 0,43 kg de pitahaya cortada.

3.5.2. ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA Y CÁLCULO DE LOS ÍNDICES FINANCIEROS

Los costos fijos que intervienen en el procesamiento de pitahaya son USD 29 248 que incluyen alquiler y mantenimiento de maquinaria y alquiler de vehículo para distribuir el producto hasta los supermercados de Quito, en el Anexo XV (Tabla AV) se detalla la distribución de los costos fijos. Los costos variables son USD 149 554,47 que representan en el 60 % de las ventas. Los costos variables están constituidos por materia prima, insumos, suministros y sueldos de operarios. Las ventas en el primer año serán alrededor de USD 250 513, estas ventas crecerán en un 20 % cada año. En la Tabla 3.14 se presenta el estado de pérdidas y ganancias, el flujo de caja bruto del proyecto son USD 42 040 para el primer año.

Tabla 3.14. Estado de pérdidas y ganancias del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	250 513,36	300 616,04	360 739,25	432 887,09	519 464,51
(-)Costos Fijos	29 248,00	29 248,00	29 248,00	29 248,00	29 248,00
(-)Costos Variables	149 554,47	179 465,36	215 358,44	258 430,12	310 116,15
Utilidad en Operación	71 710,89	91 902,67	116 132,81	145 208,97	180 100,36
Gasto Financiero	5 000,00	4 181,01	3 280,13	2 289,15	1 199,08
Utilidad antes de impuestos	66 710,89	87 721,66	112 852,68	142 919,82	178 901,28
(-)Tasa Impositiva 22,5 %	15 009,95	19 737,37	25 391,85	32 156,96	40 252,79
Utilidad Neta Operativa	51 700,94	67 984,29	87 460,83	110 762,86	138 648,49
(-)Depreciación	9 660,15	9 660,15	9 660,15	9 660,15	9 660,15
Flujo de Caja Bruto	42 040,80	58 324,14	77 800,68	101 102,71	128 988,35

Tabla 3.15. Flujo de caja del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos (USD)	42 040,80	58 324,14	77 800,68	101 102,71	128 988,35
Valor Residual Activo Fijo					96 309,90
Valor Residual Capital Trabajo					109 160,70
Préstamo bancario	50 000,00				
Total Ingresos	92 040,80	58 324,14	77 800,68	101 102,71	334 458,94
Egresos (USD)					
Incremento Capital Trabajo	178 802,47	19 668,27	21 635,10	23 798,61	26 178,47
Pago capital préstamo bancario	13 189,87	13 189,87	13 189,87	13 189,87	13 189,87
Total Egresos	191 992,34	32 858,15	34 824,97	36 988,48	39 368,34
Flujo Caja Neto	-99 951,55	25 466,00	42 975,71	64 114,23	295 090,60

En la Tabla 3.15 se presenta el Flujo de Caja Neto del proyecto, en el primer año se tiene un flujo de caja negativo (USD -99 951,55) debido a que los egresos son mayores que los ingresos, se determina que la inversión se recuperará a partir del segundo año cuando el Flujo de Caja Neto sea de USD 25 466.

Con base en los índices financieros, se concluye que el proyecto es factible ya que genera una TIR (tasa interna de retorno) de 14,92 % mayor en aproximadamente 6 % a la tasa referencial bancaria (9 %). Esto indica que es mejor invertir en la planta de procesamiento de pitahaya que depositar el dinero en el banco ya que generará mayor ganancia. El VAN (valor actual neto) del proyecto es de USD 200 129,46 (positivo) lo que indica que a más de recuperarse el dinero invertido se obtiene una utilidad. La utilidad del proyecto es de USD 55 518,84. El capital de trabajo inicial será de USD 178 802,47 y se requerirá de un préstamos bancario de USD 50 000 para poner en marcha el proyecto. La relación beneficio/costo es de USD 1,38; lo que significa que por cada dólar de inversión se obtiene una utilidad de USD 0,38.

En la Figura 3.21 se muestra el punto de equilibrio del proyecto. Se deben producir 29 029,70 bandejas de pitahaya mínimamente procesada o vender USD 72 574,24 para cubrir los costos fijos y los costos variables mediante las ventas, es decir ni se gana ni se pierde, no existe utilidad en operación.

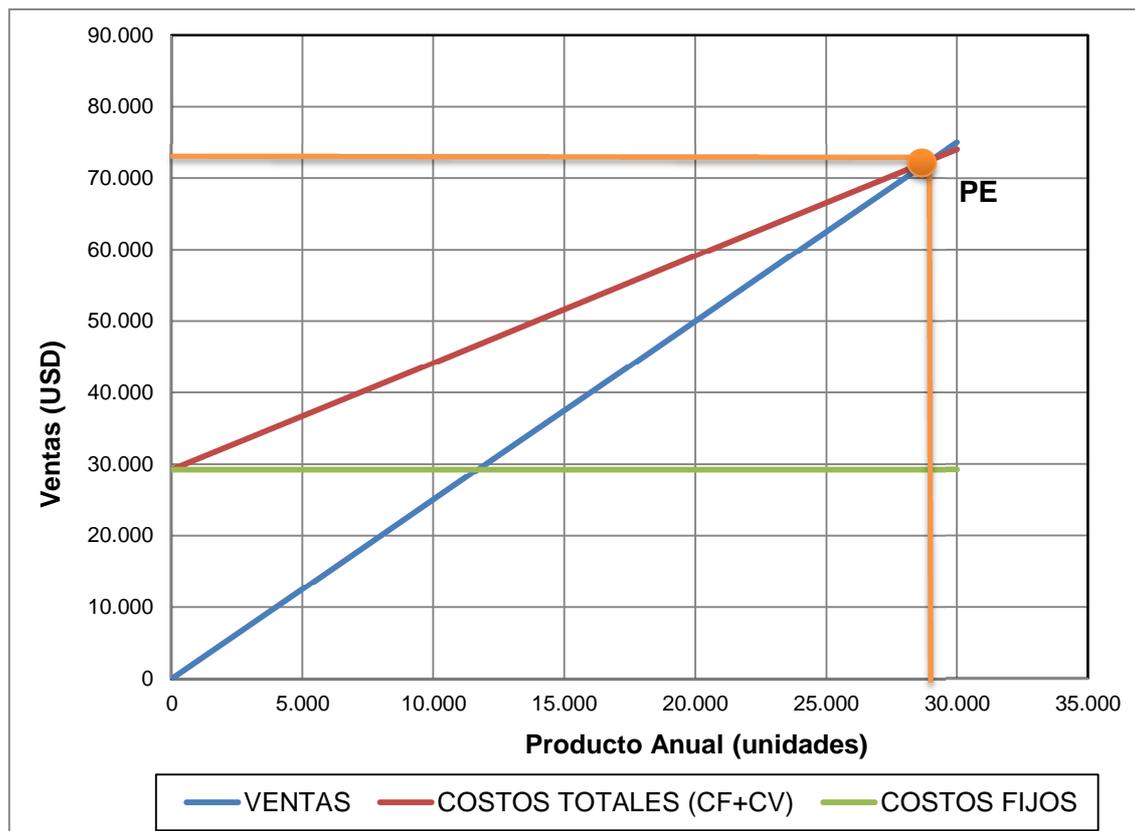


Figura 3.21. Gráfico de punto de equilibrio del proyecto para el procesamiento de pitahaya amarilla

En general, el precio de venta de cada bandeja de pitahaya amarilla cortada será de USD 2,5, precio que abarca los costos fijos y variables inherentes al proceso, además 30 % de utilidad. Los indicadores financieros hallados fueron los siguientes: VAN, TIR y beneficio/costo, cuyos resultados demostraron que el proyecto es económicamente viable. El proyecto presenta un VAN de USD 200 129,5, una TIR de 14,92 % y la inversión se recuperará en un año. La relación beneficio/costo indica que por cada dólar invertido se recuperará USD 0,38.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los valores de peso de pitahaya amarilla, caracterizó a los frutos como calibre 14 de acuerdo a la norma INEN 2003:05, con pesos entre 151 – 200 g. Los resultados de pH y acidez titulable de la caracterización de la materia prima ubican a los frutos como un producto ligeramente ácido, no neutro.
- ✓ La inclusión de la cáscara en las rebanadas de pitahaya influyó significativamente en la calidad visual de las muestras. Las muestras empacadas sin cáscara (PVC y PEBD) presentaron mejor calidad poscosecha que aquellas empacadas con cáscara. El crecimiento visual de los hongos *Bipolaris sp.*, *Alternaria sp.*, *Rhizopus sp.*, *Fusarium sp.* y *Cladosporium sp.* fue más notorio en las rebanadas de pitahaya con cáscara, lo que redujo su calidad para el consumo.
- ✓ La concentración de la solución de ácidos usada para la inmersión de las rebanadas y el tiempo de inmersión influyeron significativamente en la calidad visual de las muestras. Las muestras tratadas con la solución 1 (ácido ascórbico y cítrico 0,1 % p/p) durante 3 min presentaron menor pardeamiento para los dos tipos de empaque (PVC y PEBD) que aquellas tratadas con la solución 2 (ácido ascórbico y cítrico 0,25 % p/p) durante 1 o 3 min.
- ✓ El empaque PVC redujo la pérdida de peso y de firmeza en las rebanadas de pitahaya durante todo el período de almacenamiento. La pérdida de peso fue 30 % menor en muestras empacadas con PVC que en las muestras empacadas con PEBD. La firmeza fue 10 % mayor en muestras empacadas con PVC que aquellas muestras empacadas con PEBD.

- ✓ La concentración de CO₂ en el interior de los empaques fue menor a 0,40 %, para todos los tratamientos estos valores son bajos, por lo tanto no produjeron fermentación en las rebanadas de pitahaya amarilla. No existió diferencia significativa entre la concentración almacenada al interior de los empaques.
- ✓ Los empaques PVC y PEBD y la inmersión en la solución de ácidos permitieron mantener la calidad visual de las rebanadas de pitahaya; índices de calidad A (mantienen las características iniciales).
- ✓ Los panelistas no detectaron olores ni sabores extraños en ninguno de los tratamientos con rebanadas de pitahaya amarilla. La calidad comercial de las bandejas con rebanadas de pitahaya se mantuvieron hasta los 8 días de almacenamiento, es decir hasta el final del período analizado.
- ✓ Las rebanadas de pitahaya con inmersión (PVC y PEBD) presentaron menor crecimiento de aerobios totales y mohos y levaduras que aquellas muestras sin inmersión (PVC y PEBD). Ningún tratamiento presentó crecimiento de coliformes totales. El análisis microbiológico califica al producto como inocuo y apto para el consumo.
- ✓ El proyecto genera una TIR de 14,92 % mayor a la tasa referencial bancaria (9 %) y un VAN de USD 200 129,46 (positiva) lo que hace al proyecto factible, con un punto de equilibrio de 29 029,70 unidades a producirse anualmente.

4.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un adecuado manejo fitosanitario en la plantación de pitahaya amarilla, para reducir y/o prevenir la contaminación por microorganismos (hongos y bacterias). Especialmente para los hongos *Bipolaris sp.*, *Alternaria sp.*, *Rhizopus sp.*, *Fusarium sp.* y *Cladosporium sp.*
- ✓ Realizar estudios con pitahaya amarilla en distintos estados de madurez, para determinar el efecto de esta variable sobre el tiempo de vida en estante del producto.
- ✓ Realizar investigaciones relacionadas con otros tratamientos a las rebanadas de pitahaya como aplicación de recubrimientos comestibles, irradiación, adición de texturizantes como sales de calcio o conservantes como ácido benzoico.
- ✓ Realizar un análisis de mercado para determinar la aceptación por parte de los consumidores de pitahaya mínimamente procesada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al-Ati, T. y Hotchkiss, J. (2002). Application of Packaging and Modified Atmosphere to Fresh-cut Fruits and Vegetables. En Lamikanra, O. (Ed.). *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*. (pp. 305-338). Texas, USA: CRC PRESS
2. Anzaldúa, A. (1994). "La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica". Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
3. AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International*. (18ava ed.). Maryland, USA: AOAC International
4. Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Gómez, P. y Artés F. (2009). Productos vegetales mínimamente procesados o de la "cuarta gama". *Horticultura Internacional*, 69, 52-57
5. Asopitahaya. (2010). Asociación de exportadores de pitahaya del Ecuador. Recuperado de: http://www.sica.gov.ec/agronegocios/consejos_consumitivos/consejos/frutas/listado_pitahaya (Mayo, 2012)
6. Ayala, K. y Beltrán, M. (2007). Caracterización de Frutos de Pitaya *Stenocereus griseus* H. IX CONGRESO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y V FORO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS. (pp. 244-251). Guanajuato, México: ICA.
7. Banco Central del Ecuador. (2014). *Consulta de totales por nandida - país*. Recuperado de: http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp (Enero, 2014)

8. Betancourt, B., Toro J., Mosquera H., Castellanos J., Martínez R., Aguilera A., Perdomo L. y Franco A. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la pitaya amarilla en fresco en el Valle del Cauca*. (1era. Ed.). Bogotá, Colombia: Giro editores
9. Campos-Rojas, E., Pinedo, J., Campos-Montiel, R. y Hernández, A. (2011). Evaluación de plantas de pitaya (*Stenocereus spp*) de poblaciones naturales de monte Escobedo, Zacateca. *Revista Chapingo*, 17(3), 173-181
10. Cano, M., Sánchez, C., Pascual, S. y Ancos, B. (2005). Procesado Mínimo y Valor Nutricional. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 119-152). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
11. Cantwell, M. y Suslow, T. (2002). Postharvest Handling Systems: Fresh-Cut Fruits and Vegetables. En Kader, A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. (pp. 445-463). USA: University of California
12. Ceja, J., Espejo, A., López, A., García, J., Mendoza, A. y Pérez, B. (2008). Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *CIENCIAS*, 91, 36-41
13. Chiumarelli, M., Pereira, L., Ferrari, C., Sarantópoulos, C. y Hubinger, M. (2010). Cassava Starch Coating and Citric Acid to Preserve Quality Parameters of Fresh – Cut “Tommy Atkins” Mango. *Journal of Food Science*, 75(5), pp. E297-E304
14. Crane, J. y Balerdi, C. (2009). Pitaya Growing in the Florida Home Landscape. *University of Florida: IFAS Extensión*. Florida, USA. Recuperado de <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS30300.pdf> (Mayo, 2013).

15. Díaz, R. y Vernon, J. (1999). Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(3), 133-136.
16. Díaz, J. (2005). Biología y manejo poscosecha de pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus spp.* y *Selenicereus spp.*). *La Calera*, 5(10), 44-49
17. Díaz, M., Acedo, E. y García, A. (2005). Principales Microorganismos Patógenos y de Deterioro. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 217-240). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
18. Doores, S. (2005). Organic Acids. En Davidson, P., Sofos, J. y Branen, A. (Ed.). *Antimicrobials in food*. (pp. 91-142). Texas, USA: CRC PRESS
19. Eslava, J. (2008). *Las claves del análisis económico financiero de la empresa*. (1era. ed.). Madrid, España: ESIC EDITORIAL
20. Esquivel, P. y Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus sp.*) y su potencial en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 113-129
21. FAO (2006). FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, PITAHAYA. Recuperado de http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PITAHAYA.HTM (Febrero, 2013)
22. FAO/LATINFOODS. (2009). *Tabla de Composición de Alimentos de América Latina*. Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos/busqueda/?clave=C490> (Mayo, 2013)

23. FDA (2001). Bacteriological Analytical Manual: Aerobic Plate Count. Capítulo 3. USA.
24. FDA (2002). Bacteriological Analytical Manual: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. Capítulo 4. USA.
25. Fiszman, S. (2005). Análisis Sensorial Aplicado a la Evaluación de las Frutas y Hortalizas Cortadas. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 523-538). Guadalajara, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
26. Gallo, F. (1997). *Manual de Fisiología, Patología Post-cosecha y Control de calidad de frutas y hortalizas*. (2da. ed). Armenia, Colombia: KINESIS
27. García, F. (2013). Biología y Botánica: Glosario. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/glosario.htm#A> (Diciembre, 2013)
28. García López, M. (2006). *Tecnologías de envasado en atmósferas protectoras y su calidad microbiológica*. Recuperado de http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/otras_actividades/UIIMP_seg_alimentaria_nutricion/Maria_Luisa_Garcia_Lopez.pdf (Julio, 2013)
29. García, M. (2003). *Pitaya: cosecha y poscosecha*. (1era. Ed.). Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA
30. Garrett, E. (2002). Fresh-cut Produce: Tracks and Trends. En Lamikanra, O. (Ed.). *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*. (pp. 11-20). Texas, USA: CRC PRESS

31. Gil, M. y Tomás, F. (2005). Uso de ozono en la conservación. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 401-412). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
32. Gil, M., Tudela, J. y Espín (2005). Pardeamiento. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 155-176). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
33. González, M. y Lobo, M. (2005). Técnicas de Procesamiento. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 97-116). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
34. González, R., Allende, A., Ruiz, S. y Luo, Y. (2005). Sanitizantes Utilizados. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 263-286). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
35. Gorny, J. y Thompson, J. (2004). *Fresh-Cut Product Preparation*. UC Davis. USA. pp. 1-13
36. Gunasena, H., Pushpakumara, D. y Kariyagusama, M. (2007). Dragon Fruit: *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. En Pushpakumara, D., Gunasena, H. y Singh, V. (Ed.). *Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. (pp. 110-141). New Delhi, India: World Agroforestry Centre (ICRAF).
37. INEC. (2000). Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, Sistema Estadístico Agropecuario nacional. Encuesta de superficie producción por muestreo de áreas, Quito, Ecuador

38. INEN. (2005). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Frutas Frescas. Pitajaya amarilla. Requisitos. NTE INEN 2003:05. Quito. Ecuador
39. Jaramillo, J. (2010). *Protocolo técnico y logístico: frutas*. (1ra. Ed.). Colombia: Natura Visión
40. Kader, A. (2002a). Postharvest Biology and Technology: An Overview. En Kader, A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. (pp. 39-47). USA: University of California
41. Kader, A. (2002b). Quality Parameters of Fresh-cut Fruit and Vegetable Products. En Lamikanra, O. (Ed.). *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*. (pp. 11-20). Texas, USA: CRC PRESS
42. Kader, A. (2002c). Modified Atmospheres during Transport and Storage. En Kader, A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. (pp. 135-148). California, USA: University of California
43. Kader, A. (2007). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. (3era ed.). California, USA: Universidad de California
44. Kader, A. y Pelayo, C. (2011). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. (3ra. ed.). California, USA: Universidad de California
45. Key, T., Schatzkin, A., Willett, W., Allen, N., Spencer, A. y Travis, R. (2004). Diet, nutrition and prevention of cáncer. *Public Health Nutrition*, 7(1A), 187-200. doi: 10.1079/PHN2003588
46. Kitinoja, L. y Gorny, J. (1999). *Postharvest Technology for Small-Scale Produce Marketers: Economic Opportunities, Quality and Food Safety*. USA: UCDAVIS

47. Kondo, T., Imbachi, K., Quintero, E., Delgado, A., Manrique, M., Murillas, M. y Vélez, C. (2011). *Biología y hábitos de la Mosca del botón floral de la Pitaya Amarilla, Dasiops saltans (Townsend), en el Valle del Cauca, Colombia*. (1ra. Ed.). Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA
48. Küppers, H. (2002). *Atlas de los colores*. Barcelona, España: Editorial Blume.
49. Laurila, E. y Ahvenainen, R. (2005). Minimal processing of fresh fruits and vegetables. En Jongen, W. (Ed.). *Fruits and Vegetables Processing: Improving Quality*. (pp. 288-309). England: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC
50. León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. (3ra. Ed.). San José, Costa Rica: IICA
51. León, O. y Montero, I. (2001). Cómo explicar el concepto de interacción sin estadística: análisis gráfico de todos los casos posibles en un diseño 2 x 2. *Psicothema*. 13(1), 159-165
52. Lezama, A., Tapia, A., Muñoz, G. y Zepeda, V. (2000). *El cultivo de la pitahaya*. (1ra. Ed.). México: SAGARPA
53. Linde, A. (2010). Estudio y demostración del procesado de diferentes productos hortofrutícolas en IV gama (brócoli, patatas, naranja y mandarina). Asociación para el desarrollo rural Medio Guadalquivir. España: LINDE S.A.
54. Martín, O. y Rojas, M. (2005). Factores que afectan la calidad. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 77-94). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.

55. Martín, O., Soliva, R. y Oms, G. (2008). Fresh-Cut Fruits. En Cano, M. (Ed.). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. (pp. 129-144). Hoboken, USA: Wiley-Blackwell
56. Mercado, E. y Aquino, E. (2005). Enzimas involucradas en el Deterioro. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 177-214). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
57. Millán, F., López, S., Roa, V., Tapia, M. y Cava, R. (2001). Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo L*) mínimamente procesado por impregnación al vacío. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* (51)2. Recuperado de http://www.scielo.orgve/scielo.php?pid=S000406222001000200009&script=sci_arttext (Septiembre, 2013)
58. MINSA/DIGESA (Ministerio de Salud/Dirección General de Salud Ambiental). (2008). Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú.
59. Miranda, M. (2012). Manual de Utilización de las trampas PMT en producción agraria ecológica. Recuperado de: http://www.uib.es/depart/dba/Zoolog y/esp/miranda/documentos/manual_cae.PDF?codigo=11 (Diciembre, 2013)
60. Montero, M., Rojas, M., Soliva, R. y Martín, B. (2009). Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. *Horticultura Internacional*, 69, 48-51
61. Mora, D. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de pitahaya*. (1ra. Ed.). Bogotá, Colombia: ICA

62. Nantes, J. y Leonelli F. (2000). A estruturação de cadeia productiva de vegetais minimamente processados. *Revista da FAE: Faculdade Católica de Administração e Economia*, 3(3), 61-69
63. Naranjo, V. (2011). *Pitahaya un fruto que tiene mucha proyección*. El huerto. *Revista de agronegocios*, 30, 20-21
64. Norma Técnica Colombiana. (1996). Frutas Frescas: Pitahaya Amarilla. NTC 3554. Colombia
65. OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). (2005). *Manual técnico: Buenas prácticas de cultivo en pitahaya*. (1era. Ed.). El Salvador: OIRSA
66. Oliveira, E., Gutierrez, M., Jacomino, Â., Puschmann, R., Ferreira, N., Elesbao, R., Mosca, J., Cunha, H., Rocha, M., Dussán, S. y Yagui, P. (2005). Formas de Presentación. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 37-58). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C.
67. Oms, G., Soliva, R. y Martín, O. (2007). Effect of ripeness on the shelf-life of fres-cut melón preserved by modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology*, 225,301-311. doi: 10.1007/s00217-006-0415-9
68. Osuna, T., Ibarra, M., Muy, M., Valdez, J., Villarreal, M. y Hernández, S. (2011). Calidad poscosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus Haw.*) cosechados en tres estados de madurez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(1), 63-72

69. Otero, M. (2001). *Estudio de la fisiología postcosecha de piñas enteras (Ananas comusus) sometidas a tratamientos postcosecha y de piñas mínimamente procesadas almacenadas a condiciones controladas de humedad y temperatura* (Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
70. Palma, I. y Ferrer, C. (2008). Normas de Higiene y Seguridad Alimentaria. En Salas, J., Bonada, A., Trallero, R., Saló, M. y Burgos, R. (Ed.). *Nutrición y Dietética Clínica*. (pp. 51-64). España: Elsevier Masson
71. Parish, M., Beuchat, L., Suslow, T., Harris, L., Garrett, E., Farber, J. y Busta, F. (2003). Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, 2 (Supplement): 161-173
72. RAE. (2013). Esqueje, Hermafrodita, Mamila y Rupícola. Recuperado de: <http://lema.rae.es/drae/?val> (Diciembre, 2013)
73. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08. (2008). Alimentos: Criterios microbiológicos para la inocuidad de Alimentos. pp. 1-36.
74. Ricalde, M. y Andrade, J. (2009). Pitahaya, una delicia tropical. *Ciencia*, 60(3), 36-43
75. Robles, M., Gorinstein, S., Martín, O., Astiazarán, H., González, G. y Cruz, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *INTERCIENCIA*, 32(4), 227-232
76. Rodov, V., Copel, A., Aharoni, N., Wiseblum, A., Horev, B. y Vinokur, Y. (2000). Nested modified-atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period. *Postharvest Biology and Technology*, 18(3), 259-266

77. Rodríguez, A., García, J., González, M., Jiménez, C., Moreno, M., Pallares, L., Ramírez, V., Rosas, L., Rueda, R., Trejo, E., Velazco, S. y Zárate, E. (1993). El cultivo de pitahaya en Yucatán. UACH y Gobierno del estado de Yucatán. Yucatán, México. Recuperado de <http://www.crupy-uach.org.mx/img/biblioteca/doc/47f37f0d62841fc3895f03ac3f6e3c21.pdf> (Mayo, 2013)
78. Rodríguez, D., Patiño, M., Miranda, D., Fischer, G. y Galvis, J. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 2837-2857
79. Sánchez, R., Ochoa, R., Rodríguez, F., Roque, J., Ortega, C., Palacios, H. y Carrillo, L. (2000). Producción y comercialización de pitahayas en México. *Claridades Agropecuarias*, 89, 1-22
80. Sanjinez, E., Branco, I., Takito, S. y Corbari, J. (2010). Influencia de la deshidratación osmótica y la adición de cloruro de clacio en la conservación de kivis mínimamente procesados. *Food Science and Technology (Campinas)*, 30, 205-209. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612010000500031&nrm=iso (Octubre, 2013)
81. Santacruz-Vázquez, C., Santacruz, V. y Huerta, V. (2009). *Agroindustrialización de pitaya*. (1era. Ed.). Cuba: Editorial Universitaria.
82. Simson, S. y Straus, M. (2010). *Post-Harvest Technology of Horticultural Crops*. (1era. Ed.). Jaipur, India: Global Media
83. Thompson, K. (1998). *Tecnología Post-Cosecha de Frutas y Hortalizas*. (1era. Ed.). Colombia: Kinesis

84. Thuesen, H., Fabryck, W. y Thuesen, G. (1984). *Ingeniería Económica*. (1era, ed.). México DF, México: Calypso S.A.
85. Toivonen, P. y DeEll, J. (2002). Physiology of Fresh-cut Fruits and Vegetables. En Lamikanra, O. (Ed.). *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*. (pp. 91-123). Texas, USA: CRC PRESS
86. Torres, L., Serna, L., Ayala, A., Ortiz, J. y Bedoya, C. (2012). Cambios en propiedades químicas y firmeza de pitahaya amarilla refrigerada por efecto de la aplicación de 1-MCP. *Vitae*, 19(1), S141-S143
87. Valencia, M. y Robles, A. (2005). El Valor Nutrimental y Protector de las Frutas y Verduras en la Dieta Humana. En González, G., Gardea, A. y Cuamea, F. (Ed.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. (pp. 1-14). Guadalajara, México: Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C
88. Vargas, L., Tamayo, J., Centurión, A., Tamayo, E., Saucedo, C. y Sauri, E. (2010). Vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(2), 154-161
89. Watada, A. y Ling, Q. (1999). Quality of fresh-cut produce. *Postharvest-Biology and Technology*, 15, 201-205
90. Welti, J., Vergara, F., Guerrero, J., García, R. y Villa, R. (2005). *Métodos, criterios y modelación para la selección de películas plásticas en atmósferas modificadas*. En Segundo Simposio Internacional de Innovación y Desarrollo de Alimentos, Motevideo, Uruguay. Recuperado de <http://www.innova-uy.info/docs/presentaciones/20050929/2005DOCJorgeWeltiMetodos.pdf> (Julio, 2013)

91. World Cancer Research Foundation-American Institute for Cancer Research. (2007). Food, Nutrition and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washigton, DC: American Institute for Cancer Research

ANEXOS

ANEXO I
CARTA DE COLOR PARA PITAHAYA AMARILLA SEGÚN
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 3554



Figura AI. 1. Tabla de color de la pitahaya amarilla
(NTC 3554, 1996)

Color 0: Fruto bien desarrollado de color verde, con aristas claramente marcadas en las mamilas.

Color 1: Fruto de color verde, con una ligera zona amarilla en la zona basal. Permanece la forma de las aristas.

Color 2: Fruto de color verde con zonas amarillas en toda la superficie.

Color 3: Fruto de color verde-amarillo. Inicia el llenado de las mamilas y la separación entre ellas.

Color 4: Fruto de color amarillo, punta de las mamilas de color verde y aumenta la separación entre ellas.

Color 5: Fruto de color amarillo, punta de las mamilas ligeramente verdosas.

Color 6: Fruto totalmente amarillo (NTC 3554,1996).

ANEXO II
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMINAS PLÁSTICAS
UTILIZADAS EN LA EXPERIMENTACIÓN

EMPAQUE A

Proveedor: ANCHOR PACKAGING

Material: Cloruro de Polivinilo (PVC)

Tamaño: 0,3 x 300 m

Espesor: 0,008 mm

Densidad: 0,0916 – 0,0919 g/cm³

Resistencia al impacto: 63 g

Carga a la Rotura: MD: 23 N/mm² TD: 16 N/mm²

Elongación a la rotura: MD: 163 %TD: 208 %

Pre-estiro garantizado: 65 %

Pre-estiro máximo: 80 %

Adhesividad: 140 g

EMPAQUE B

Proveedor: POLIPACK

Material: Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

Tamaño: 0,3 x 300 m

Espesor: 0,015 mm

Brillo: 82 %

Impacto al dardo: 203 g

Límite Elástico CD: 333,9 kg/cm²

Rasgado CD: 400,0 g

Ruptura CD: 185 kg f⁻¹

Elongación CD: 660,1 %

Límite Elástico MD: 516,7 kg/cm²

Rasgado MD: 450 g

Ruptura MD: 265 kg f⁻¹

Elongación MD: 398,1 %

ANEXO III

TURGENCIA DE LOS FRUTOS DE PITAHAYA AMARILLA

En la siguiente figura se observa la escala de turgencia elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de frutos de pitahaya amarilla.

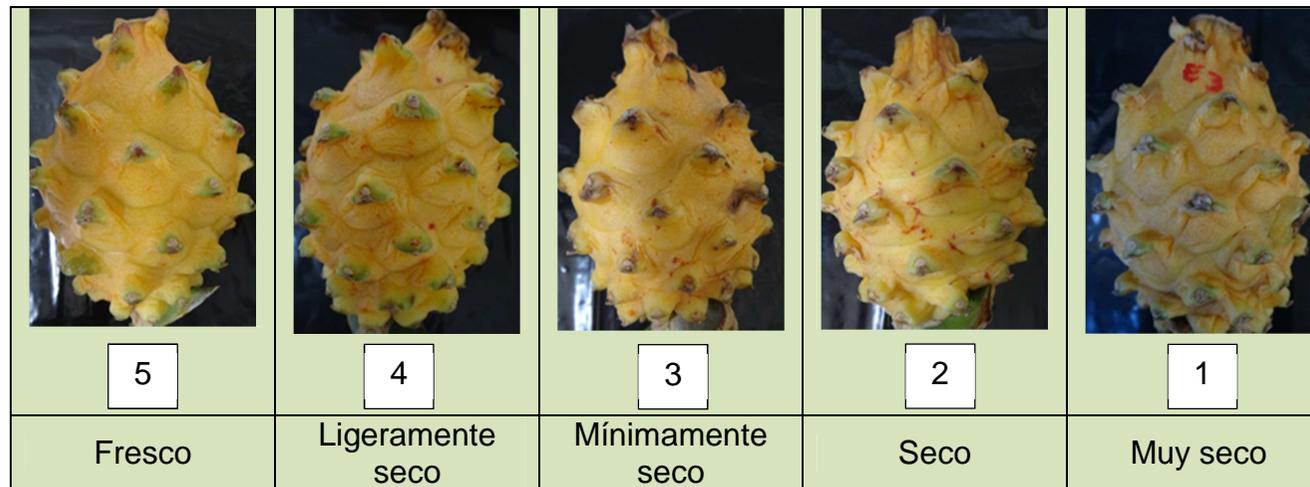


Figura AIII. 1. Escala de turgencia de pitahaya amarilla

ANEXO IV**MARCHITEZ DEL PEDÚNCULO DE LOS FRUTOS DE PITAHAYA AMARILLA**

En la siguiente figura se observa la escala de marchitez del pedúnculo elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de frutos de pitahaya amarilla.

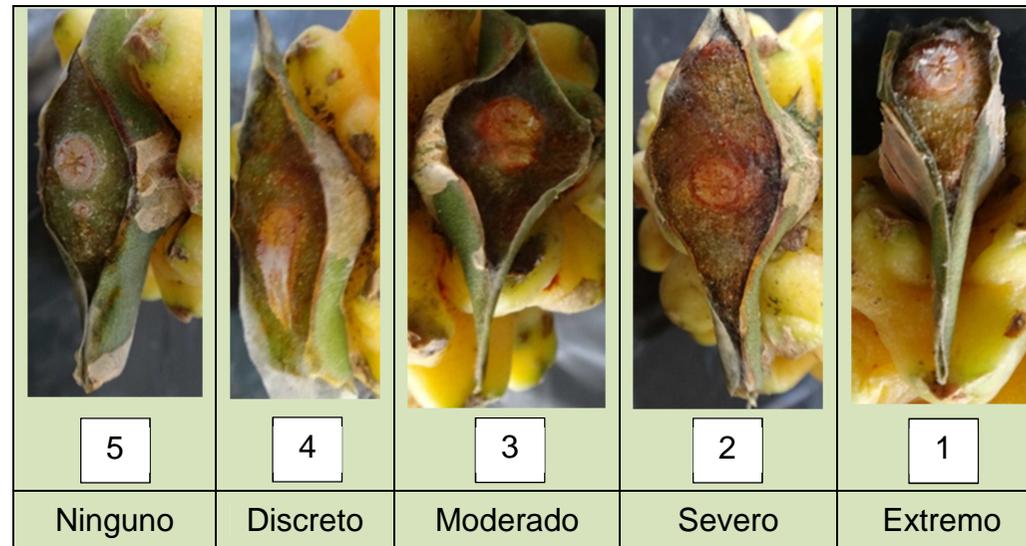


Figura AIV. 1. Escala de marchitez del pedúnculo de pitahaya amarilla

ANEXO V

DAÑOS FÍSICOS DE LOS FRUTOS DE PITAHAYA AMARILLA

En la siguiente figura se observa la escala de daños físicos en los frutos elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de frutos de pitahaya amarilla.

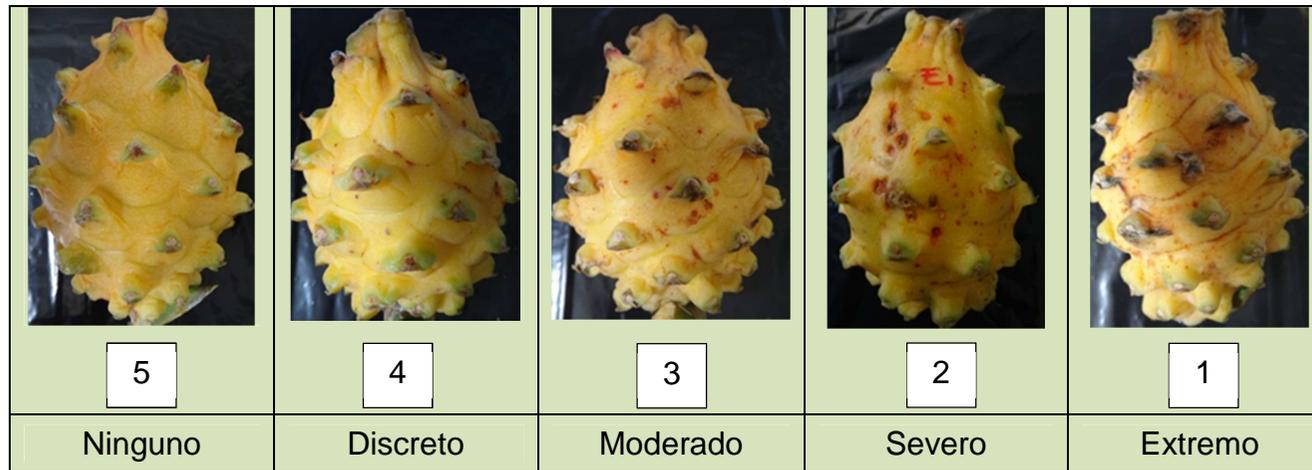


Figura AV. 1. Escala de daños físicos de pitahaya amarilla

ANEXO VI

PRESENCIA DE HONGOS EN LOS FRUTOS DE PITAHAYA AMARILLA

En la siguiente figura se observa la escala de presencia de hongos en los frutos elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de frutos de pitahaya amarilla.

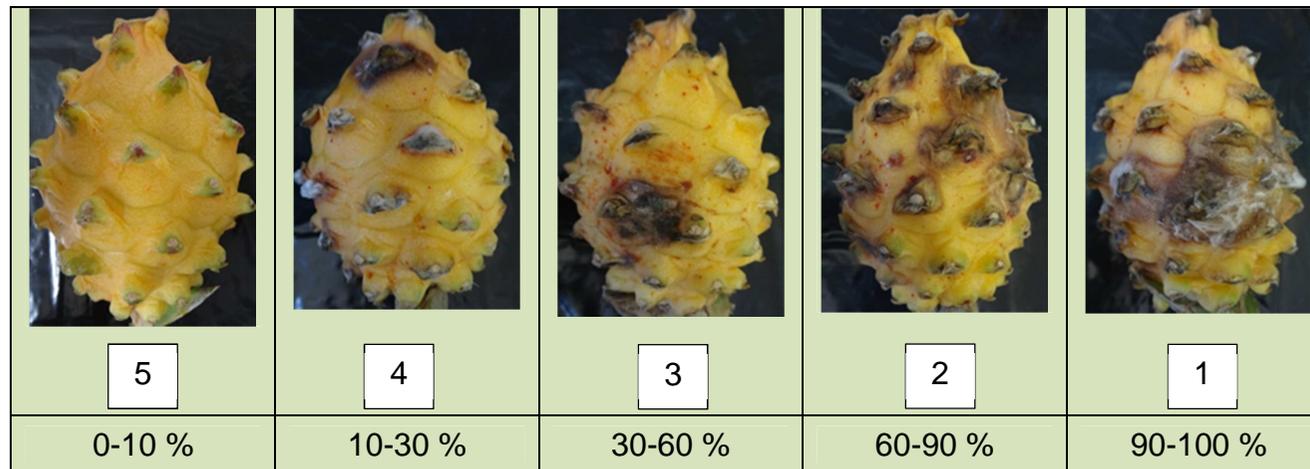


Figura AVI. 1. Escala de presencia de hongos en pitahaya amarilla

ANEXO VII

**FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS Y
REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
EVALUACIÓN DE ANÁLISIS SENSORIAL**

PRODUCTO: PITAHAYA AMARILLA CORTADA

NOMBRE: FECHA:..... HORA:.....

Usted está recibiendo dos muestras para evaluar. La prueba es simple, consiste en valorar cada una de las muestras y señalar en la escala con una raya vertical la calificación, sobre dicha raya debe colocarse el correspondiente número de muestra.

APARIENCIA:

No. _____ **Muy Seco** **Muy Fresco**
 No. _____
 No. _____
 No. _____

|-----|

SABOR A FRUTA:

Insípido **Intenso**

|-----|

ACIDEZ:

Débil **Fuerte**

|-----|

DULZOR:

Débil **Fuerte**

|-----|

SABORES EXTRAÑOS:

Ausencia **Presencia Intensa**

|-----|

OBSERVACIONES:

.....

Gracias por su colaboración.

RT/SV

ANEXO VIII

CONDICIONES DE TRABAJO DEL ANALIZADOR DE GASES POSTHARVEST RESEARCH

Volumen de muestra:	1mL
Gas portador:	Nitrógeno
Flujo del gas portador:	100 mL/min
Presión del gas portador:	15 psig
Para determinar atmósfera interna	
Estándar de CO₂:	3 %
Rango del detector de CO₂:	0,8 %
Regulación del registrador	
Rango del registro de CO₂:	10v

A continuación se observa el analizador rápido de CO₂-O₂ utilizado para determinar la concentración de CO₂ en el interior de los empaques.

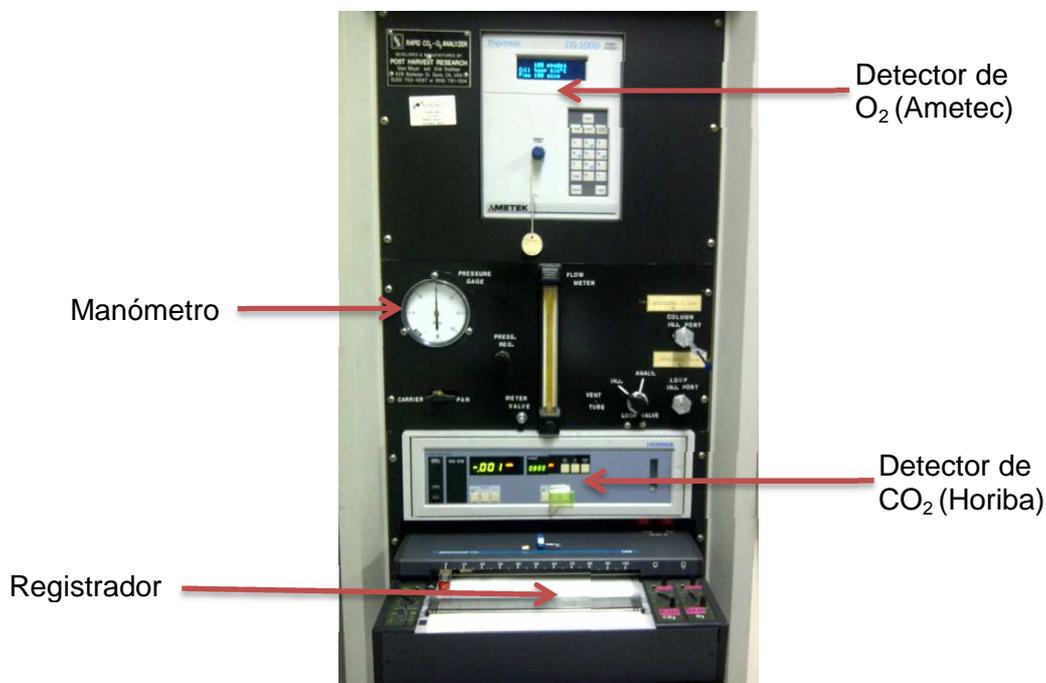


Figura AVIII. 1. Analizador rápido de CO₂-O₂ Postharvest Research

ANEXO IX
FOTOGRAFÍAS DE SÉPTUM UTILIZADO EN LOS EMPAQUES
CON REBANADAS DE PITAHAYA

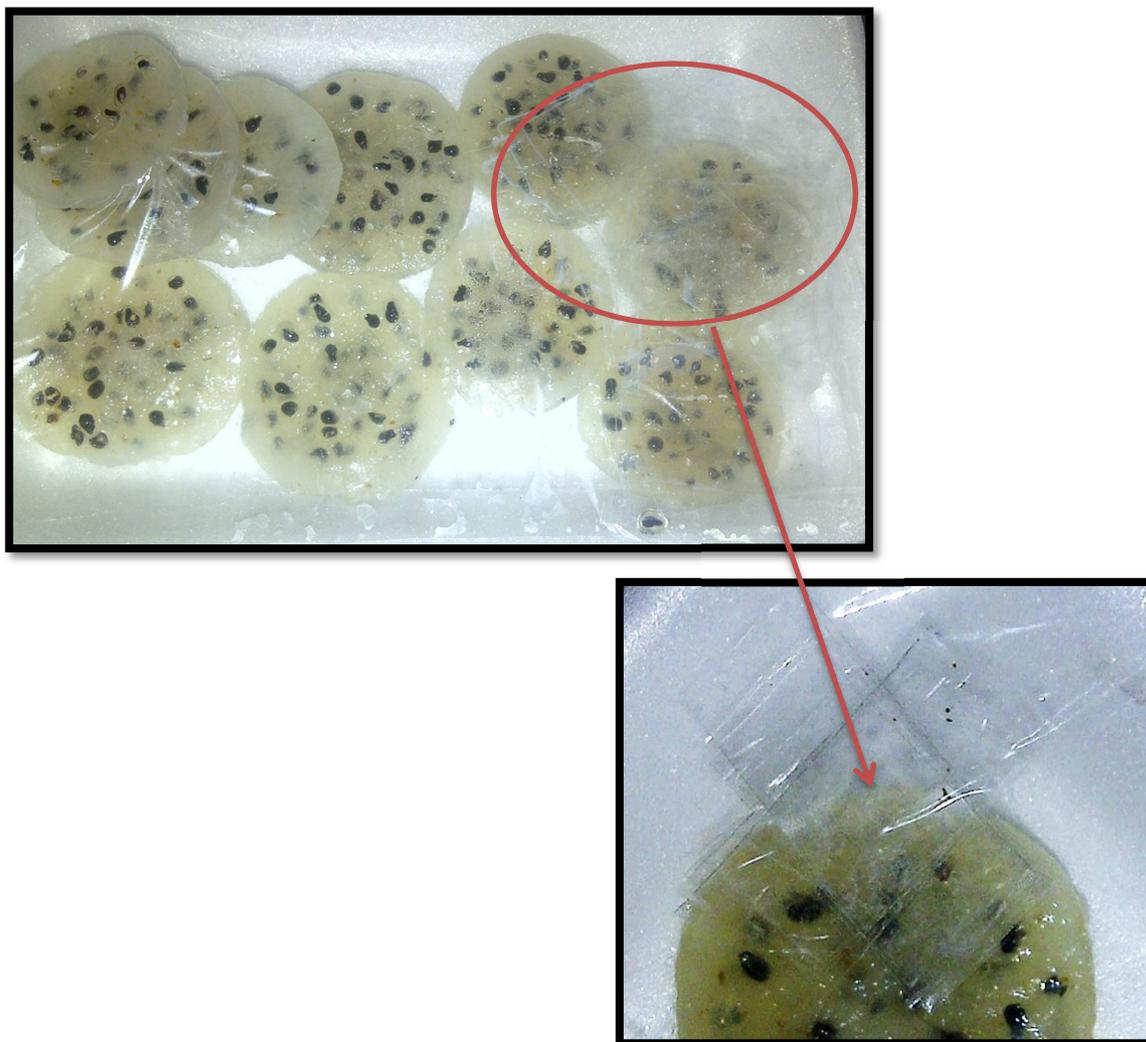


Figura AIX. 1. Séptum de cinta adhesiva colocada en los empaques

ANEXO X

PARDEAMIENTO EN LAS REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

En la siguiente figura se observa la escala de pardeamiento en las rebanadas de pitahaya amarilla elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de rebanadas de fruta mínimamente procesada.

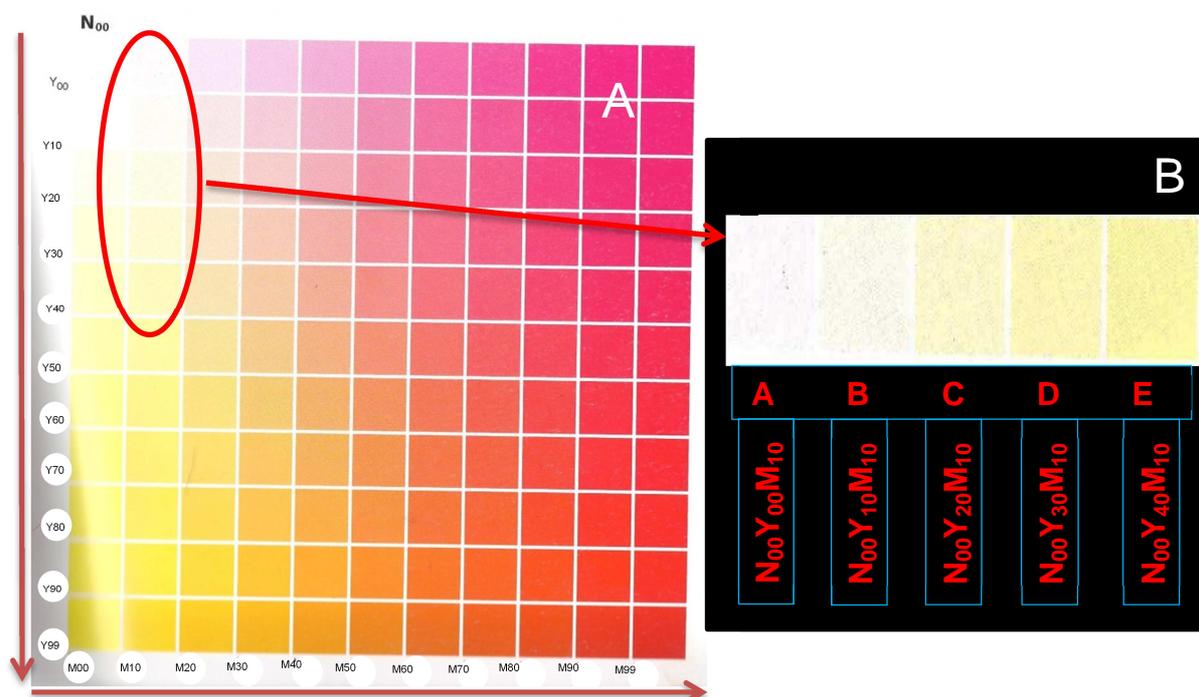


Figura AX. 1. Codificación de los matices en la carta de color de Küppers (A), Escala de evaluación visual para pardeamiento de rebanadas de pitahaya (B)

Las diferentes tablas de color se presentan con un orden sistemático y cuantitativo para cada matiz. La combinación de los colores fundamentales amarillo (Y), magenta (M), cian (C), negro (N) y la intervención del blanco, se conoce como matices. Las mezclas de colores se reportan como porcentajes, que corresponden a la proporción de superficie cubierta por cada color fundamental. Se tienen 5 series de tablas de color, tres son mezclas acromáticas por la intervención del negro y dos son de mezclas cromáticas por la intervención del amarillo, cian y magenta (Küppers, 2007, pp. 17,18).

Para codificar un matiz, se debe primero seleccionar la tabla, luego desplazarse en el eje vertical y por último en el eje horizontal hasta ubicarse en la escala adecuada (Küppers, 2002, pp. 17,18). Por ejemplo, en la escala de pardeamiento para pitahaya amarilla la letra A corresponde a las coordenadas $N_{00}Y_{00}M_{10}$, la coordenada N_{00} representa la tabla de color, la coordenada Y_{00} corresponde al eje vertical y la coordenada M_{10} representa el valor en el eje horizontal.

ANEXO XI

MARCHITEZ EN LAS REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

En la siguiente figura se observa la escala de marchitez en las rebanadas de pitahaya elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de las rebanadas de fruta mínimamente procesada.

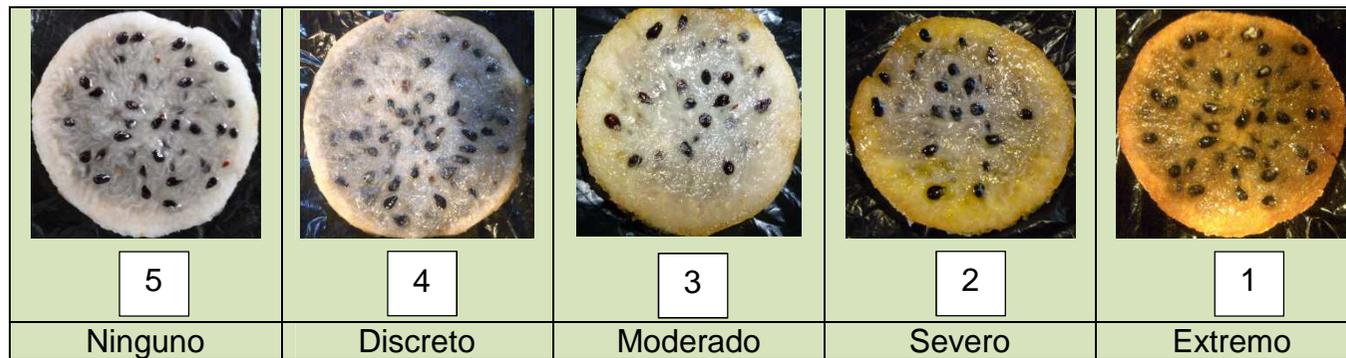


Figura AXI. 1. Escala de marchitez de rebanadas de pitahaya amarilla

ANEXO XII**PRESENCIA DE HONGOS EN LAS REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA**

En la siguiente figura se observa la escala de presencia de hongos en las rebanadas de pitahaya elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual de las rebanadas de fruta mínimamente procesada.

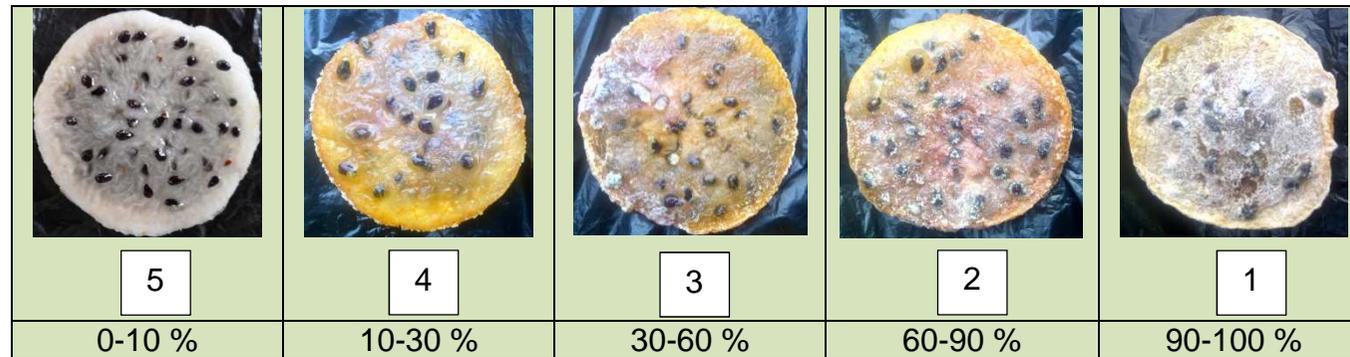


Figura AXII. 1. Escala de presencia de hongos en rebanadas de pitahaya amarilla

ANEXO XIII

**COSTOS DE DEPRECIACIÓN DE INSTALACIONES, EQUIPOS Y
HERRAMIENTAS Y COSTOS DE EQUIPOS Y MUEBLES DE
OFICINA**

Tabla AXIII. 1. Resumen de las depreciaciones producidas por los equipos y construcciones para el proyecto de procesamiento de pitahaya

Descripción	Depreciación
Cortadora	600,00
Selladora	250,00
Tanque de inmersión	300,00
Balanza	260,00
Tanque de lavado	110,00
Mesas de trabajo	120,00
Gavetas plásticas	35,00
TOTAL	1 675,00
Terreno	3 400,00
Bodega de insumos	87,50
Bodega de producto terminado	150,00
Oficinas	187,50
Sanitarias	125,00
Laboratorio control de calidad	93,75
Producción	950,00
Parqueaderos	9,00
Garita guardia	7,50
TOTAL	5 001,25

Tabla AXIII. 2. Resumen de los costos de equipos y muebles de oficina para el proyecto de procesamiento de pitahaya

Denominación	Número de unidades	Valor Unitario	Valor Total	Depreciación
Escritorio	2	250,00	500,00	
Sillones para escritorio	2	80,00	160,00	
Computadores	2	800,00	1 600,00	533,33
Archivadores	8	5,00	40,00	
Sillas	6	40,00	240,00	
TOTALES		1 175,00	2 540,00	533,33

ANEXO XIV

**CAPACIDADES Y COSTOS DE LAS CÁMARAS DE
REFRIGERACIÓN PARA EL PROCESAMIENTO Y
ALMACENAMIENTO DE REBANADAS DE PITAHAYA**

Tabla AXIV. 1. Capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de bandejas de rebanadas de pitahaya amarilla

Capacidad	
Bandejas (unidades)	1 718
Número de cajas (presentación 12 bandejas)	144
Dimensiones	
Largo (m)	4,3
Ancho (m)	3,3
Alto (m)	2,8
Carga calórica	
a) Pérdidas en paredes (kJ/día)	24 053,3
b) Pérdida en aire de reemplazo (kJ/día)	22 230,0
c) Pérdida por motores, luces (kJ/día)	54 998,0
d) Pérdida por personas (kJ/día)	2 215,5
e) Carga del producto (kJ/día)	4 869,9
Total (kJ/día)	108 951,5
Total más 10% seguridad (kJ/día)	10 895,2
Total (kJ/h)	6 658,0

Tabla AXIV. 2. Capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para el procesamiento bandejas de rebanadas de pitahaya amarilla

Capacidad	
Frutos (kg)	150
Dimensiones	
Largo (m)	13,0
Ancho (m)	4,5
Alto (m)	2,8
Carga calórica	
a) Pérdidas en paredes (kJ/día)	58 997,3
b) Pérdida en aire de reemplazo (kJ/día)	99 212,4
c) Pérdida por motores, luces (kJ/día)	110 644,0
d) Pérdida por personas (kJ/día)	28 358,4
e) Carga del producto (kJ/día)	3 044,25
Total (kJ/día)	300 256,4
Total más 10% seguridad (kJ/día)	30 025,6
Total (kJ/h)	18 349,0

En la Tabla AXIV3 se muestran los costos de las cámaras de refrigeración, en donde se consideró accesorios y controles eléctricos, líneas de tuberías y costos de instalación y mantenimiento.

Tabla AXIV. 3. Costo de las cámaras de refrigeración para el almacenamiento y procesamiento de rebanadas de pitahaya amarilla mínimamente procesada a 4 °C y 90% HR

CÁMARA DE ALMACENAMIENTO			
Concepto	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
Paneles frigoríficos con poliuretano (m ²)	37,5	51	1 918,1
Puerta frigorífica	450,0	1	450,0
Unidad condensadora 1HP	800,0	1	800,0
Evaporador 6740 kJ/h	750,0	1	750,0
Accesorios y controles eléctricos	650,0	1	650,0
Líneas de tuberías	400,0	1	400,0
Carga refrigerante	25,0	1	25,0
Total			4 993,1
CÁMARA DE PROCESAMIENTO			
Concepto	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
Paneles frigoríficos con poliuretano (m ²)	37,5	205	7672,5
Puerta frigorífica	1125	1	1125
Unidad condensadora 4HP	2400	1	2400
Evaporador 18 575 kJ/h	3000	1	3000
Accesorios y controles eléctricos	2600	1	2600
Líneas de tuberías	1000	1	1000
Carga refrigerante	25	5	125
Costos de instalación y asesoramiento	800	1	800
Total			18 722,5

ANEXO XV
COSTOS FIJOS REQUERIDOS EN EL PROCESAMIENTO DE
PITAHAYA AMARILLA

Tabla AXV. 1. Costos Fijos en el procesamiento de pitahaya amarilla

Designación del insumo	Costo unitario (\$)	Cantidad por mes	Costo por mes (\$)
Alquiler mantenimiento maquinaria	1,67	80	133,33
Alquiler de vehículo	8,00	40	320,00
TOTAL			453,33

ANEXO XVI

HOJA DE CÁLCULO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ANÁLISIS FINANCIERO DE LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO											
2	ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS											
3		1	2	3	4	5	PRÉSTAMO BANCARIO					
4	Ventas	235482,56	282579,08	339094,89	406913,87	488296,64	Préstamo	50000	Anualidad	13189,87		
5	(-)Costos Fijos	23200,00	23200,00	23200,00	23200,00	23200,00	Interés	0,1	n	5		
6	(-)Costos Variables	142642,47	171170,96	205405,16	246486,19	295783,43	Año	Anualidad	Deuda	Interés	Amortización	
7	Utilidad en Operación	=B4-B5-B6	=C4-C5-C6	=D4-D5-D6	=E4-E5-E6	=F4-F5-F6	1	13189,87	50000,00	=J7*I5	=I7-K7	
8	Gasto Financiero	=K7	=K8	=K9	=K10	=K11	2	13189,87	=J7-L7	=J8*I5	=I8-K8	
9	Utilidad antes de impuesto	=B7-B8	=C7-C8	=D7-D8	=E7-E8	=F7-F8	3	13189,87	=J8-L8	=J9*I5	=I9-K9	
10	(-)Tasa Impositiva 22,5%	=B9*22,5%	=C9*22,5%	=D9*22,5%	=E9*22,5%	=F9*22,5%	4	13189,87	=J9-L9	=J10*I5	=I10-K10	
11	Utilidad Neta Operativa	=B9-B10	=C9-C10	=D9-D10	=E9-E10	=F9-F10	5	13189,87	=J10-L10	=J11*I5	=I11-K11	
12	(-)Depreciación	9660,15	9660,15	9660,15	9660,15	9660,15						
13	Flujo de Caja Bruto	=B11-B12	=C11-C12	=D11-D12	=E11-E12	=F11-F12						
14												
15	FLUJO DE CAJA NETO											
16		1	2	3	4	5	Años	Capital de trabajo	Incremento 10%			
17	Ingresos	=B13	=C13	=D13	=E13	=F13	1	165842,47	=I17*I10%			
18	Valor Residual Activo Fijo					96309,90	2	=I17+K17	=I18*I10%			
19	Valor Residual Capital Trabajo						3	=I18+K18	=I19*I10%			
20	Préstamo bancario	=I4					3	=I19+K19	=I20*I10%			
21	Total Ingresos	=SUMA(B17:B20)	=C17	=D17	=E17	=SUMA(F17:F19)	4	=I20+K20	=I21*I10%			
22	Egresos							TOTAL	101248,49			
23	Incremento Capital Trabajo	=J17	=J18	=J19	=J20	=J21						
24	Pago capital préstamo bancario	=I7	=I8	=I9	=I10	=I11						
25	Total Egresos	=SUMA(B23:B24)	=SUMA(C23:C24)	=SUMA(D23:D24)	=SUMA(E23:E24)	=SUMA(F23:F24)						
26	Flujo Caja Neto	=B21-B25	=C21-C26	=D21-D27	=E21-E28	=F21-F29						
27												
28	Tasa referencial bancaria	VAN	Inversión inicial	Utilidad	TIR	Beneficio/Costo						
29	9%	=VNA(B28:B26:F26)	144610,63	=B29-B30	=TIR(B26:F26)	=B29/B30						

Figura AXVI. 1. Hoja de cálculo para el estado de pérdidas y ganancias y el flujo de caja neto para el procesamiento de pitahaya amarilla

ANEXO XVII
DATOS EXPERIMENTALES DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS EN
REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

Tabla AXVII. 1. Datos de pH en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

TRATAMIENTO	MUESTRA	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
		Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
CIA	1	4,25	4,25	4,38	4,38
	2	4,27	4,28	4,37	4,37
	3	4,25	4,25	4,37	4,38
	4	4,28	4,27	4,34	4,34
	5	4,26	4,26	4,41	4,41
SIA	1	4,33	4,36	4,20	4,45
	2	4,30	4,29	4,42	4,40
	3	4,31	4,31	4,42	4,40
	4	4,25	4,30	4,40	4,38
	5	4,10	4,29	4,41	4,40
CIB	1	4,25	4,25	4,36	4,35
	2	4,26	4,26	4,38	4,37
	3	4,26	4,27	4,37	4,36
	4	4,25	4,25	4,38	4,39
	5	4,25	4,26	4,36	4,36
SIB	1	4,25	4,25	4,37	4,40
	2	4,26	4,26	4,20	4,49
	3	4,26	4,27	4,43	4,43
	4	4,25	4,25	4,30	4,45
	5	4,25	4,26	4,30	4,46

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

Tabla AXVII. 2. Datos de volumen (ml) de NaOH consumidos en la titulación de rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

TRATAMIENTO	MUESTRA	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
		Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
CIA	1	0,90	1,00	1,00	1,00
	2	1,00	0,80	1,10	1,10
	3	1,00	0,90	1,00	1,00
	4	0,90	1,00	1,10	1,00
	5	0,80	1,00	1,10	0,80
SIA	1	0,80	0,90	1,10	1,00
	2	0,90	1,00	0,90	1,10
	3	0,85	0,95	0,95	0,85
	4	1,00	0,80	0,90	1,10
	5	0,90	0,95	0,95	1,10
CIB	1	0,90	1,00	1,00	1,00
	2	1,05	0,80	1,10	1,10
	3	0,90	1,00	1,05	1,00
	4	0,80	1,00	1,10	1,00
	5	1,00	0,90	1,00	0,90
SIB	1	0,95	0,90	1,10	1,05
	2	1,00	0,90	0,90	1,10
	3	0,90	1,00	0,90	0,90
	4	0,90	0,80	0,90	1,10
	5	0,90	0,90	0,95	1,10

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

Tabla AXVII. 3. Datos de °Brix en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

TRATAMIENTO	MUESTRA	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
		Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
CIA	1	18,00	18,20	17,80	17,00
	2	18,20	18,00	17,60	17,20
	3	18,00	17,60	17,40	17,20
	4	18,60	18,00	17,40	17,80
	5	18,00	18,60	17,60	18,00
SIA	1	18,00	17,60	16,80	16,60
	2	17,00	17,00	17,80	17,20
	3	18,00	17,60	16,60	17,00
	4	17,60	17,00	16,60	16,00
	5	17,20	17,60	17,00	17,60
CIB	1	18,60	18,00	16,80	17,00
	2	18,00	18,60	18,00	18,00
	3	17,60	17,60	17,00	17,00
	4	17,60	18,00	17,00	17,20
	5	18,00	17,60	17,20	17,20
SIB	1	17,60	17,00	16,80	16,80
	2	17,00	17,60	16,20	16,60
	3	17,20	17,60	17,00	16,80
	4	17,00	17,00	17,00	17,20
	5	17,60	17,60	17,20	17,60

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

ANEXO XVIII
DATOS EXPERIMENTALES DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS EN
REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

Tabla AXVIII. 1. Datos de firmeza (kgf) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

TRATAMIENTO	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
CIA	0,160	0,150	0,135	0,130
	0,150	0,140	0,135	0,150
	0,150	0,160	0,140	0,135
	0,155	0,170	0,135	0,115
	0,155	0,150	0,135	0,115
	0,160	0,160	0,135	0,115
	0,150	0,155	0,150	0,135
	0,150	0,130	0,135	0,115
	0,170	0,140	0,135	0,140
	0,160	0,150	0,135	0,135
	0,170	0,155	0,135	0,115
SIA	0,135	0,125	0,110	0,115
	0,120	0,120	0,110	0,115
	0,130	0,140	0,120	0,115
	0,140	0,130	0,100	0,115
	0,140	0,120	0,110	0,120
	0,135	0,130	0,115	0,110
	0,135	0,125	0,115	0,120
	0,120	0,135	0,115	0,115
	0,135	0,135	0,115	0,100
	0,135	0,130	0,120	0,115
	0,135	0,140	0,115	0,115

Tabla AXVIII.1. Datos de firmeza (kgf) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C (continuación...)

TRATAMIENTO	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
CIB	0,145	0,135	0,120	0,135
	0,145	0,135	0,135	0,115
	0,130	0,135	0,135	0,110
	0,140	0,145	0,135	0,110
	0,150	0,135	0,135	0,120
	0,150	0,135	0,110	0,100
	0,135	0,140	0,115	0,120
	0,135	0,145	0,115	0,135
	0,140	0,135	0,115	0,115
	0,140	0,145	0,115	0,120
	0,145	0,150	0,135	0,115
SIB	0,120	0,115	0,100	0,115
	0,130	0,115	0,115	0,100
	0,115	0,120	0,100	0,115
	0,115	0,130	0,120	0,120
	0,120	0,115	0,110	0,100
	0,115	0,120	0,120	0,090
	0,135	0,120	0,115	0,100
	0,125	0,115	0,115	0,120
	0,120	0,130	0,110	0,120
	0,130	0,120	0,110	0,090
	0,130	0,110	0,120	0,110

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

Tabla AXVIII. 2. Datos de peso (g) de bandejas con rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

TRATAMIENTO	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
	P _{inicial}	P _{final}	P _{inicial}	P _{final}
CIA	154,37	152,98	150,04	148,40
	152,72	151,24	154,62	152,71
	153,87	152,29	150,56	148,74
	153,22	151,77	150,72	148,97
	149,54	147,79	151,84	149,99
	149,09	147,65	153,45	151,52
	149,85	148,48	152,11	150,28
	150,70	149,25	152,09	150,05
	152,26	150,67	150,22	148,17
	149,08	147,56	152,16	150,15
	150,30	148,91	152,42	150,45
	152,42	151,12	149,44	147,44
	152,47	151,02	151,34	149,49
	151,19	149,83	150,35	148,44
	153,30	151,65	150,20	148,21

Tabla AXVIII.2. Datos de peso (g) de bandejas con rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C (continuación...)

TRATAMIENTO	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
	P _{inicial}	P _{final}	P _{inicial}	P _{final}
SIA	149,44	147,62	152,17	149,77
	149,27	147,24	153,39	151,29
	152,25	150,50	153,35	151,06
	150,25	148,39	149,55	147,16
	153,63	151,78	153,73	151,61
	153,43	151,28	149,93	147,78
	151,40	149,50	151,38	149,18
	152,50	150,68	153,60	151,44
	149,80	147,68	149,63	147,47
	150,92	149,00	149,33	147,01
	152,83	151,00	149,83	147,63
	153,63	151,95	149,31	147,05
	152,26	150,44	152,03	149,86
	150,80	148,85	152,53	150,32
	152,15	150,18	150,19	147,86
CIB	148,04	145,72	152,25	149,76
	148,06	145,69	151,97	149,64
	148,13	145,76	148,55	145,86
	152,42	150,14	152,42	149,90
	152,30	149,84	148,47	146,01
	148,70	146,30	153,60	151,22
	149,04	146,78	150,14	147,78
	151,14	148,69	149,54	147,20
	154,26	151,85	149,04	146,40
	152,84	150,55	152,41	150,05
	149,62	147,25	149,89	147,43
	150,95	148,54	149,20	146,80
	152,10	150,11	149,54	147,14
	149,39	147,08	153,16	150,68
	153,67	151,46	149,61	147,01

Tabla AXVIII.2. Datos de peso (g) de bandejas con rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C (continuación...)

TRATAMIENTO	4 días a 4 °C		8 días a 4 °C	
	P _{inicial}	P _{final}	P _{inicial}	P _{final}
SIB	152,05	149,50	149,62	146,64
	150,03	147,51	152,88	149,99
	148,47	145,92	149,57	146,94
	150,60	148,10	150,32	147,57
	149,01	146,54	150,32	147,48
	150,90	148,32	153,29	150,43
	152,54	150,08	153,18	150,44
	151,30	148,69	152,61	149,64
	152,53	149,67	151,23	148,49
	153,75	151,06	149,64	146,99
	151,18	148,73	151,08	148,36
	150,84	148,30	153,68	151,00
	152,49	149,91	148,56	145,60
	149,37	146,61	152,65	149,87
	149,51	146,87	149,62	146,82

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

ANEXO XIX

DATOS EXPERIMENTALES DE LA EVALUACIÓN VISUAL DE

REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

Tabla AXIX. 1. Evaluaciones de calidad visual (escala: 1 - 5) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C

	4 días a 4 °C			8 días a 4 °C		
	Pardeamiento	Marchitez de las rodajas	% Hongos	Pardeamiento	Marchitez de las rodajas	% Hongos
CIA	5	5	5	4	4,5	5
	5	5	5	4	4	5
	5	5	5	4	4	5
	5	4	5	4	4,5	5
	5	5	5	4	4	5
	5	4	5	4	4	5
	5	5	5	4	4,5	5
	5	5	5	4	4	5
	5	5	5	4,5	4	5
	5	5	5	4	4,5	5
	5	5	5	4,5	4	5
	5	5	5	4,5	4	5
	5	5	5	4	4	5
	4,5	5	5	4	4,5	5
	5	5	5	4	4	5
SIA	4,5	4	5	4	4	5
	4	4	5	4	3,5	5
	4	3,5	5	4	4	5
	4	3,5	5	3,5	4	5
	4,5	4	5	4	4	5
	4	3,5	5	4	4	5
	4,5	4	5	3,5	4	5
	4	4	5	4	3,5	5
	4	4	5	4	4	5
	4	4	5	3,5	3,5	5
	4,5	4	5	3,5	4	5
	4,5	3,5	5	3,5	3,5	5
	4	4	5	3,5	3,5	5
4	4	5	3,5	3,5	5	

Tabla AXIX.1. Evaluaciones de calidad visual (escala: 1 - 5) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 y 8 días a 4 °C (continuación...)

	4 días a 4 °C			8 días a 4 °C		
	Pardeamiento	Marchitez de las rodajas	% Hongos	Pardeamiento	Marchitez de las rodajas	% Hongos
CIB	4,5	4,5	5	3	3,5	5
	5	4	5	3,5	4	5
	5	4,5	5	3,5	3,5	5
	4	4,5	5	3,5	4	5
	4,5	5	5	3,5	3,5	5
	4,5	4,5	5	3,5	3,5	5
	5	4,5	5	3,5	4	5
	5	4,5	5	3,5	3,5	5
	4,5	4	5	3,5	4	5
	4,5	5	5	3,5	4	5
	5	4,5	5	3,5	3,5	5
	5	4,5	5	3,5	4	5
	4,5	4,5	5	4	3,5	5
	5	4	5	3,5	3,5	5
	4,5	4,5	5	4	3,5	5
SIB	4,5	3,5	5	3	3	5
	4,5	3,5	5	3	3	5
	4	3,5	5	3	3	5
	4,5	4	5	3,5	3,5	5
	4,5	3,5	5	3,5	3,5	5
	4,5	3,5	5	3	3,5	5
	4,5	3,5	5	3,5	3,5	5
	4	4	5	3	3	5
	4,5	3,5	5	3	3	5
	4,5	4	5	3	3	5
	4,5	3,5	5	3	3	5
	4	3,5	5	3,5	3,5	5
	4,5	3,5	5	3	3	5
	4,5	4	5	3,5	3,5	5
	4	4	5	3,5	3,5	5

ANEXO XX

DATOS EXPERIMENTALES DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE

REBANADAS DE PITAHAYA AMARILLA

Tabla AXX. 1. Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 días a 4 °C

	APARIENCIA	SABOR	ACIDEZ	DULZOR	SABORES EXTRAÑOS
CIA	7,75	7,35	1,45	6,40	1,10
	7,35	7,40	1,40	7,80	1,25
	7,70	8,05	0,95	7,60	0,70
	8,45	6,45	1,20	7,00	1,65
	8,10	6,70	1,05	6,15	1,00
	8,70	7,50	0,70	7,80	0,40
	7,75	8,85	0,85	8,15	1,55
	9,90	6,20	0,70	6,90	1,40
	8,00	7,20	1,10	7,15	1,20
	7,75	6,50	0,70	6,80	0,80
	8,10	6,40	0,90	6,85	0,95
	6,90	6,40	1,40	6,50	0,90
	SIA	7,25	6,20	0,70	6,40
7,00		6,95	1,00	6,30	1,60
8,60		8,80	1,00	9,40	0,10
7,80		6,65	0,70	6,60	1,65
9,10		6,20	1,50	5,60	1,65
7,40		6,50	1,25	6,55	0,90
7,20		7,15	0,65	6,15	1,25
7,80		6,70	1,20	8,40	1,35
7,75		6,50	0,85	6,50	0,80
6,40		7,20	1,10	7,85	0,80
7,50		6,25	0,75	7,00	0,50
7,10		6,50	1,25	7,30	1,30

Tabla AXX.1. Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 4 días a 4 °C (continuación...)

	APARIENCIA	SABOR	ACIDEZ	DULZOR	SABORES EXTRAÑOS
CIB	7,55	6,60	0,75	6,50	1,05
	7,70	6,25	1,30	6,80	1,60
	7,70	9,40	0,90	8,85	1,00
	8,90	6,20	1,80	6,45	1,30
	8,35	6,85	1,50	6,20	1,00
	7,25	6,50	1,30	7,10	0,50
	8,05	8,05	0,65	8,30	1,70
	6,65	6,30	0,80	6,50	0,60
	6,50	6,20	0,70	6,50	1,15
	6,40	7,00	1,35	7,10	0,70
	9,80	7,10	0,65	6,35	1,50
	6,90	6,20	1,10	7,75	1,30
	SIB	6,85	6,75	0,90	6,20
6,95		6,50	0,75	7,10	1,30
7,30		9,40	0,80	8,85	0,80
7,25		6,00	1,35	6,90	0,80
7,75		6,30	0,65	4,65	1,00
7,95		6,25	1,65	7,10	0,80
9,45		6,25	1,45	8,95	0,75
7,50		5,40	1,50	5,35	0,30
6,15		6,25	0,75	6,35	1,90
6,90		6,30	0,60	8,30	0,60
8,80		7,20	0,50	4,75	1,25
6,40		6,25	1,25	7,00	1,50

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

Tabla AXX. 2. Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 8 días a 4 °C

	APARIENCIA	SABOR	ACIDEZ	DULZOR	SABORES EXTRAÑOS
CIA	7,35	6,45	1,20	7,35	1,25
	6,60	6,35	1,10	6,25	1,30
	8,60	7,15	1,20	6,65	0,90
	8,10	6,65	1,40	6,40	1,20
	7,30	7,00	1,10	7,10	1,10
	8,20	6,90	1,15	7,60	0,75
	6,55	6,35	1,20	6,90	1,30
	7,65	6,70	1,30	7,25	1,10
	8,25	6,05	0,70	7,25	1,30
	7,80	6,40	1,00	7,10	0,70
	6,90	6,90	1,30	7,80	1,20
	7,30	6,70	1,05	6,40	1,20
	SIA	6,00	5,00	0,70	5,50
6,40		6,50	1,30	4,85	0,80
8,90		5,95	1,70	6,85	1,50
6,90		5,85	1,85	6,30	1,00
6,50		6,30	1,25	6,80	1,20
6,85		6,35	1,70	6,70	0,70
6,60		5,75	0,55	7,50	0,80
7,40		6,75	0,40	7,50	1,20
7,80		5,60	0,55	5,20	1,10
7,90		6,40	1,25	6,15	1,20
7,50		5,55	1,10	6,25	1,40
7,35		7,50	1,00	6,05	1,20

Tabla AXX.2. Calificaciones de la evaluación sensorial (escala: 1 -10) en rebanadas de pitahaya mínimamente procesada almacenada 8 días a 4 °C (continuación...)

	APARIENCIA	SABOR	ACIDEZ	DULZOR	SABORES EXTRAÑOS
CIB	6,20	6,65	1,45	6,35	1,40
	6,00	6,00	0,90	5,75	1,25
	8,70	6,30	1,40	6,35	0,90
	7,75	5,30	0,85	5,80	1,00
	6,40	6,50	1,55	6,80	1,70
	8,70	6,40	1,20	6,70	0,95
	6,95	5,05	1,10	6,90	0,85
	8,50	7,75	0,55	7,10	1,05
	7,50	7,70	0,90	6,65	1,35
	6,75	6,70	1,60	6,30	0,90
	6,86	7,25	1,45	6,65	1,00
	6,65	6,15	0,90	5,00	1,10
	SIB	6,50	6,05	1,80	5,30
6,10		7,10	0,70	5,25	1,00
8,40		5,50	1,25	6,25	0,85
6,85		5,00	0,60	5,60	1,10
6,50		6,55	1,60	6,40	1,10
8,15		5,90	0,80	6,50	0,90
6,80		5,75	0,80	6,50	0,80
6,80		5,80	0,80	7,00	0,60
8,90		6,10	0,75	6,75	1,50
6,80		5,50	1,60	7,00	1,00
7,50		6,50	1,40	5,30	1,70
6,40		6,20	1,30	6,60	0,75

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEBD

ANEXO XXI

DATOS EXPERIMENTALES DE LA PARA EL CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DE LOS EMPAQUES

Tabla AXXI. 1. Datos experimentales para el cálculo de concentración de CO₂ en el interior de los empaques

	Día 1		Día 4		Día 6		Día 7		Día 8	
	% CO ₂ M1	% CO ₂ M2	% CO ₂ M1	% CO ₂ M2	% CO ₂ M1	% CO ₂ M2	% CO ₂ M1	% CO ₂ M2	% CO ₂ M1	% CO ₂ M2
CIA	0,37	0,35	0,27	0,29	0,27	0,25	0,35	0,31	0,38	0,40
	0,33	0,33	0,23	0,21	0,23	0,21	0,31	0,29	0,35	0,35
	0,21	0,23	0,19	0,19	0,19	0,19	0,23	0,23	0,27	0,27
SIA	0,25	0,27	0,19	0,19	0,19	0,17	0,23	0,23	0,27	0,27
	0,29	0,29	0,16	0,17	0,15	0,17	0,21	0,21	0,31	0,31
	0,29	0,12	0,23	0,23	0,19	0,21	0,25	0,27	0,31	0,31
CIB	0,29	0,30	0,19	0,19	0,15	0,23	0,23	0,23	0,27	0,27
	0,25	0,27	0,16	0,15	0,12	0,13	0,15	0,15	0,23	0,25
	0,21	0,17	0,19	0,19	0,15	0,23	0,21	0,21	0,31	0,31
SIB	0,29	0,12	0,23	0,22	0,21	0,21	0,27	0,29	0,31	0,31
	0,29	0,31	0,16	0,16	0,15	0,17	0,25	0,25	0,27	0,25
	0,29	0,27	0,23	0,21	0,21	0,21	0,27	0,27	0,31	0,31

CIA: Con inmersión + lámina de PVC

SIA: Sin inmersión + lámina de PVC

CIB: Con inmersión + lámina de PEBD

SIB: Sin inmersión + lámina de PEB

