

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SANITIZANTES EN LA CALIDAD DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) DE IV GAMA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

RUTH CATERINE BASTIDAS CADPATA
ruth.bastidas@epn.edu.ec

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

Quito, abril 2015

© Escuela Politécnica Nacional (2015)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Ruth Caterine Bastidas Cadpata, 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.

Ruth Caterine Bastidas Cadpata

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ruth Caterine Bastidas Cadpata, bajo mi supervisión.

Ing. Silvia Valencia Chamorro, Ph.D.

DIRECTORA DEL PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto de Investigación Semilla No. PIS 13-08 “Aplicación de tratamientos poscosecha para extender la vida útil de hortalizas de IV gama producidas artesanalmente”, que se ejecuta en el Departamento de Ciencias en Alimentos y Biotecnología (DECAB).

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por regalarme la vida, porque las casualidades que se presentan son bendiciones que pone en mi camino.

A mi madre, Guadalupe, por ser un pilar fundamental en mi vida. Gracias por su amor, paciencia, comprensión, por ser una mujer luchadora que busca combatir cualquier obstáculo.

A mi padre, Carlos, por ser un hombre excepcional que brinda todo su amor y cariño a sus hijos. Gracias por su ejemplo de perseverancia, trabajo y solidaridad.

A Patty y Carlos, mis hermanos y amigos. Gracias por ser grandes personas, por brindarme su ayuda, apoyo y compañía durante esta etapa, porque me han enseñado que hasta de las peores situaciones podemos obtener una sonrisa.

Un inmenso agradecimiento a la Dra. Silvia Valencia por la confianza brindada para el desarrollo de esta investigación. Muchas gracias por su amistad, por compartir sus conocimientos, por su tiempo, dedicación y paciencia para la finalización de la presente investigación.

Al personal del DECAB, especialmente a la Dra. Rosario Barrera por su ayuda y los valiosos aportes en este proyecto y a la Dra. Rosa Vilaplana por las oportunas observaciones en la tesis.

A mis profesores de la carrera, por enseñarme a investigar y aprender, por compartir sus conocimientos y experiencia en clases.

A Karla, Raisa, Cristina, Darío, Naty, Carlos y Evelin por su colaboración, amistad y compañerismo durante la etapa experimental.

A Alex, Mary, José Luis, Gaby, Mauricio, Cristian y Gonzalo, por su amistad incondicional durante nuestra vida universitaria, por compartir la lucha constante para conseguir nuestras metas.

Un agradecimiento especial a las empresas que abrieron sus puertas y permitieron la recolección de la información. Gracias por el tiempo brindado y la ayuda desinteresada.

A todas las personas que de una u otra manera participaron y estuvieron al pendiente de la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos y Guadalupe, este logro es el resultado de su constante esfuerzo, amor y trabajo

A mis hermanos, Patty y Carlos, por ser una gran bendición en mi vida

A mi abuelito, Julio César, por enseñarme a ser una persona más humana, solidaria y sensible

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Generalidades de la zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	1
1.1.1. Origen y distribución de la zanahoria	1
1.1.2. Clasificación taxonómica	1
1.1.3. Descripción botánica	2
1.1.4. Composición química y nutricional	4
1.1.5. Etapas de desarrollo	5
1.1.6. Manejo de cultivo	5
1.1.6.1 Clima	5
1.1.6.2 Suelo	6
1.1.6.3 Control de malezas	7
1.1.6.4 Enfermedades y plagas	7
1.1.6.5 Cosecha	8
1.1.6.6 Poscosecha	10
1.1.7. Situación del cultivo de zanahoria en el Ecuador	11
1.1.8. Usos	12
1.2. Frutas y hortalizas de IV gama	13
1.2.1. Alimentos de conveniencia	13
1.2.2. Alimentos mínimamente procesados o de IV gama	14
1.2.3. Operaciones unitarias en alimentos de IV gama	15
1.2.3.1 Recepción y pre-enfriamiento	15
1.2.3.2 Lavado y desinfección	16
1.2.3.3 Pelado y reducción de tamaño	16
1.2.3.4 Inmersión en aditivos	17
1.2.3.5 Ecurrido	18
1.2.3.6 Empacado y Distribución	18
1.2.4. Atributos de calidad en productos de IV gama	21
1.2.4.1 Textura	21
1.2.4.2 Apariencia y color	22
1.2.4.3 Sabor	23
1.2.4.4 Calidad nutricional	24
1.2.5. Factores que afectan la calidad de los alimentos de IV gama	24
1.2.5.1 Factores genéticos	25
1.2.5.2 Factores climáticos	26
1.2.5.3 Prácticas culturales	26
1.2.5.4 Maduración	27
1.2.5.5 Cosecha	28
1.2.5.6 Procesamiento	28
1.2.5.7 Temperatura y humedad relativa	29
1.2.5.8 Condiciones higiénicas	30

1.3.	Métodos para extender la vida útil de productos de IV gama	30
1.3.1.	Métodos físicos	31
1.3.1.1	Irradiación	31
1.3.1.2	Luz ultravioleta (UV: Ultraviolet light)	32
1.3.1.3	Luz pulsada (PL: Pulsed light)	32
1.3.1.4	Procesamiento de alta presión (HPP: High Pressure Processing)	33
1.3.1.5	Ultrasonido	33
1.3.2.	Métodos químicos	34
1.3.2.1	Hipoclorito de sodio	34
1.3.2.2	Dióxido de cloro	35
1.3.2.3	Clorito de sodio acidificado	35
1.3.2.4	Otros métodos químicos	36
1.3.3.	Métodos biológicos	38
1.3.4.	Métodos combinados	39
2.	PARTE EXPERIMENTAL	40
2.1.	Materiales	40
2.1.1.	Materia prima	40
2.1.2.	Proceso para la elaboración de zanahoria de IV gama	40
2.2.	Diagnóstico del estado actual de la industria artesanal elaboradora de productos hortícolas de IV gama en Quito, Cuenca y Riobamba	42
2.3.	Determinación de las características físicas y químicas de la materia prima	43
2.3.1.	Análisis físicos	43
2.3.1.1	Peso	43
2.3.1.2	Longitud	44
2.3.1.3	Diámetro	44
2.3.1.4	Índice de blancura	44
2.3.2.	Análisis químicos	44
2.3.2.1	Determinación de sólidos solubles (SST)	45
2.3.2.2	Determinación de pH	45
2.3.2.3	Determinación de la acidez titulable	45
2.3.3.	Inspección de la calidad visual	46
2.4.	Determinación del efecto de tres concentraciones de una solución de clorito de sodio acidificado (CSA) y de dos tiempos de inmersión en la calidad visual de zanahoria de IV gama	46
2.4.1.	Concentración de CO ₂ en el interior del empaque	47
2.4.2.	Índice de blancura	47
2.4.3.	Evaluación visual del índice de marchitez	47
2.4.4.	Análisis microbiológico	48
2.5.	Estudio del efecto de la aplicación de dos sanitizantes en la calidad de zanahoria de IV gama empacada con dos tipos de empaques y almacenada en refrigeración	48
2.5.1.	Análisis físicos	49
2.5.1.1	Pérdida de peso	49

2.5.2.	Análisis químicos	49
2.5.3.	Análisis microbiológico	49
2.5.4.	Análisis sensorial	50
2.5.5.	Análisis estadístico	50
2.6.	Estimación del costo de implementación de los tratamientos poscosecha	50
3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
3.1.	Diagnóstico del estado actual de la industria artesanal elaboradora de productos hortícolas de IV gama en Quito, Cuenca y Riobamba	51
3.1.1.	Procesamiento de hortalizas de IV gama	51
3.1.2.	Matriz de factores internos	59
3.1.3.	Perspectivas del mercado de hortalizas de IV gama	60
3.2.	Determinación de las características físicas y químicas de la materia prima	61
3.2.1.	Análisis físicos	61
3.2.2.	Análisis químicos	63
3.2.3.	Inspección de la calidad visual	64
3.2.4.	Análisis sensorial	64
3.2.5.	Análisis microbiológico	65
3.3.	Determinación del efecto de tres concentraciones de una solución de clorito de sodio acidificado (CSA) y dos tiempos de inmersión en la calidad visual de zanahoria de IV gama	66
3.3.1.	Concentración de CO ₂ en el interior del empaque	66
3.3.2.	Índice de blancura	69
3.3.3.	Evaluación visual del índice de marchitez	70
3.3.4.	Análisis microbiológico	72
3.4.	Estudio del efecto de la aplicación de dos sanitizantes en la calidad de zanahoria de IV gama empacada con dos tipos de empaque y almacenada en refrigeración	75
3.4.1.	Análisis físicos	75
3.4.1.1	Pérdida de peso	75
3.4.1.2	Índice de blancura	79
3.4.2.	Análisis químicos	83
3.4.2.1	Sólidos solubles totales (SST)	83
3.4.2.2	pH	85
3.4.2.3	Acidez titulable	86
3.4.3.	Índice de marchitez	87
3.4.4.	Análisis microbiológico	90
3.4.5.	Análisis sensorial	95
3.5.	Estimación del costo de implementación de los tratamientos poscosecha	98

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
4.1.	Conclusiones	104
4.2.	Recomendaciones	106
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Composición química y nutricional de zanahoria	4
Tabla 1.2.	Enfermedades en la precosecha y poscosecha de zanahoria	8
Tabla 1.3.	Clasificación de los alimentos según el grado de procesamiento	13
Tabla 1.4.	Factores precosecha y poscosecha que influyen en la calidad de los productos de IV gama	25
Tabla 1.5.	Métodos químicos para extender la vida útil de productos de IV gama	37
Tabla 1.6.	Métodos químicos aplicados en zanahoria de IV gama	38
Tabla 2.1.	Escala de evaluación de calidad visual utilizada en zanahoria entera	46
Tabla 2.2.	Codificación de tratamientos en zanahoria mínimamente procesada	47
Tabla 2.3.	Identificación de los tratamientos utilizados en zanahoria de IV gama	49
Tabla 3.1.	Mezclas de verduras destinadas para la preparación de sopas	53
Tabla 3.2.	Caracterización física de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	62
Tabla 3.3.	Caracterización química y visual de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)	63
Tabla 3.4.	Análisis sensorial y recuento microbiológico (UFC/g) zanahoria entera	65
Tabla 3.5.	Índice de blancura de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C	69
Tabla 3.6.	Índice de marchitez en zanahoria de IV gama almacenada durante 12 días a 5 °C	71
Tabla 3.7.	Recuento microbiológico (UFC/g) de zanahoria de IV gama en el día 0 y 8 de almacenamiento	73
Tabla 3.8.	Índice de blancura (WI) en zanahoria de IV gama almacenada durante 12 días a 5 °C	80
Tabla 3.9.	Contenido de sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR	84
Tabla 3.10.	Índice de marchitez de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR	88

Tabla 3.11.	Recuento microbiológico (UFC/g) de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR	91
Tabla 3.12.	Evaluación visual de zanahoria de IV gama en el día 12 de almacenamiento a 5 °C	98
Tabla 3.13.	Costo de aplicación del tratamiento de 500 ppm de CSA en zanahoria de IV gama empacada en polipropileno	101
Tabla 3.14.	Costo de aplicación del tratamiento de 500 ppm de CSA en zanahoria de IV gama empacada en coextruido de nylon-polipropileno	102
Tabla AVI.1.	Escala del índice de marchitez en la ralladura de la zanahoria de IV gama	134
Tabla AVIII.1.	Matriz de factores internos para la microempresa “El Serranito”	136
Tabla AVIII.2.	Matriz de factores internos para la microempresa “Productos Ali”	137
Tabla AVIII.3.	Matriz de factores internos para la pequeña industria “Hortifresh”	138
Tabla AVIII.4.	Matriz de factores internos para la empresa artesanal “Productos Blanquita”	139
Tabla AVIII.5.	Matriz de factores internos para la microempresa “Procesadora de alimentos Monteros”	140
Tabla AVIII.6.	Matriz de factores internos para la empresa artesanal “Vermontina”	141
Tabla AVIII.7.	Matriz de factores internos para la mediana industria “Fresh&Natural S.A”	142
Tabla AVIII.8.	Matriz de factores internos para la microempresa “Verduras frescas”	143
Tabla AVIII.9.	Matriz de factores internos para la microempresa “Hortaprocess”	144
Tabla AVIII.10.	Matriz de factores internos para la pequeña industria “La Cuencana”	145

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1. Planta de zanahoria en: (A) Etapa vegetativa y (B) etapa reproductiva	3
Figura 1.2. Formas típicas según la variedad de zanahoria	9
Figura 1.3. Diagrama de las operaciones unitarias en poscosecha de zanahoria	10
Figura 1.4. Diagrama del proceso para la elaboración de frutas y hortalizas de IV gama	15
Figura 2.1. Diagrama del procesamiento de zanahoria rallada	41
Figura 3.1. Productos mínimamente procesados que elaboraban las empresas encuestadas	52
Figura 3.2. Calificación de la matriz de evaluación de factores internos aplicada en las empresas encuestadas	60
Figura 3.3. Concentración de CO ₂ en el interior del empaque de zanahoria de IV gama sumergida en CSA en concentraciones A: 100 ppm; B: 250 ppm; C: 500 ppm, durante 1 y 2 min y almacenada hasta 12 días a 5 °C	67
Figura 3.4. Zanahoria de IV gama sumergida en CSA en concentraciones A: 100 ppm; B: 250 ppm; C: 500 ppm, durante 1 y 2 min empacada en polipropileno, a los 12 días de almacenamiento a 5 °C	72
Figura 3.5. Pérdida de peso (%) en zanahoria de IV gama sumergida en soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada, empacada con P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno y almacenada hasta 12 días a 5 °C	76
Figura 3.6. Interacción de las soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada y empacada en P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno, en la pérdida de peso de zanahoria de IV gama en el día 4 de almacenamiento a 5 °C	77
Figura 3.7. Interacción de las soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada y empacada en P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno, en el índice de blancura (WI) de zanahoria de IV gama en el día 8 de almacenamiento a 5 °C	81
Figura 3.8. Zanahoria de IV gama sumergida en sanitizantes: D: 500 ppm CSA, E: 200 ppm NaClO y F: agua destilada en empaques de coextruido de nylon-polietileno (N) a A: 4 días y B: 12 días de almacenamiento a 5 °C	89

Figura 3.9.	Análisis sensorial de zanahoria de IV gama, sometida a diferentes soluciones sanitizantes (D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada) y tipo de empaque (P: polipropileno; N: coextruido nylon- polietileno) almacenada durante 4 días a 5 °C	96
Figura 3.10.	Análisis sensorial de zanahoria de IV gama, sometida a diferentes soluciones sanitizantes (D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada) y tipo de empaque (P: polipropileno; N: coextruido nylon- polietileno) almacenada durante 8 días a 5 °C	97
Figura 3.11.	Diagrama de proceso para la aplicación de los tratamientos poscosecha en zanahoria de IV gama	99
Figura AII.1.	Escala gráfica para determinar la firmeza en zanahoria entera	130
Figura AIII.1.	Escala gráfica para determinar el daño físico en zanahoria entera	131
Figura AIV.1.	Escala gráfica para determinar el porcentaje de patógenos en zanahoria entera	132
Figura AV.1.	Esquema del Analizador rápido de O ₂ -CO ₂	133

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	124
Encuesta: Diagnóstico del estado actual de la industria elaboradora de productos hortícolas de IV y V gama	
ANEXO II	130
Inspección de la calidad visual de zanahoria entera: firmeza	
ANEXO III	131
Inspección de la calidad visual de zanahoria entera: daño físico	
ANEXO IV	132
Inspección de la calidad visual de zanahoria entera: porcentaje de patógenos	
ANEXO V	133
Condiciones de operación del analizador rápido de O ₂ -CO ₂ Postharvest Research	
ANEXO VI	134
Escala del índice de marchitez en la ralladura de la zanahoria de IV gama	
ANEXO VII	135
Formato para el análisis sensorial de zanahoria de IV gama	
ANEXO VIII	136
Matriz de factores internos de las empresas encuestadas	

GLOSARIO

Aquenio. Fruto seco e indehisciente, formando por una semilla, consta de un pericarpio independiente que no está unido a ella (RAE, 2001).

Entomófila. Planta polinizada por medio de insectos (RAE, 2001).

Esquizocarpo. Resultado de un ovario compuesto de varios carpelos soldados, al madurar, se divide en tantas porciones como carpelos llamados mericarpios, que llevan dentro una semilla (Santamaría, Roselló y García, 2004, p. 138).

Flor epígina. Cuando la corola y los estambres se introducen sobre el tálamo, por arriba del gineceo. Presenta gineceo ínfero (Pensiero, et al., 2005, p. 364).

Flor hermafrodita. Posee los órganos sexuales fértiles de los dos sexos (Santamaría et al., 2004, p. 116).

Fusiforme. Que posee forma de huso, es decir, forma redondeada, de mayor longitud que grosor y paulatinamente adelgaza desde el medio hasta la punta (RAE, 2001).

Hipocótilo. Parte del tallo situada entre el pedúnculo los cotiledones y el brote joven del embrión de la planta (Diccionario de ciencias, 2000, p. 543)

Raíz pivotante. Sistema radicular en el que la raíz principal posee un diámetro mayor al de las raíces laterales (Jáuregui y Chávez, 2006, p. 171).

Raleo. Remover las plantas que nacieron juntas (RAE, 2001).

PUBLICACIONES PARA REVISTAS, PRESENTACIONES EN CONGRESOS

- ✓ RED CYTED: Hortyfresco Seminario Internacional
Estado actual de la industria ecuatoriana de productos de IV gama
Seminario realizado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la
Universidad de Chile. 2013-09-30.

- ✓ VIII Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y
Agroexportaciones-AITEP 2014
POSTER: Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la
calidad de zanahoria (*Daucus carota* L.) de IV gama.
Universidad Tecnológica Equinoccial. 12-14 de noviembre del 2014.

RESUMEN

En esta investigación se estudió el efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota* L.) de IV gama.

Se realizó un diagnóstico del estado actual de la industria elaboradora de productos hortícolas de IV gama en Quito, Cuenca y Riobamba. La encuesta fue desarrollada en 10 empresas, con base en el procesamiento de este tipo de alimentos. Con la información recolectada, se elaboró una matriz de evaluación de factores internos para establecer el posicionamiento interno de la organización.

La zanahoria fue sometida a un proceso de lavado, cortado de los extremos, pelado, rallado, centrifugado, inmersión en las soluciones sanitizantes, centrifugado, empacado y almacenamiento. En la primera experimentación se determinó el efecto de 100, 250 y 500 ppm de clorito de sodio acidificado (CSA) y dos tiempos de inmersión (1 y 2 min) sobre la calidad visual de zanahoria mínimamente procesada empacada en bolsas de polipropileno y almacenada durante 12 días a 5 °C. Se determinó la concentración de CO₂ en el interior del empaque, índice de blancura (WI), marchitez y recuento microbiológico. A medida que aumentó la concentración de CSA, disminuyó el nivel de CO₂, el WI y el índice de marchitez mantuvieron un valor cercano al producto fresco. Se seleccionó el tratamiento que presentó las mejores características.

En la siguiente experimentación, se trabajó con 500 ppm CSA y 2 min de inmersión. Se estudió el efecto de la aplicación del CSA y 200 ppm NaClO en la calidad de zanahoria de IV gama empacada en polipropileno (atmósfera normal) y coextruido de nylon-polietileno (vacío) durante 12 días a 5 °C. El uso del empacado al vacío disminuyó la pérdida de peso hasta 0,07 % en relación con el uso de polipropileno (2,96 %). El menor WI se presentó al usar 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno. El índice de marchitez del tratamiento 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno fue de 4,33. En los demás tratamientos, la calificación llegó hasta 3,58. El CSA fue efectivo para reducir la carga microbiana de *Escherichia coli*/coliformes, aerobios totales, pero no con mohos y levaduras.

Los panelistas no detectaron acidez ni sabores extraños en los diferentes tratamientos. El costo de 250 g de zanahoria mínimamente procesada sometida a 500 ppm CSA empacada en polipropileno y en coextruido de nylon-polietileno fue de \$ 1,44 y \$ 1,49, respectivamente.

INTRODUCCIÓN

La zanahoria es una hortaliza de raíz larga, el fruto es ancho en la parte superior y adelgaza paulatinamente hasta llegar a la parte inferior. La cosecha se realiza entre los 100-120 días después de la siembra, según la variedad y época del año (Reina y Bonilla, 1997, p. 31; Sánchez, 2004, p. 36). Esta hortaliza es muy apreciada debido al aporte nutricional que brinda, posee alto contenido de vitamina A (835 µg/100 g), B6 (0,14 mg/100 g) y el alto contenido en potasio (320 mg/100 g) ayuda a estabilizar el ritmo cardiaco y la presión arterial (USDA, 2008a; ETSIA, 2011).

En el Ecuador, la zanahoria amarilla tiene una superficie cultivada de 2 932 ha (SINAGAP, 2000). El consumo per cápita es 1,64 kg/año. Esta hortaliza se cultiva en climas templados, especialmente en los valles interandinos (Agroecuador, 2000, pp. 34, 35). Se produce en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha, Loja, Azuay y Carchi (SINAGAP, 2000).

El cambio de hábitos de la población ocurrido en las dos últimas décadas ha reducido el tiempo para la elaboración de los alimentos en el hogar. La demanda de productos vegetales frescos, nutritivos y listos para consumir, como los alimentos de IV gama o mínimamente procesados, es cada vez más alta. Debido a este hecho, se han desarrollado nuevas tecnologías emergentes para garantizar la seguridad alimentaria, la calidad sensorial y nutritiva (Artés-Hernández, Aguayo, Gómez y Artés, 2009, p. 52). Las frutas y hortalizas de IV gama mantienen la calidad nutricional y sus características organolépticas, reducen el tiempo de preparación y satisfacen la demanda actual de dietas conformadas por alimentos frescos y naturales. Sin embargo, los productos de IV gama son más perecederos que los productos intactos. Los productos frescos cortados presentan una mayor tasa de respiración, un metabolismo más activo y una tasa de deterioro más acelerada, que los productos enteros (Cantwell y Suslow, 2002, pp. 445, 453).

El proceso de pelado y troceado, a los que son sometidos estos productos modifican su actividad fisiológica y favorecen el desarrollo microbiano en las frutas y hortalizas. Al sufrir alteraciones físicas, se producen roturas en las paredes celulares, lo que causa deshidratación, aceleración de las reacciones de oxidación enzimática y provocan pardeamiento. En este medio, los microorganismos encuentran el lugar propicio para su desarrollo y generan deterioro en el producto (Sánchez, 2004, p. 340). Para prevenir la propagación microbiológica se deben implementar sistemas de control durante la elaboración del producto para corregir errores y aplicar acciones preventivas. Según el Centro para la Prevención y Control de Enfermedades de los EE.UU, las bacterias pueden ser la causa principal de muchas enfermedades, ya que éstas se propagan cuando no existe la temperatura apropiada de procesamiento y almacenamiento, higiene deficiente del personal y falta de limpieza de las superficies en contacto con los alimentos (Díaz y Vernoc, 1999, p. 134).

El mercado ecuatoriano ofrece una variedad de productos de IV gama como: zanahoria, lechuga, brócoli, frutas cortadas, sambo, zapallo, mezclas de verduras para sopas, etc. Pero la información sobre la aplicación de tratamientos poscosecha para extender la vida útil de hortalizas de IV gama es escasa.

El objetivo general de la presente investigación fue estudiar el efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota* L.) de IV gama. Para cumplir este propósito se llevaron a cabo los siguientes objetivos específicos: diagnosticar el estado actual de la industria artesanal elaboradora de productos hortícolas de IV gama en Quito, Cuenca y Riobamba; determinar las características físicas y químicas de la materia prima; determinar el efecto de tres concentraciones de una solución de clorito de sodio acidificado (CSA) y dos tiempos de inmersión en la calidad visual de zanahoria de IV gama; estudiar el efecto de la aplicación de dos sanitizantes en la calidad de zanahoria de IV gama empacada con dos tipos de empaques y almacenada en refrigeración y estimar el costo de implementación de los tratamientos poscosecha aplicados.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. GENERALIDADES DE LA ZANAHORIA (*Daucus carota* L.)

1.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ZANAHORIA

La zanahoria es un cultivo de raíces originario de Europa, Asia, el norte de África y probablemente de América del Norte y del Sur (Kotecha, Desai y Madhawi, 2004, p. 119). Según Sánchez (2004), la zanahoria tiene su origen en Asia menor, donde se puede encontrar en su estado original. Las variedades que se conocen en la actualidad, fueron las selecciones que se realizaron en el siglo XVII (p. 35).

En Asia central se encuentra la mayor variedad de formas y colores de zanahoria, donde se presume que los árabes llevaron el cultivo de zanahoria púrpura o amarilla a Europa occidental, lugar en el cual apareció la variedad blanca. La selección de la zanahoria amarilla, por parte de los agricultores europeos, probablemente dio origen a la zanahoria anaranjada (García, 2008, p. 2)

El cultivo de zanahoria se encuentra distribuido en todo el mundo y es considerado como uno de los cultivos más importantes. Éste se presenta en una variedad de colores, de naranja a rojo intenso; púrpura claro a violeta; amarillo y blanco. La zanahoria se utiliza para la alimentación de animales y principalmente para uso humano como hortaliza fresca, deshidratada, enlatada, en sopas, ensaladas, pasteles y en medicina ayurvédica (Kotecha et al., 2004, p. 119; Sarkar y Sharma, 2011, p. 565).

1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La zanahoria es la planta más cultivada de la familia *Umbelliferae/Apiaceae*, entre los vegetales que incluyen esta familia se encuentran el hinojo, perejil y apio (Simon, et al., 2008, p. 329).

Reino: Vegetal
Subreino: Embriofitas
Phylum: Traqueófitas
Clase: *Angiosperma*
Subclase: *Dicotiledónea*
Familia: *Umbelliferae*
Género: *Daucus*
Especie: *Carota* L.
Subespecie: *sativus*
(INEN, 2012; Reina y Bonilla, 1997, p. 20)

1.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La zanahoria es un cultivo herbáceo de raíces carnosas comestibles (Kotecha et al., 2004, p. 119). El sistema radicular está compuesto por una raíz primaria pivotante gruesa, la cual, junto con el hipocótilo, tienen la función de almacenar alimento para la planta. A partir de la raíz fusiforme, se desarrollan una serie de pequeñas raíces secundarias de apariencia fibrosa y delgada, en la zona inferior de la raíz, que pueden alcanzar hasta 1 m de profundidad. En la etapa reproductiva, las reservas que fueron almacenadas en la raíz primaria, son utilizadas para reiniciar el crecimiento y desarrollo del tubérculo (Reina y Bonilla, 1997, pp. 19, 20).

El tallo es muy pequeño durante la etapa vegetativa, por lo que los entrenudos no se pueden visualizar. En los nudos se desarrollan las yemas que dan origen a hojas grandes de peciolo largo y delgado, las cuales conforman una roseta. En la etapa reproductiva, los entrenudos crecen y en el ápice aparece la inflorescencia de umbelas compuestas, como se aprecia en la Figura 1.1. El tamaño de los tallos florales oscila entre 60-200 cm (Alessandro, 2013, p. 28; Sánchez, 2004, p. 35).

Las flores son hermafroditas, epíginas, pequeñas y el color varía entre blanco, verde y púrpura. Se presentan agrupadas en forma de umbela. La umbela del tallo principal es llamada de primer orden o primaria, las umbelas que desarrollan en las siguientes ramificaciones pueden continuar hasta las de séptimo orden. A medida que aumenta el orden, las umbelas son de menor tamaño y tardan mayor tiempo en crecer (Alessandro, 2013, p. 31; Reina y Bonilla, 1997, p. 19).



Figura 1.1. Planta de zanahoria en: (A) Etapa vegetativa y (B) etapa reproductiva (Alessandro, 2013, p. 28)

La polinización de la planta de zanahoria es cruzada entomófila, es decir, se realiza por medio de insectos que transfieren polen de una planta a otra, independientemente de la composición genética. El fruto es un esquizocarpio formado por dos aquenios que al madurar desprenden una semilla cada uno (Alessandro, 2013, pp. 31, 32; Sánchez, 2004, p. 35).

1.1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

La zanahoria es considerada como un alimento funcional por la diversidad de compuestos presentes en su composición, tales como β -carotenos, ácido ascórbico y tocoferoles. La presencia de α y β -carotenos en el torrente sanguíneo ha mostrado un efecto protector frente a la aterosclerosis (Sharma, Karki, Thakur y Attri, 2012, p. 26).

Tabla 1.1. Composición química y nutricional de zanahoria

Componente	Valor por 100 g
Agua (g)	88,29
Energía (kcal)	41,00
Proteína (g)	0,93
Lípidos totales (g)	0,24
Carbohidratos (g)	9,58
Fibra (g)	2,80
Minerales	
Potasio (mg)	320
Sodio (mg)	69
Fósforo (mg)	35
Calcio (mg)	33
Vitaminas	
Vitamina C (mg) (ácido ascórbico)	5,90
Vitamina A (μ g)	835
β -carotenos (mg)	39,60*
Tiamina (mg)	0,066
Riboflavina (mg)	0,058
Niacina (mg)	0,983
Vitamina B-6 (mg)	0,138
Vitamina E (mg) (α -tocoferol)	0,660

(USDA, 2008a)

*(Sharma et al., 2012, pp. 23, 24)

El alto contenido de potasio en la composición de la zanahoria, como se observa en la Tabla 1.1, permite ser utilizada como estabilizador del ritmo cardiaco y

presión arterial. El frecuente consumo de zanahoria ha reducido problemas de visión, como cataratas, debido al elevado contenido de vitamina A (835 µg /100 g), en comparación con otras hortalizas como la espinaca y la col (469 µg /100 g y 98 µg/100 g, respectivamente) (ETSIA, 2011; USDA, 2008a).

1.1.5. ETAPAS DE DESARROLLO

El cultivo de zanahoria puede ser anual o bianual, depende de la variedad y las condiciones climáticas de la zona (García, 2008, p. 5). Así, los cultivares templados o europeos tienen un comportamiento bianual, éstos son de color naranja con un diámetro uniforme y centro pequeño. Mientras los cultivares tropicales y asiáticos, tienen un comportamiento anual y se caracterizan por tener una coloración roja, con un centro grande, la parte superior posee mayor grosor y producen mayor cantidad de jugo (Kotecha et al., 2004, p. 120).

La zanahoria bianual o bienal se desarrolla en dos etapas de crecimiento, la primera es vegetativa y la segunda es reproductiva. En la etapa vegetativa se desarrolla un tallo pequeño y comprimido, donde se genera una roseta de hojas, de tamaño grande y la raíz hipertrofiada se encarga de guardar reservas para el inicio de la siguiente etapa. En la segunda fase de crecimiento, se desarrolla el tallo y se presentan ramificaciones de tallos florales que terminan en inflorescencias. El cultivo anual de zanahoria sucede cuando se interrumpe el ciclo de desarrollo de la planta y se utiliza la raíz (Alessandro, 2013, p. 27 y Sánchez, 2004, p. 35).

1.1.6. MANEJO DE CULTIVO

1.1.6.1 CLIMA

La planta de zanahoria tolera amplios rangos de temperatura, se caracteriza por ser un cultivo de estación fresca, razón por la cual es producida en algunas

regiones del mundo durante todo el año (Gabriel, 2013, p. 48; Sarkar y Sharma, 2011, p. 565).

La temperatura favorable para el desarrollo del cultivo de zanahoria se encuentra entre 15 y 21 °C para las jornadas diurnas, mientras que en la nocturna, soporta los 7 °C (Gabriel, 2013, p. 48). Cuando la temperatura es menor a 4 °C, la planta presenta flores prematuras y las raíces tienen un sabor amargo, debido a que los azúcares que la raíz utiliza como reserva son transportados hacia el tallo y las umbelas. La exposición a temperaturas mayores a 20 °C provoca una coloración clara de la zanahoria, menor tamaño, forma esférica y textura fibrosa (Gabriel, 2013, p. 48; Reina y Bonilla, 1997, p. 22).

1.1.6.2 SUELO

Se puede utilizar una amplia variedad de suelos para el cultivo de zanahoria, pero éstos deben ser profundos, con buen drenaje, alto contenido de humus, porosos y que puedan conservar la humedad para ayudar a la germinación de las semillas. El pH del suelo debe oscilar entre 5,5 y 6,5 para obtener un buen rendimiento (Kotecha et al., 2004, p. 121; Reina y Bonilla, 1997, p. 24).

En este cultivo, la distancia de siembra entre plantas y surcos es 0,10 × 0,40 m, respectivamente. La densidad de siembra utilizada son 3 kg de semilla/ha, con un rendimiento aproximado de 15-25 kg en 10 m de surco (Yugsi, 2011, pp. 27 y 48).

La siembra de esta hortaliza se realiza en canteros que miden entre 1 y 1,5 m de ancho, se puede realizar de forma manual, mecánica y neumática. El método manual requiere de mayor cantidad de semilla y de un sembrador muy hábil. El método mecánico permite regular la cantidad de semilla y se arroja directamente al surco. El uso del método neumático, permite sembrar con precisión y es posible regular la distancia deseada (García, 2008, p. 32).

1.1.6.3 CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se puede realizar mediante labores manuales, mecánicas y químicas. Se realiza una vez que las plantas presenten 3 o 4 hojas, aproximadamente luego de 45 días desde la siembra, excepto en el control químico (Larriqueta y Martinotti, 2013, p. 103; Reina y Bonilla, 1997, p. 28).

La aplicación de herbicidas es un método indispensable en el cultivo, ya que controlar las malezas manualmente con ayuda mecánica resulta poco económico (Larriqueta y Martinotti, 2013, p. 103). Se puede realizar un control preventivo al preparar la tierra y proporcionar el suficiente tiempo para la germinación de las malezas, posteriormente, se ejecuta un laboreo superficial para eliminarlas (García, 2008, p. 33).

El control químico se realiza durante la preemergencia o posemergencia. Los principios activos de los herbicidas que se utilizan antes de la germinación del cultivo o preemergencia entre la siembra y el primer riego son: prometrina, cloroxurón, telirón, pedimetalín. En la etapa de posemergencia se utiliza telirón, metribuzin, solan. Se pueden realizar combinaciones de varios productos con el fin de atacar la mayor cantidad de malezas (Larriqueta y Martinotti, 2013, p. 103; Reina y Bonilla, 1997, p. 28).

1.1.6.4 ENFERMEDADES Y PLAGAS

Las principales enfermedades precosecha y poscosecha que se presentan en la zanahoria, se pueden apreciar en la Tabla 1.2. Las más comunes son atribuidas a insectos, pestes de insectos y nematodos (Kotecha et al., 2004, p. 121).

Los nematodos presentes en los cultivos de zanahoria producen grandes protuberancias, abultamientos y deformaciones en las raíces (Kotecha et al., 2004, p. 123). Se han encontrado alrededor de 90 especies de nematodos en el mundo, asociados con el cultivo de zanahoria. Los que producen pérdidas

económicas son: *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *Ditylenchus dipsaci*, *Pratylenchus penetrans* y *Nacobbus aberrans* y del género *Heterodera* (Del Toro y Martinotti, 2013, p. 137; Reina y Bonilla, 1997, p. 30). El control de nematodos se puede realizar mediante rotación de cultivos y en caso de ser permitidos, agroquímicos (Del Toro y Martinotti, 2013, p. 149; Kotecha et al., 2004, p. 123).

Tabla 1.2. Enfermedades en la precosecha y poscosecha de zanahoria

Enfermedad	Patógeno
Pudrición blanca bacteriana	<i>Erwinia carotovora</i> (Jones) Bergey et al.
Pudrición por moho gris	Sexual: <i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel Asexual: <i>Botrytis cinerea</i> Pers
Pudrición blanca	<i>Sclerotinias clerotiorum</i> (Lib.) de Bary <i>Sclerotinia minor</i> Jagger
Producción seca	<i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium equiseti</i> <i>Fusarium oxisporum</i>
Moho seco	<i>Thielaviopsis basicola</i> (Berk. y Br.) Ferr. <i>Trichocladium basicola</i> (Berk. y Br.) Carmichael
Podredumbre negra	<i>Stemphylium radicinum</i>
Podredumbre blanda	<i>Rhizopus tritici</i> <i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Rhizopus oryzae</i>

(Kotecha et al., 2004, p. 129; Piccolo, 2013, p. 163; Sommer, Fortlage y Edwards, 2011, pp. 259, 260)

1.1.6.5 COSECHA

En los productos que se desarrollan bajo el suelo, como zanahoria, papas y rábano, se determina el criterio de calidad y el punto óptimo de cosecha según la edad del cultivo y por muestreo al azar que se realiza en el lote a cosechar, con el fin de reducir las pérdidas poscosecha (Gómez y Vásquez, 2011, p. 13).

La recolección de la zanahoria se realiza entre los 100 y 120 días luego de la siembra, depende de la variedad y la época del año (Reina y Bonilla, 1997, p. 31;

Sánchez, 2004, p. 36). Para la cosecha, el diámetro de la raíz debe tener 2 cm o más y la forma típica de la variedad, como se observa en la Figura 1.2. El suelo del cultivo debe ser sometido a un arado especial, de tal manera que la tierra se ablande. Además, es necesario regar el suelo un día antes para facilitar las labores de cosecha (Kotecha et al., 2004, p. 123; Sarkar y Sharma, 2011, p. 565).

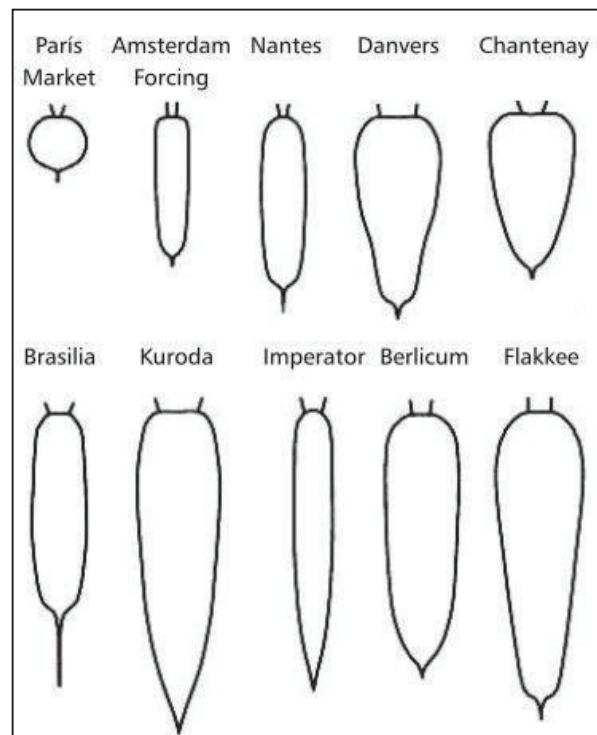


Figura 1.2. Formas típicas según la variedad de zanahoria
(Alessandro, 2013, p. 36)

La cosecha se puede realizar manualmente o de forma semimecanizada. La cosecha manual se realiza con pocas horas de anticipación a la comercialización, la zanahoria se extrae con la mano del suelo, se cortan las hojas en el campo e inmediatamente se almacena en sacos. Al realizar la cosecha de forma semimecanizada, se utiliza una cuchilla que permite excavar mecánicamente las raíces. Normalmente, en pequeñas fincas las labores de recolección y empaclado se realizan manualmente, en cambio, en plantaciones de mayor extensión es necesario utilizar métodos totalmente mecanizados.

Al comparar la cosecha manual con los métodos mecánicos, este último no afecta significativamente las características químicas y sensoriales de la zanahoria (Sarkar y Sharma, 2011, p. 565).

1.1.6.6 POSCOSECHA

La poscosecha es la siguiente etapa luego de la cosecha en la producción de cultivos, incluye operaciones como limpieza, clasificación, empaque, refrigeración y distribución al consumidor final. Una vez que el vegetal es extraído de la tierra o retirado de la planta, empieza el deterioro. El manejo poscosecha es importante para mantener el producto fresco, evitar la pérdida de humedad, disminuir los cambios químicos, evitar daños físicos y así retrasar el deterioro de las frutas y verduras (Simson y Straus, 2010, p. 21). Luego de la cosecha, continúan las operaciones unitarias indicadas en la Figura 1.3.

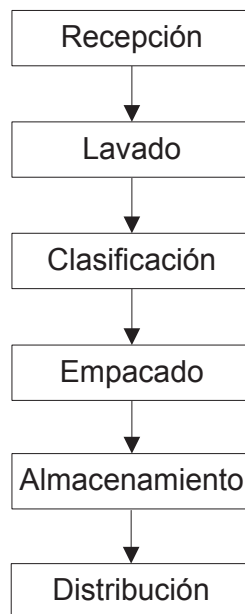


Figura 1.3. Diagrama de las operaciones unitarias en poscosecha de zanahoria (García, 2008, p. 35, 36)

Se procede a la recepción de la materia prima en los centros de acopio para continuar con las operaciones poscosecha. Muchas veces, este procedimiento se

realiza en el mismo sitio de la cosecha. La mayor parte de las zanahorias son comercializadas con el extremo superior cortado. El lavado de esta hortaliza se puede realizar manual o mecánicamente. El método mecánico incluye el uso de tanques giratorios con entrada de agua a presión, la capacidad depende del tipo de tanque que se utilice, oscilan de 1 a 14 cajones (García, 2008, p. 35; Kotecha et al., 2004, p. 123).

La clasificación se realiza manualmente, en una mesa donde se ordena la zanahoria por categorías o de forma mecanizada, con una banda distribuidora y clasificadora de tamaño. El empaque utilizado en la zanahoria depende de la presentación en la cual será comercializada. Se distribuye en atados, bolsas plásticas, bandejas y sacos (García, 2008, p. 36). El almacenamiento se efectúa en galpones, donde el ambiente es fresco, durante 48 horas y en cámaras de frío a 0 °C y una humedad relativa entre 93 y 98 %, donde la zanahoria no sufrirá alteraciones y se mantendrá en buenas condiciones alrededor de 6 meses (Kotecha et al., 2004, p. 126; García, 2008, p. 36).

1.1.7. SITUACIÓN DEL CULTIVO DE ZANAHORIA EN EL ECUADOR

En el Ecuador, las variedades más importantes que se encuentran adaptadas a las condiciones del país, son Chantenay Red Cored y Danvers Half Long (INEN, 2012).

Según datos del III Censo Nacional Agropecuario, en el país la zanahoria amarilla tiene una superficie sembrada de 2 932 ha, con una producción de 18 351 t y ventas de 17 710 t (SINAGAP, 2000). El consumo per cápita en los ecuatorianos es 1,64 kg/año. Esta hortaliza se cultiva en climas templados, en especial en los valles interandinos (Agroecuador, 2000, pp. 34, 35). Se produce zanahoria amarilla en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha, Loja, Azuay y Carchi. Las 3 primeras provincias tienen mayor producción de esta hortaliza con 8 666 t, 4 555 t y 4 240 t, respectivamente (SINAGAP, 2000).

El cultivo de zanahoria se produce durante todo el año, pero los meses de mayor producción son junio y octubre. La zanahoria amarilla que se cultiva a nivel nacional, cubre totalmente la demanda interna, por lo que las exportaciones e importaciones son nulas (Agroecuador, 2000, p. 35). No existen datos más recientes de producción nacional de zanahoria amarilla, debido a que el último Censo Nacional Agropecuario se realizó en el año 2000.

1.1.8. USOS

El procesamiento de zanahoria da como resultado una serie de productos, tales como zanahorias enlatadas, congeladas, deshidratadas, dulces, conservas y bebidas. La hortaliza fresca y mínimamente procesada también está disponible en el mercado. Además, debido a su alto contenido nutricional es ampliamente utilizada como puré en alimento para bebé (Kotecha et al., 2004, p. 130; Sarkar y Sharma, 2011, p. 569).

El jugo de zanahoria y las mezclas que se realizan con el mismo, son bebidas no alcohólicas que aumenta su demanda constantemente, en varios países del mundo. El rendimiento en la producción de jugo de zanahoria es bajo, entre el 30 y 50 % de la materia prima es pulpa residual. En la pulpa se pierde hasta el 50 % de carotenos, fibra dietética, ácidos urónicos y azúcares neutros de la hortaliza. Actualmente, se busca desarrollar nuevos productos que puedan ser utilizados como ingredientes y suplementos alimenticios, para aprovechar las propiedades y compuestos de la pulpa, como galletas con alta cantidad de fibra, pan, pasteles, aderezos, fortificantes para pan de trigo y la producción de bebidas funcionales (Sharma et al., 2012, pp. 26, 27).

1.2. FRUTAS Y HORTALIZAS DE IV GAMA

1.2.1. ALIMENTOS DE CONVENIENCIA

Los alimentos de conveniencia son aquellos platos total o parcialmente preparados, surgieron debido a la creciente demanda de alimentos que permitan disminuir el tiempo y esfuerzo utilizado en la preparación y compra de los mismos. El fabricante, procesador o distribuidor se hace cargo de realizar todo este trabajo, de tal forma, que facilita las labores del consumidor o ama de casa (Achón, Alonso, Varela y García, 2006, p. 10).

En el mercado, se presenta una serie de alimentos de conveniencia, en diversas presentaciones con un mayor o menor grado de procesamiento, según la tecnología aplicada. Así, los productos se clasifican en gamas (Achón et al., 2006, p. 10; Salas, Bonada, Trallero, Saló y Burgos, 2008, p. 59), como se presentan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Clasificación de los alimentos según el grado de procesamiento

Gama	Descripción	Tratamiento térmico
I	Alimentos frescos, comercializados en su estado natural	Ninguno
II	Frutas y verduras lavadas, troceadas, con una solución de cobertura y envasados en latas o envases de vidrio (conservas)	Esterilización
III	Alimentos conservados bajo la aplicación de frío que permite que el producto dure por meses	Congelación
IV	Frutas y hortalizas sometidas a un mínimo tratamiento de lavado, troceado y envasados, listos para el consumo	Ninguno
V	Alimentos preparados, cocidos dentro de una bolsa y envasado en atmósferas modificadas o al vacío para aumentar la vida útil, listos para el consumo	Cocción

(Achón et al., 2006, pp. 10, 11; Salas et al., 2008, p. 59)

1.2.2. ALIMENTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS O DE IV GAMA

Los cambios culturales de la sociedad se reflejan en las nuevas tendencias del procesamiento de productos hortofrutícolas, cada vez se necesitan más alimentos de fácil preparación y consumo (Castro, 2011, p. 72). Los alimentos de IV gama son aquellos productos hortofrutícolas frescos, sometidos a un mínimo tratamiento como lavado, pelado, troceado, envasados y almacenados en refrigeración, listos para consumir. Según el producto, la vida útil oscila entre 7 y 14 días (Linde, 2010, p. 9).

Las ventajas que brindan los alimentos de IV gama o mínimamente procesados son las siguientes (Linde, 2010, p. 13, 14; Viña y Chaves, 2004, p. 37):

- ✓ Son productos frescos, saludables, mantienen la calidad nutricional y características organolépticas.
- ✓ Disminución en el tiempo de preparación de la comida, prácticos para usar.
- ✓ La industria aprovecha la sobreproducción de frutas y vegetales por temporadas.
- ✓ Los productos mantienen calidad uniforme durante todo el año.
- ✓ Reducción de las pérdidas en la comercialización de productos enteros frescos.
- ✓ La materia prima no utilizada, los residuos y desechos del procesamiento se encuentran entre 30-35 % lo cual se puede gestionar de forma beneficiosa con el medio ambiente.
- ✓ Garantía de un producto inocuo y seguro.
- ✓ El espacio utilizado en la distribución y almacenamiento en el hogar es menor en comparación con los productos enteros.
- ✓ El productor puede incursionar en nuevos mercados y ampliar el área de ventas.

El procesamiento mínimo busca eliminar cáscaras, semillas, tallos de los productos hortofrutícolas y mantener las características del producto original. Se

pueden emplear sustancias antipardeantes, antimicrobianas, películas comestibles y empaques para extender la vida útil (Castro, 2011, p. 73).

1.2.3. OPERACIONES UNITARIAS EN ALIMENTOS DE IV GAMA

El procesamiento mínimo de frutas y verduras se lleva a cabo como se indica en la Figura 1.4.

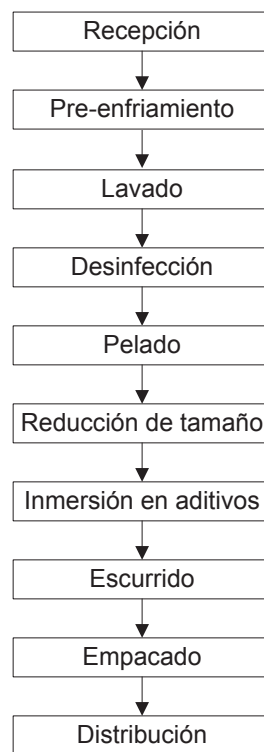


Figura 1.4. Diagrama del proceso para la elaboración de frutas y hortalizas de IV gama (Castro, 2011, p. 73; González y Lobo, 2005, p. 98)

1.2.3.1 Recepción y pre-enfriamiento

Luego de recibir la materia prima y la inspección de calidad, rápidamente se realiza el pre-enfriamiento de las frutas y/o hortalizas. El objetivo de esta operación es reducir la temperatura del fruto u hortaliza cuando llega del campo a

la recepción, hasta 1 - 2 °C. A continuación, se almacena la materia prima en las condiciones de temperatura y humedad relativa recomendadas, según el producto, hasta empezar el procesamiento. Con esta etapa, se busca reducir los daños debido a procesos metabólicos y retardar la senescencia (González y Lobo, 2005, p. 99; Krasaekoopt y Bhandari, 2011, p. 221).

1.2.3.2 Lavado y desinfección

El proceso de lavado de los productos enteros, se realiza para eliminar la suciedad, escombros, residuos de tierra y reducir la carga microbiana de los productos hortofrutícolas provenientes del campo. El agua de lavado debe tener una temperatura menor a 5 °C y una calidad microbiológica aceptable (González y Lobo, 2005, p. 99; Krasaekoopt y Bhandari, 2011, p. 221). La norma INEN (2011) 1108 indica una presencia de Coliformes fecales <1 UFC/100 mL y ausencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el agua potable.

1.2.3.3 Pelado y reducción de tamaño

Algunas frutas y hortalizas necesitan ser peladas. El pelado puede ser mecánico o manual. Las grandes industrias utilizan el método mecánico químico o vapor de alta presión. El daño en la superficie celular del corte influye en la vida útil y calidad del producto, por tal motivo, el pelado mecánico genera mayor daño en los tejidos de las frutas y hortalizas (Cantwell y Suslow, 2002, p. 449; Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 294).

La reducción del tamaño es la etapa donde las frutas y hortalizas se cortan en trozos pequeños y uniformes. Las formas varían, pueden ser rodajas, cubos, tiras, etc., los cuales se realizan de forma automática. Se utilizan cortadoras que permiten regular la distancia entre cuchillas. Varios estudios han demostrado que el cortado y rallado se debe realizar con cuchillos afilados de acero inoxidable. Los cuchillos poco afilados causan daño en los tejidos y favorecen el

pardeamiento de los vegetales. Para evitar el pardeamiento, se debe evitar la exposición de los tejidos afectados a metales como Fe^{+2} y Cu^{+2} . El corte de los vegetales, aumenta la tasa de respiración, produce daño mecánico y ablanda los tejidos (González y Lobo, 2005, p.102; Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 294). Para reducir los efectos del pelado y cortado, se recomienda que el procesamiento de los productos hortofrutícolas de IV gama se realice a una temperatura menor o igual a 4 °C (González y Lobo, 2005, p.101).

El procesamiento de la zanahoria de IV gama se debe desarrollar con la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura, en temperaturas que oscilan entre 0 y 5 °C (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 303).

1.2.3.4 Inmersión en aditivos

Luego del corte de las frutas y hortalizas, se realiza un lavado mediante inmersión del producto, a una temperatura entre 1 y 5 °C, en aditivos alimentarios sintéticos y naturales, con el fin de remover azúcares u otros nutrientes de la superficie de corte que contribuyen al crecimiento microbiano y a la decoloración del tejido. El agua utilizada debe ser de buena calidad, en una proporción de 3 L/kg de materia prima. Este proceso es utilizado para aplicar diversos tratamientos de conservación. Si se inyecta aire a presión en el agua de lavado se generan turbulencias que mejoran la eficiencia del proceso, también se usan duchas a presión, cadenas de arrastre y tambores rotatorios. La inmersión es un paso crítico, ya que es el único proceso que puede reducir la carga microbiana y mantener la calidad del producto (González y Lobo, 2005, p.104; Linde, 2010, p. 17).

En estudios realizados en zanahoria, con ácido cítrico, ozono y agua a 100 °C durante 45 s de inmersión, como alternativa al uso de cloro, los resultados indicaron una mayor reducción microbiana, entre 10^2 - 10^3 UFC/g, al usar agua caliente (Alegría, Pinheiro, Gonçalves, Fernandes, Moldão y Abreu, 2009, p. 62; Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas, 2013, p. 84).

Actualmente, se han desarrollado tratamientos de conservación para los productos de IV gama, los cuales garantizan la estabilidad y durabilidad del alimento durante su comercialización. Los tratamientos se clasifican en físicos y químicos (Cantwell y Suslow, 2002, p. 450; González y Lobo, 2005, p. 103), los cuáles son detallados en el acápite 1.3.

1.2.3.5 Ecurrido

Después de la inmersión del producto cortado, se retira el exceso de agua. En este proceso se debe eliminar al menos, el mismo contenido de humedad que el producto ganó durante el procesamiento. La eliminación del agua puede ser mediante escurrido, centrifugación o secado (Cantwell y Suslow, 2002, p. 450; González y Lobo, 2005, p.107).

El escurrido se puede realizar con el uso de bandejas vibratorias que eliminen el excedente de agua. La centrifugación puede ser semiautomática o automática, se utilizan tambores o centrífugas de escurrido. El tiempo y velocidad del proceso debe ser estudiado cuidadosamente para evitar daños en las células vegetales. En varios estudios, se ha utilizado el secado por aire frío seco e infrarrojo para eliminar el exceso de agua en frutas y hortalizas de IV gama (González y Lobo, 2005, p.107; Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 296).

1.2.3.6 Empacado y Distribución

El empacado en atmósfera modificada (AM) es uno de los puntos clave para prolongar el tiempo de vida útil de los productos hortofrutícolas mínimamente procesados. La AM consiste en cambiar la atmósfera alrededor del alimento empacado. La modificación de la atmósfera en el interior del empaque se debe a la respiración del vegetal y al intercambio de gaseoso con el exterior a través de la película polimérica, hasta llegar al equilibrio dinámico. La ventaja del uso de AM es la reducción de la pérdida de agua en las superficies cortadas. Además, el

empaque sirve como barrera contra la contaminación microbiana (Cantwell y Suslow, 2002, p. 455; González y Lobo, 2005, pp. 107, 108). La AM puede ser pasiva y activa.

La AM pasiva se desarrolla por la respiración generada por el producto. En el interior del empaque, se forma una atmósfera pasiva, debido al proceso de respiración, donde la fruta u hortaliza consume O_2 y produce CO_2 . La permeabilidad del empaque debe garantizar que el ingreso de O_2 sea igual al que el alimento necesita. De forma similar, la producción de CO_2 del alimento debe recompensar la salida de CO_2 , para no generar niveles perjudiciales de este gas en el interior del empaque (Kader, 2002a, pp. 142, 143).

La AM activa se produce al sustituir la atmósfera dentro del empaque por una concentración fija de gases. Posteriormente, la mezcla se modifica mediante el uso de absorbentes o adsorbentes situados en el interior del empaque para eliminar los gases producidos, como O_2 , CO_2 y etileno (C_2H_4) (Kader, 2002a, p. 143). Cada alimento tiene un principal factor de deterioro, el cual debe ser entendido para aplicar un envasado activo, se puede aplicar antimicrobianos y/o absorbedores de O_2 para evitar el deterioro debido a microorganismos (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 299; Mehyar y Han, 2011, p. 269).

Entre los métodos de AM, se encuentra el envasado al vacío moderado. Los productos son empacados en un envase rígido, hermético bajo los 40 kPa de presión atmosférica, se almacenan a una temperatura entre 4 y 7 °C. La composición inicial del aire (78 % N_2 , 21 % O_2 y 0,04 % CO_2) pero a una presión parcial reducida. La reducción en la cantidad de O_2 disminuye el metabolismo del producto y el crecimiento microbiano responsable de la pudrición. En algunos productos como pimiento rojo, rodajas de manzana y tomate, brotes de soya y mezclas de verduras cortadas, se reportó disminución microbiana y mejores características sensoriales al utilizar AM (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 300).

No es posible determinar una mezcla de gases ideal, ya que cada fruta y hortaliza posee diferentes propiedades químicas y físicas. Existen una gran variedad de

polímeros para el envasado de productos de IV gama que deben ser optimizadas para cada producto (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 380). La elección debe realizarse según la permeabilidad del empaque, la intensidad respiratoria del producto, facilidad de sellado, resistencia mecánica y costo. El envase debe garantizar una máxima protección del producto, para evitar daños por vibración y compresión durante el transporte (González y Lobo, 2005, p.109; Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 300).

En frutas y hortalizas, también se utiliza el envasado en atmósfera controlada (AC) que consiste en mantener bajos los niveles de O₂, altos niveles de CO₂ mediante sistemas controlados que a su vez regulan los niveles de etileno, puede generar nitrógeno líquido y almacenamiento hipobárico. La AC se utiliza en productos enteros mientras que en alimentos mínimamente procesados el uso es casi nulo (Rodríguez, Rivera y González, 2005, p. 450).

Se han desarrollado investigaciones en zanahoria mínimamente procesada, donde se utilizaron empaques de polipropileno y polipropileno biorientado en atmósfera normal (Alegria, Pinheiro, Gonçalves, Fernandes, Moldão y Abreu, 2010, p. 156; Cruz, Acedo, Díaz, Islas y González, 2006, p. 301). Además, para empacar al vacío se utilizaron bolsas de tres capas: dos externas de polietileno y una central de cloruro de polivinilideno, éste material se caracteriza por su baja permeabilidad al gas y resistencia mecánica. La zanahoria mínimamente procesada empacada al vacío es una alternativa tecnológica para incrementar el tiempo de vida útil (8 días) con parámetros físicos, químicos y sensoriales aceptables para el consumidor (Rocha, Ferreira, Silva, Almeida, y Morais, 2007, pp. 447-449).

La presentación del empaque depende del destino, puede ser desde los 250 g, como envases individuales, hasta 2-5 kg para el mercado denominado HORECA (Hoteles, Restaurantes y Catering). En el empaque del producto debe constar la fecha de caducidad (González y Lobo, 2005, p.109).

El transporte de los productos de IV gama debe ser a una temperatura mayor que el punto de congelación del producto. Posteriormente, en los almacenes frigoríficos y en las vitrinas la temperatura debe ser entre 1 y 4 °C. La inspección de la temperatura durante el transporte y la comercialización es primordial, ya que el aumento de este parámetro cambia la atmósfera del empaque y se incrementa la tasa de respiración y producción de calor. Este aumento de temperatura incrementa el deterioro y se produce un ambiente favorable para el crecimiento microbiano (González y Lobo, 2005, p.110; Linde, 2010, p. 20).

En estudios realizados en zanahoria cortada en rodajas y rallada, se determinó que a 5 °C el tiempo de vida útil fue 7 y 8 días (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 303).

1.2.4. ATRIBUTOS DE CALIDAD EN PRODUCTOS DE IV GAMA

Los productos de IV gama están sometidos a diversas operaciones unitarias que incrementan el deterioro fisiológico, los cambios bioquímicos y microbiológicos. Tales cambios, implican variaciones de textura, apariencia, color, sabor y valor nutricional, que determinan la aceptación del consumidor (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 374).

1.2.4.1 Textura

La textura incluye las propiedades estructurales y mecánicas de los alimentos como firmeza, frescura, jugosidad, harinosidad y dureza (Kader, 2002b, p. 22; Beaulieu, 2011, p. 119).

La textura es una de las características que más influye en la decisión de compra del consumidor. Los cambios de textura guardan relación con procesos enzimáticos y no enzimáticos. El proceso enzimático que promueve la pérdida de textura, ocurre por la polimerización de la poligalacturonasa a ácido

poligalacturónico en la degradación enzimática de la pectina. La activación de la pectina metilesterasa, enzima catalizadora de la pectina, fortalece las paredes del producto hortofrutícola, debido al aumento de los enlaces entre la pectina y los cationes (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376; Viña y Chaves, 2004, p. 37).

La evaluación de la textura, usualmente, se realiza mediante pruebas destructivas con un analizador de textura y ensayos de perforación. Sin embargo, tales ensayos no proveen un conocimiento de la microestructura de los alimentos a nivel celular, la cual es muy compleja. Las pruebas a panelistas muchas veces son más susceptibles a ligeras diferencias en textura que las evaluaciones físicas del producto (Beaulieu, 2011, p. 119).

El corte es un factor que puede afectar la textura, ya que se produce una serie de reacciones bioquímicas adversas relacionadas con las heridas (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376). En los vegetales, las heridas que se producen por efecto del corte desarrollan un endurecimiento o lignificación. Estudios en zanahoria han demostrado que la lignificación, es un mecanismo de respuesta debido a las lesiones en el punto de corte del vegetal, el cual disminuye al usar cuchillas afiladas durante el procesamiento (Toivonen y Brummell, 2008, p. 9).

1.2.4.2 Apariencia y color

El principal criterio del consumidor para adquirir un producto es la apariencia. El color es una característica importante, el cual, junto con la textura, definen la frescura de la mayor parte de los productos vegetales (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376).

El pardeamiento del tejido en la mayoría de productos de IV gama obedece a la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO) y la peroxidasa (POD). Los compuestos fenólicos reaccionan en presencia de O₂ y resulta en una pigmentación color marrón. A mayor concentración de polifenoles, el empardecimiento se presentará con mayor rapidez. Este factor reduce la calidad,

limita la comercialización y el tiempo en estante de las frutas y hortalizas de IV gama (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376; Beaulieu, 2011, p. 117).

En vegetales de coloración verde, la clorofila juega un papel importante en la variación del color. La clorofila es un pigmento lábil y sensible a la luz, temperatura y la presencia de ácidos. Mientras que en zanahoria, se debe a la degradación del caroteno (Viña y Chaves, 2004, p. 38).

Para determinar los cambios de color en los alimentos, se emplean diferentes métodos, tales como: colorímetro de superficie, atlas de color para productos cortados y enteros, y mediante entrenamiento a personas para realizar evaluaciones de calidad (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376; Beaulieu, 2011, p. 117; Viña y Chaves, 2004, p. 38).

1.2.4.3 Sabor

El sabor incluye características como dulzor, acidez, astringencia, amargo, aroma y sabores desagradables. La determinación analítica de los componentes debe realizarse conjuntamente con evaluaciones subjetivas de panelistas, para obtener información beneficiosa y significativa sobre la calidad sensorial de las frutas y hortalizas frescas (Kader, 2002b, p. 23).

Los compuestos aromáticos volátiles de frutas y hortalizas se originan en una serie de rutas biosintéticas, como las de carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, alcoholes, aldehídos, ésteres, furanos y compuestos que contienen nitrógeno y azufre. La pérdida de componentes volátiles en productos de IV gama es una consecuencia de la senescencia durante el almacenamiento provocado por mecanismos de difusión, catabólicos y metabólicos. Esta característica influye directamente en la decisión del consumidor, para comprar nuevamente el mismo producto (Beaulieu, 2011, p. 118).

Watada, Ko, y Minott (1996), determinaron que el ácido clorogénico podría ser el responsable del cambio desfavorable de sabor en la zanahoria mínimamente procesada, ya que la cantidad de tal compuesto se incrementó al ser empacado en bolsas de polipropileno orientado (p. 121).

1.2.4.4 Calidad nutricional

Los alimentos de IV gama son productos saludables que cubren las necesidades dietéticas de alimentos frescos. Luego del procesamiento de las frutas y hortalizas de IV gama, la capacidad antioxidante puede aumentar o disminuir durante el almacenamiento (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 377; Beaulieu, 2011, p. 119).

Los múltiples cambios que sufren los productos hortofrutícolas durante la recolección, manejo y procesamiento afectan la actividad antioxidante. Al mantener las condiciones propicias para conservar las características sensoriales, también permitirán preservar los nutrientes (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 376). El valor nutritivo de los alimentos mínimamente procesados ha sido poco estudiado, en lo referente a vitaminas, azúcares, aminoácidos, grasa y contenido de fibra. Sin embargo, se determinó que el contenido de vitamina C y carotenos no disminuye significativamente en zanahoria rallada (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 291)

1.2.5. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LOS ALIMENTOS DE IV GAMA

Los factores precosecha y poscosecha que afectan la calidad de los alimentos de IV gama se indican en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Factores precosecha y poscosecha que influyen en la calidad de los productos de IV gama

Factores	
Precosecha	Poscosecha
Genéticos	Procesamiento
Climáticos	Temperatura y humedad relativa
Prácticas culturales	Condiciones higiénicas
Madurez de cosecha	

(Kader, 2002b, p. 22; Yahia, Barry-Ryan y Dris, 2004, p. 96)

En los productos de IV gama es importante mantener las características de calidad, para satisfacer al consumidor en términos de textura, sabor, calidad nutricional e inocuidad del producto (Kader, 2002b, p. 22; Yahia, Barry-Ryan y Dris, 2004, p. 96). A continuación, se detalla cada factor y su influencia en los alimentos mínimamente procesados.

1.2.5.1 Factores genéticos

En un grupo de productos agrícolas, se presenta un rango de variación genotípica en la composición, calidad y vida poscosecha. A través de los años, los agricultores han mejorado la calidad de los productos hortofrutícolas mediante variaciones genéticas, así por ejemplo, se han encargado de seleccionar cultivares de zanahoria con mayor cantidad de carotenoides y tomate con alto contenido de vitamina A, maíz que mantiene el dulzor por mucho tiempo luego de la cosecha, entre otros casos. Muchas veces, los cultivares seleccionados para resistir la rigurosidad de la comercialización y distribución no poseen las características de calidad necesarias, como el sabor. El cultivar influye en la composición del producto hortofrutícola, rendimiento y en general, en los atributos de calidad (Kader, 2002b, p. 24; Simson y Straus, 2010, p. 110).

1.2.5.2 Factores climáticos

La temperatura y la intensidad de la luz son factores climáticos que influyen en la composición y calidad nutricional de las frutas y hortalizas. El lugar y la temporada donde se desarrolla el cultivo pueden determinar el contenido de ácido ascórbico, carotenos, riboflavina, tiamina y flavonoides. La intensidad de luz está relacionado directamente con el contenido de ácido ascórbico en vegetales, a menor intensidad, menor contenido. Las altas temperaturas aumentan la transpiración en las plantas e influyen en la absorción y metabolismo de los nutrientes minerales. La lluvia aumenta la susceptibilidad de las plantas a los daños mecánicos durante la recolección y manejo (Kader, 2002b, p. 24; Simson y Straus, 2010, p. 111).

1.2.5.3 Prácticas culturales

Factores como el tipo de suelo, cultivar, abono, riego, fertilización y agua pueden afectar la calidad nutricional del producto. Los fertilizantes utilizados influyen en el contenido de minerales en la planta. El suministro de agua debe ser moderado, la deficiencia del líquido reduce el tamaño del fruto e incrementa el contenido de sólidos solubles, acidez y ácido ascórbico en frutas. El exceso de agua, provoca roturas, excesiva turgencia, mayor susceptibilidad a daños físicos, reducción de los sólidos solubles y retraso en la madurez (Kader, 2002b, pp. 24,25; Simson y Straus, 2010, pp. 111,112).

La poda y raleo, son prácticas culturales que afectan la producción de la planta y el tamaño del fruto, tales variaciones pueden influenciar en la composición de la fruta u hortaliza (Kader, 2002b, p. 25).

Los vegetales deben ser cosechados sanos, se deben evitar los daños mecánicos durante todo el cultivo, cosecha y transporte. La carga microbiológica de la materia prima debe ser mínima, de este parámetro dependerá la contaminación del producto final (Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 78). La norma peruana MINSA/DIGESA (2008) establece para frutas y hortalizas frescas, que no fueron

sometidas algún tratamiento, los límites para *Escherichia coli* 10^2 - 10^3 y *Salmonella sp.* ausencia/25 g.

1.2.5.4 Maduración

La madurez en la cosecha es el factor que determina la vida en estante y la calidad del producto final. La cosecha se debe realizar antes que el fruto alcance la madurez organoléptica, donde la textura es firme y los daños mecánicos por la manipulación se reducen (Linde, 2010, p. 16). En las frutas y hortalizas, se determinan índices de madurez que permitan garantizar las características de calidad requeridas para el consumidor y aquellas que faciliten el proceso de comercialización. Según la intensidad respiratoria y la producción de etileno en la maduración, los frutos se clasifican en dos grupos (Simson y Straus, 2010, pp. 112, 113):

- ✓ Frutos no climatéricos: no pueden continuar con el proceso de maduración, luego de ser retirados de la planta. Se cosechan cuando el fruto está completamente maduro. El contenido de etileno que genera es muy pequeño. Ejemplo: cítricos, uvas, piñas.
- ✓ Frutos climatéricos: pueden ser cosechados de la planta y la maduración del fruto puede continuar luego de la cosecha. Al exponerse al etileno, se produce una maduración rápida y uniforme. Ejemplo: plátano, mango, papaya, peras, manzanas.

La fruta inmadura posee una textura firme, que puede soportar daños mecánicos durante el manejo poscosecha, pero tiene un sabor más ácido y amargo con relación al fruto maduro. La fruta madura tiene una textura suave, menor acidez y un aroma típico de la fruta, por la presencia de esteroides en su composición (Simson y Straus, 2010, pp. 112).

En estudios de mango mínimamente procesado, se presentó menor aroma al trabajar con mango en estado maduro, en comparación con un grado mayor de madurez (maduro y blando). Mientras que al estudiar, peras en rodajas con frutos parcialmente maduros, éstos fueron los más adecuados en comparación con frutos completamente maduros. Por lo tanto, en frutos climatéricos, la firmeza de la fruta es un indicador de madurez necesario para la óptima calidad del producto cortado (Beaulieu, 2011, p. 122).

1.2.5.5 Cosecha

El método de cosecha puede provocar daños físicos en el fruto. El cuidado en los frutos debe ser esencial, ya que cualquier deterioro desencadenará un desorden fisiológico, proliferación microbiana y pérdida de las características de calidad del producto (Kader, 2002b, p. 26; Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 80).

En la industria, la materia prima que recibe la planta procesadora es obtenida inmediatamente del campo. Se utilizan camiones refrigerados cuando el lugar de recepción está lejano, cuando la distancia es menor, se utilizan camiones a temperatura ambiente (Linde, 2010, p. 17).

1.2.5.6 Procesamiento

Las heridas provocadas por el corte, consecuencia propia del procesamiento, generan una serie de cambios físicos y fisiológicos que afectan la calidad del producto. El deterioro de los productos cortados se manifiesta en cambios de textura, color, riesgo de contaminación microbiana, pardeamiento enzimático (Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 81).

Las operaciones unitarias de pelado y troceado son puntos críticos que determinan la calidad del producto, por lo tanto, el daño provocado al tejido debe ser mínimo. El corte del tejido incrementa la respiración y transpiración, y el

tiempo de estante disminuye. En consecuencia, las características sensoriales y nutricionales del producto final se pierden en comparación con la materia prima fresca (Linde, 2010, p. 17). En el procesamiento, la fruta y/u hortaliza libera sustancias nutritivas que permanecen expuestas al ambiente y a la contaminación por bacterias, mohos y levaduras. Los vegetales de IV gama pertenecen al grupo de alimentos de baja acidez, que comprende un pH entre 5,8-6,0; la cual, junto con una alta humedad y las superficies cortadas, son condiciones ideales para el crecimiento microbiano (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 290; Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 82)

1.2.5.7 Temperatura y humedad relativa

Los productos cortados deben ser almacenados a una temperatura entre 0 y 5 °C, para conservar las características de calidad y el tiempo de vida útil. Mantener bajas temperaturas permitirá retrasar el crecimiento microbiano y reducir la tasa de respiración, la cual en este tipo de alimentos es mayor en comparación con el producto entero (Cantwell y Suslow, 2002, pp. 453, 454).

La temperatura y humedad relativa son los parámetros más importantes para mantener la calidad y disminuir las pérdidas poscosecha. Por cada incremento en 10 °C de temperatura, se acelera el deterioro y la tasa de pérdida de calidad nutricional aumenta entre 2 y 3 veces, como consecuencia, se presenta la pérdida de agua y de las características organolépticas (Kader, 2002b, p. 27).

En zanahoria mínimamente procesada almacenada a 0, 5 y 10 °C, se obtuvo una tasa de respiración de 5,7; 12,1 y 22,1 mL CO₂/kg×h, respectivamente. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la tasa de respiración (Barbosa, Carciofi, Dannenhauer y Monteiro, 2011, p. 82). El incremento de la tasa de respiración está relacionado con un metabolismo activo e incremento la tasa de deterioro del producto. El control de la temperatura permite reducir la tasa de respiración y el metabolismo de los productos mínimamente procesados (Cantwell y Suslow, 2002, pp. 447, 448).

El control de la temperatura y en material plástico del empaque son parámetros de los cuales depende la difusión de gases a través de las diferentes películas poliméricas usadas. El cambio de la atmósfera interna del producto envasado produce la formación de sabores y olores extraños (Linde, 2010, p. 25).

1.2.5.8 Condiciones higiénicas

Los alimentos de IV gama no son sometidos a un determinado tratamiento térmico para reducir la carga microbiana. El control se realiza mediante estrictas normas de higiene, uso de atmósfera modificada y cadena de frío durante el procesamiento, distribución y comercialización (Linde, 2010, p. 20; Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 90).

Las zonas de procesamiento de vegetales de IV gama, deben ser diseñadas de tal forma que la materia prima, procesamiento y el producto terminado permanezcan en áreas separadas, con el fin de prevenir una contaminación cruzada. Los empleados deben contar con capacitación, especialmente en el aspecto higiénico y en el uso de cofias, guantes, mascarillas y ropa de trabajo. Además, debe existir limpieza en la maquinaria como en el local de procesamiento. La aplicación de buenas prácticas de manufactura es primordial para obtener un producto de óptima calidad (Lehto, Kuisma, Määttä, Kymäläinen, y Mäki, 2011, p. 475; Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2005, p. 91).

1.3. MÉTODOS PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS DE IV GAMA

Existen muchos métodos que permiten reducir la carga microbiana y prevenir enfermedades de origen alimentario. En productos de IV gama se aplican métodos físicos, químicos, biológicos y combinados, que se detallan a continuación.

1.3.1. MÉTODOS FÍSICOS

Los métodos físicos permiten eliminar bacterias procedentes de la superficie de las plantas a través de fuerzas de cizallamiento. Los métodos que se indican a continuación, han demostrado que eliminan o inhiben el crecimiento microbiano (Gil, Selma, López-Gálvez, y Allende, 2009, p. 38).

1.3.1.1 Irradiación

La irradiación es un tratamiento físico que usa radiaciones ionizantes, como rayos gamma, rayos X, haces de electrones y microondas, capaces de producir iones cargados. En alimentos, se utilizan tres tipos de radiaciones ionizantes: rayos gamma mediante el uso de isótopos de cobalto 60 o cesio 137, generador de electrones y rayos X (Fan, 2012, p. 379; Yahia et al., 2004, p. 105).

Esta tecnología es considerada como la única alternativa para destruir los patógenos internos, al evitar la cocción. La dosis máxima permitida en alimentos por la FDA es 1 kGy. La irradiación ha presentado resultados positivos en ciertos productos, al extender el tiempo de vida útil. En otros casos ha reducido los atributos de calidad (Corbo, Speranza, Campaniello, Amato, y Sinigaglia, 2010, p. 1150; Gil, Selma et al., 2009, p. 38).

El uso de irradiación en alimentos mínimamente procesados se ha visto una respuesta efectiva en la disminución del contaje microbiano. Sin embargo, varios estudios han demostrado que la dosis necesaria para la reducción de microorganismos generan cambios en las sustancias pécticas y produce el ablandamiento de tejidos (Yahia et al., 2004, pp. 106,107).

En determinados estudios se ha observado que el uso de 2 kGy en zanahoria mínimamente procesada, inhibió el crecimiento de mesófilos aeróbios, bacterias ácido lácticas, disminuyó la pérdida de azúcares, pero incrementó la tasa de respiración del producto. Al usar una dosis de 0,5 kGy, disminuyó el efecto en la

respiración y la población microbiana se redujo significativamente en comparación con el uso de cloro (Toivonen y DeEll, 2002, p. 117).

1.3.1.2 Luz ultravioleta (UV: Ultraviolet light)

La luz ultravioleta UV es un tipo de radiación no ionizante que se clasifica en 3 tipos según la longitud de onda. UV-A, con una longitud de onda entre 314-400 nm; UV-B fluctúa entre 280 - 315 nm y UV-C que oscila entre 100 - 280 nm. La UV-C es la radiación que posee mayor acción germicida (Corbo, Speranza, Campanello, Amato y Sinigaglia, 2010, p. 1150; González, Allende, Ruiz-Cruz y Luo, 2005, p. 272).

La UV-C es la radiación más usada para reducir la carga microbiana en frutas y hortalizas. La luz ultravioleta provoca daño celular en el ADN del microorganismo, tal daño bloquea la replicación celular y produce la muerte microbiana (González et al, 2005, p. 272; Ramos, Miller, Brandão, Teixeira, y Silva, 2013, p. 10). González et al. (2005) utilizaron UV-C para preservar la calidad de frutas y hortalizas enteras, como fresas, manzanas, cebolla y zanahoria (p. 272).

Alegría, Pinheiro, Duthoit, Gonçalves, Moldão-Martins y Abreu (2012) utilizaron UV-C con una dosis de 0,78 kJ/m² durante 2 min como tratamiento en zanahoria entera para posteriormente ser rallada. Los efectos fueron beneficiosos, ya que se incrementó el contenido de carotenoides, compuestos fenólicos y se redujo la actividad de la enzima peroxidasa en el producto final (pp. 198-200).

1.3.1.3 Luz pulsada (PL: Pulsed light)

La luz pulsada (PL) es una tecnología también llamada pulso de luz de alta intensidad (HILP), se aplica una longitud de onda entre 100 - 1 100 nm capaz de inactivar microorganismos de alimentos sólidos y líquidos. Los pulsos de alta intensidad cambian la estructura del ADN microbiano y produce la muerte. Los

componentes de los alimentos pueden absorber la luz y disminuir la eficacia del tratamiento. La investigación de la aplicación en frutas y vegetales es escasa, se necesitan datos para determinar la efectividad de este método físico (Ramos et al., 2013, p. 10). No se han presentado investigaciones referentes al uso de PL en zanahoria mínimamente procesada.

1.3.1.4 Procesamiento de alta presión (HPP: High Pressure Processing)

Esta tecnología utiliza presiones entre 3 000 - 8 000 bares. Con este método se inactivan microorganismos y enzimas, el sabor y los componentes nutricionales se mantienen. En los productos cortados, afecta la estructura debido a la compresión en la presurización y expansión en la descompresión del aire incrustado en el producto (Corbo et al., 2010, p. 1150). Según, Ramos et al. (2013), el procesamiento para el uso de HPP puede ser adecuado para el procesamiento de frutas y hortalizas (pp. 10,11). Sin embargo, no se encontraron estudios acerca de la aplicación en zanahoria mínimamente procesada.

1.3.1.5 Ultrasonido

Las ondas de ultrasonido que se utilizan se encuentran en un rango de frecuencia entre 20 Hz y 18 kHz. Se aplica una intensidad de onda para alterar la estructura celular y el sistema biológico de los microorganismos por cavitación intracelular, pero en presencia de sólidos pierde efectividad. La frecuencia utilizada es capaz de traspasar los envases plásticos. (Gil, Selma, et al., 2009, p. 5; Yahia et al., 2004, pp. 113,114). La información con respecto al uso de ultrasonido en zanahoria mínimamente procesada es reducida.

1.3.2. MÉTODOS QUÍMICOS

En los métodos químicos intervienen los tratamientos que utilizan antioxidantes y antipardeantes como los ácidos orgánicos y compuestos que inhiben la catalización enzimática (González y Lobo, 2005, p. 104). Los métodos más utilizados, se detallan a continuación.

1.3.2.1 Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaClO) es el compuesto más usado en la industria de IV gama para reducir la carga microbiana y la presencia de patógenos. Para el uso de esta sustancia se deben conocer parámetros que puedan afectar la efectividad, como pH, cloro libre y el potencial redox (Gil, Allende, López-Gálvez y Selma, 2009, p. 41). Se usa en concentraciones que oscilan entre 50 y 200 ppm, con un tiempo de inmersión máximo de 5 min (Chaidez, Castro del Campo, Basilio, Contreras, González y Ayala, 2012, p. 122).

Actualmente, se estudian desinfectantes alternativos al cloro debido a la producción de trihalometanos y cloramidas. Estos compuestos, son considerados cancerígenos ya que se forman mediante la reacción del cloro con compuestos orgánicos (Artés-Hernández et al., 2009, p. 53). A pesar de este problema, se utiliza en agua de enjuague, debido a que ayuda a disminuir la carga microbiana en valores desde 10 UFC/g hasta 10^3 UFC/g. La efectividad depende de la concentración de cloro, método de inoculación, tiempo de contacto y el tipo de bacteria (Ramos et al., 2013, p. 6).

El uso de cloro en zanahoria mínimamente procesada y en la superficie de vegetales puede reducir entre 1 y 2 unidades logarítmicas en *Listeria monocytogenes* y *E. coli* O157:H7, respectivamente (González et al., 2005, p. 265). Alegria et al. (2009) utilizaron 200 ppm de NaClO a 5 °C durante 1 min en zanahoria rallada, posteriormente se aplicó un enjuague con agua a 0 °C por 2 min (p. 62). El uso de cloro ayudó a prolongar el tiempo de vida útil. Sin embargo,

el uso de agua clorada implicó un enjuague posterior a la inmersión, para eliminar el exceso y no influir en la calidad sensorial (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 295).

1.3.2.2 Dióxido de cloro

El dióxido de cloro (ClO_2) es un compuesto utilizado en forma gaseosa y líquida. El ClO_2 en estado líquido ha presentado buenos resultados en la reducción de células vegetativas y esporas de microorganismos patógenos en manzanas, lechuga, fresa y melón, pero la reducción microbiana en pepinos fue casi nula (González et al., 2005, pp. 270, 271).

A la forma gaseosa del ClO_2 se atribuye una mayor aplicación, por la gran capacidad de penetración en la superficie del producto. Varias investigaciones han mostrado la eficacia en la reducción de la contaminación por patógenos como *E. coli* y *Listeria monocytogenes* en baby zanahoria y lechuga mínimamente procesada. Ciertos parámetros intervienen en la efectividad del tratamiento con este gas, como concentración, tiempo de exposición, humedad relativa y temperatura (Barry-Ryan y Martin-Diana, 2007, p. 377; Ramos et al., 2013, p. 6).

A diferencia de otros compuestos clorados, no se conoce la generación de productos trihalometanos en la reacción del dióxido de cloro. Incluso, posee una mayor capacidad antioxidante y es utilizado en menores concentraciones (Yahia et al., 2004, p.109).

1.3.2.3 Clorito de sodio acidificado

El clorito de sodio acidificado (CSA) es un compuesto antimicrobiano formado por la acidificación del clorito de sodio con ácido cítrico u otro ácido GRAS (Generally Recognized As Safe) hasta alcanzar un rango de pH entre 2,5 y 3,2 (Gómez, 2012, p. 278).

El CSA puede ser usado como agente microbiano en el procesamiento de carne de res, ave, mariscos y en el agua del procesamiento de frutas y vegetales mediante inmersión o aspersión en concentraciones de 500 hasta 1200 ppm (FDA, 2011). La acidificación del clorito de sodio genera, como principal compuesto, ácido cloroso (1) seguido por el dióxido de cloro y clorato.



Se presume que el mecanismo de acción del CSA, se debe al ácido sin carga, éste ingresa en la célula y reacciona con los aminoácidos y nucleótidos, así, altera el transporte a través de la membrana celular (Gómez, 2012, p. 278; USDA, 2008b, p. 2).

Ruiz-Cruz, Acedo, Díaz, Islas y González Aguilar (2006) utilizaron 100, 250 y 500 µL/L de CSA en zanahoria rallada. Durante 18 días de almacenamiento a 5 °C, se conservó microbiológica y sensorialmente el producto. Además, se determinó que la materia orgánica presente en el agua de lavado no influyó en la efectividad del CSA (pp. 300-305). En otra investigación, el uso de 100, 250 y 500 µL/L de CSA en zanahoria rallada, permitió reducir la carga microbiana en 10 UFC/g de aerobios totales y coliformes en el día 0, en comparación con el control. Sin embargo, el efecto no fue el mismo con mohos y levaduras. Así, el CSA es una opción económica para el uso en zanahoria mínimamente procesada, debido a que permite alargar el tiempo de vida útil del vegetal y los residuos químicos son mínimos (Ruiz-Cruz, Luo, Gonzalez, Tao, y González, 2006, p. 1892).

1.3.2.4 Otros métodos químicos

En la Tabla 1.5 se resumen otros métodos químicos usados en productos de IV gama.

Tabla 1.5. Métodos químicos para extender la vida útil de productos de IV gama

Compuesto	Ventajas	Desventajas
Bromo	Conjuntamente con cloro aumenta la capacidad antimicrobiana	Escaso uso en vegetales mínimamente procesados Reducida información
Yodo	Amplio espectro microbiano No tóxico No irritante	En productos hortofrutícolas puede reaccionar con el almidón y colorearlo en azul-púrpura Uso limitado
Fosfato trisódico o fosfato de sodio tribásico (TSP)	Aprobado por FDA para el uso en carcasas de pollo Reducción microbiana en frutas y vegetales	En concentraciones > 10 % afecta las características organolépticas del vegetal
De amonio cuaternario (quats)	Penetra en las superficies de contacto de los alimentos con mayor facilidad que otros desinfectantes	No aprobado para el uso en contacto directo con frutas y hortalizas
Ácidos orgánicos	Fuerte agente antimicrobiano debido a la reducción del pH, interrupción en el transporte y permeabilidad de la membrana celular	Variaciones en características sensoriales, por concentración de ácido y tiempo de exposición
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	Fuerte capacidad oxidante Acción bactericida y bacteriostática	Concentraciones de 4-5 % afectan la calidad de los productos
Ácido peroxiacético	Potente agente microbiano Efectivo en la inactivación de microorganismos patógenos	Menos efectivo que el trifosfato sódico clorado, dióxido de cloro y ozono
Soluciones basadas en calcio	Reducción de la velocidad de respiración Reducción de pérdida de agua y firmeza	Efectos negativos en la membrana de frutas
Ozono	No hay formación de compuestos clorados Efectivo contra bacterias, hongos, virus y amebas	Alta inversión inicial Efectividad depende de la concentración, temperatura y solubilidad
Agua electrolizada	Inactivación de <i>E. coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> spp. y <i>Bacillus cereus</i>	Reacción NaCl con materia orgánica y posible generación de compuestos cancerígenos

(González et al., 2005, pp. 267- 277; Ramos et al., 2013, pp. 6,7; Yahia et al., 2004, p. 110)

Algunos métodos químicos aún no han sido aplicados en zanahoria, como: bromo y yodo, fosfato trisódico, compuestos de amonio cuaternario, peróxido de hidrógeno y agua electrolizada. Los métodos que han sido aplicados en zanahoria de IV gama se indican en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6. Métodos químicos aplicados en zanahoria de IV gama

Compuesto	Efecto
Ácidos orgánicos: cítrico 0,5 % 1,0 % 1,5 %	No presentó variación en la inactivación de <i>E. coli</i>
Ácido peroxiacético 40 µL/L 80 µL/L	Reducción de aerobios 0,58 log UFC/g 0,63 log UFC /g
Soluciones basadas en calcio: CaCl ₂	Conservación de firmeza Reducción microbiana
Ozono 1 ppm O ₃ 5 °C durante 5 min	Reducción microbiana < 1 log UFC /g Conservación de firmeza, color y aroma

(Alegria et al., 2009, pp. 67, 68; Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas, 2013, p. 84, Cruz et al., 2006, p. 304; Yahia et al., 2004, p. 109)

1.3.3. MÉTODOS BIOLÓGICOS

El control de patógenos y microorganismos que causan deterioro se realiza con microorganismos no patógenos que compiten por un nicho biológico en la superficie de la fruta u hortaliza fresca. Los microorganismos benéficos se encargan de producir sustancias antimicrobianas que atacan a la población de patógenos y perjudica su sobrevivencia. El método biológico es considerado como una alternativa al uso de tratamientos químicos. En una investigación, se inocularon bacterias ácido-lácticas en ensalada de vegetales frescos, éstas inhibieron el crecimiento de *Aeromonas hydrophila*, *L. monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus*, una respuesta similar se

obtuvo en lechuga, al inhibir *L. monocytogenes* con microorganismos aislados de la hortaliza (González et al., 2005, p. 278).

1.3.4. MÉTODOS COMBINADOS

La combinación de tratamientos químicos y físicos permite aumentar la eficacia en la reducción de la carga microbiana en productos de IV gama, por la acción sinérgica de los tratamientos. Con el uso de métodos químicos, se alcanza un descenso que oscila entre 2 y 3 unidades logarítmicas de microorganismos patógenos (González et al., 2005, p. 278). En productos mínimamente procesados, se utiliza simultáneamente la refrigeración y el empaque en atmósfera modificada, para retrasar el crecimiento bacteriano. En un estudio con lechuga mínimamente procesada, al utilizar agua clorada e irradiación redujo 5,4 log UFC/g; mientras que al usar únicamente cloro, la reducción fue alrededor de 1 log UFC/g. Industrialmente, se debe determinar si la inversión justifica la reducción de microorganismos para la implementación del método (Goodburn y Wallace, 2013, p. 422).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALES

2.1.1. MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para la caracterización física, química, sensorial y posterior procesamiento fue zanahoria amarilla (*Daucus carota* L.) procedente del cantón Machachi y adquirida en el mercado Mayorista de la ciudad de Quito. Se seleccionó a la materia prima que presentó similares características de tamaño, ausencia de defectos visuales y estado de madurez uniforme.

Las hortalizas fueron transportadas a tempranas horas de la mañana, a temperatura ambiente (aproximadamente 10 °C) durante 30 min hasta la planta piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional para inmediatamente empezar el procesamiento.

2.1.2. PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE ZANAHORIA DE IV GAMA

El procesamiento de zanahoria rallada de IV gama se realizó en una cámara de refrigeración a 5 ± 1 °C. Se tomaron todas las medidas necesarias para evitar la contaminación del producto debido al personal, superficies de contacto, equipos y utensilios. Los equipos y utensilios que fueron utilizados en la preparación de las bolsas con zanahoria rallada fueron desinfectados en agua clorada. Se trabajó en forma higiénica, se utilizó mandil blanco, cofia, mascarilla y guantes.

Las operaciones para obtener la zanahoria rallada se describen en la Figura 2.1. Una vez llegada la materia prima a la planta piloto del DECAB, las zanahorias fueron seleccionadas, se eliminaron todos aquellos vegetales con deformaciones, rajaduras y magulladuras. Se lavaron cuidadosamente con agua potable para eliminar residuos de tierra y material extraño.

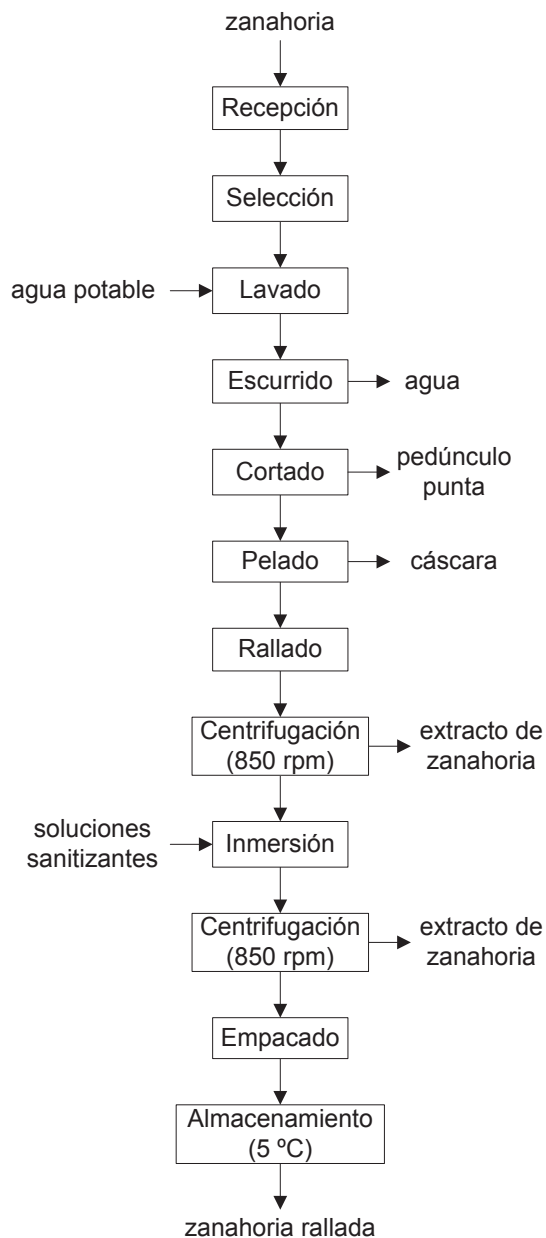


Figura 2.1. Diagrama del procesamiento de zanahoria rallada

Luego, las zanahorias se colocaron en bandejas para eliminar el exceso de agua. Se eliminó el pedúnculo y la punta de la zanahoria, con un cuchillo previamente desinfectado, se peló y se ralló la zanahoria en un procesador de alimentos (SKYM-SEN, PAIE, Brasil) provisto con un disco deshilachador cuadrado de 2,5 mm corte tipo Juliene. Inmediatamente, se realizó una centrifugación (Electrolux, ELAV-8450, Chile) a 850 rpm durante 2 min para eliminar el exceso de agua y extracto residual del vegetal. La zanahoria rallada se sumergió en las

soluciones sanitizantes (acápites 2.4 y 2.5) durante el tiempo establecido en la experimentación (acápites 2.4). El volumen de las soluciones sanitizantes preparadas fue de 3 L/kg de materia prima. Se realizó una centrifugación a 850 rpm durante 2 min para eliminar el exceso de sanitizante en el producto. Aproximadamente 250 g de zanahoria rallada se empacaron en bolsas de polipropileno de 24,6 cm de largo y 18 cm de ancho y en bolsas de coextruido de nylon y polietileno de 26 cm de largo y 20 cm de ancho según la experimentación. El almacenamiento de la zanahoria de IV gama se realizó hasta 12 días a 5 ± 1 °C y 90 % de humedad relativa. La evaluación de la calidad se efectuó a los 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento.

2.2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA ARTESANAL ELABORADORA DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS DE IV GAMA EN QUITO, CUENCA Y RIOBAMBA

La recolección de la información se realizó entre junio y octubre del 2013. Se realizó un listado de las empresas dedicadas a la producción y procesamiento de frutas y hortalizas, a partir de la información proporcionada por la Cámara de la Pequeña Industria de Pichincha (CAPEIPI), Cámara de la Pequeña Industria del Azuay (CAPIA), Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos y Bebidas (ANFAB) y mediante visitas a las principales cadenas de supermercados de Quito, Cuenca y Riobamba.

Se escogieron a las empresas que se dedicaban a la elaboración de hortalizas de IV gama. En el Anexo I se presenta la encuesta diseñada para la recolección de la información, en la que se trataron aspectos relacionados con la categorización de la empresa, comunicación cliente-empresa, productos elaborados, materia prima, control microbiológico, condiciones de procesamiento, tipo de empaque, tiempo de vida útil, transporte, uso de los residuos y aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

En ciertos casos, se aplicó la encuesta y se entrevistó al propietario de la empresa o la persona encargada de la producción, donde se abordaron temas relacionados con los problemas en la elaboración de estos productos, capacitación y la necesidad de asistencia técnica.

La información obtenida se procesó en una Matriz de Evaluación de Factores Internos (EFI), donde fueron evaluadas las fortalezas y debilidades de la empresa para establecer el posicionamiento interno de la organización. Los pasos para realizar la EFI fueron (Fred, 2008, pp. 157,158):

1. Se clasificaron las respuestas de las encuestas en fortalezas y debilidades, se asignó a cada factor una ponderación entre 0, si no fue importante para la industria (irrelevante) y 1 si fue relevante.
2. Luego, se clasificó entre 1 y 2, si representaba una debilidad mayor o menor, respectivamente, y entre 3 y 4 si representaba una fuerza menor y mayor, respectivamente.
3. Para determinar la puntuación ponderada se multiplicó la ponderación de cada factor por su calificación, la suma de las calificaciones de cada punto determinaron el total ponderado.

Si la calificación fue mayor que 2,5 la organización presentó una fuerte posición interna (Fred, 2008, pp. 157,158).

2.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

2.3.1. ANÁLISIS FÍSICOS

2.3.1.1 Peso

Se tomó el peso de 50 unidades de zanahoria sin hojas, al pesar en una balanza electrónica (BOECO, modelo BBA-51, Alemania, 4 100 g, 0,01).

2.3.1.2 Longitud

Se determinó la longitud de 50 unidades de zanahoria con un calibrador (Mc CORMICK, Washington, USA, 6 plg, 0,5 plg), la medida se tomó desde la punta hasta el pedúnculo de la hortaliza, es decir, del eje longitudinal.

2.3.1.3 Diámetro

Se determinó el diámetro ecuatorial (sección central del vegetal) de 50 unidades de zanahoria con un calibrador para frutos (CRANSTON, Orego, USA, 100 mm, 0,25 mm).

2.3.1.4 Índice de blancura

Se rallaron 50 unidades de zanahoria para medir los parámetros de L^* , a^* y b^* con un colorímetro (MINOLTA, CR-200, Japón). Las determinaciones se realizaron por duplicado. El índice de blancura (WI) se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{\frac{1}{2}} \quad [2.1]$$

2.3.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

Para la realización de los análisis químicos, se extrajo el jugo de tres zanahorias escogidas al azar, se lavaron, pelaron, cortaron, licuaron y se filtró con una bolsa de tela tipo malla. Se prepararon cinco repeticiones de cada tratamiento.

2.3.2.1 Determinación de sólidos solubles (SST)

Para determinar la cantidad de SST (°Brix) se colocaron dos gotas del extracto del jugo de zanahoria en un refractómetro manual (Westover, RHB-32, Washington, USA, 32 °Brix, 0,2 °Brix).

2.3.2.2 Determinación de pH

Para la valoración del pH, se sumergió el electrodo del pHmetro electrónico (ACCUMET, AB150, USA, 14, 0,01) en 50 mL de jugo de zanahoria, según el método AOAC 981,12 (AOAC, 2005).

2.3.2.3 Determinación de la acidez titulable

Se utilizó 5 mL de jugo de zanahoria y se diluyó en 50 mL de agua destilada. Se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N factor 0,9775 hasta llegar a un pH final de 8,2. La acidez titulable se reportó como porcentaje de ácido málico con un factor $f_a = 0,067$, según la norma AOAC 942,15 (AOAC, 2005). Se calculó la acidez titulable con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{100 * f_a * V * N * f}{V_o} \quad [2.2]$$

Dónde:

A: acidez del producto en porcentaje en masa

f_a : factor del ácido málico

V: volumen de NaOH usado (mL)

f: factor de corrección de NaOH

V_o : volumen de la muestra de jugo (mL)

2.3.3. INSPECCIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

La evaluación de la calidad visual se realizó mediante una escala de calificación de 1 a 5, donde se consideró: firmeza, presencia de hongos y daño físico. Cada determinación se realizó en 50 unidades de zanahoria. La escala utilizada fue la expuesta en la Tabla 2.1. La escala gráfica se encuentra en los anexos II, III y IV para firmeza, daño físico y presencia de hongos, respectivamente.

Tabla 2.1. Escala de evaluación de calidad visual utilizada en zanahoria entera

Escala	Calidad visual		
	Firmeza	Daño físico	Presencia de hongos (%)
1	Muy suave	Extremo	90-100
2	Suave	Severo	60-90
3	Ligeramente firme	Moderado	30-60
4	Firme	Discreto	10-30
5	Muy firme	Ninguno	0-10

2.4. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE UNA SOLUCIÓN DE CLORITO DE SODIO ACIDIFICADO (CSA) Y DE DOS TIEMPOS DE INMERSIÓN EN LA CALIDAD VISUAL DE ZANAHORIA DE IV GAMA

Se prepararon las bolsas de zanahoria de IV gama como se describió en el procedimiento del acápite 2.1.2. Se utilizó un diseño factorial 3×2, donde las variables del proceso fueron: concentración de clorito de sodio acidificado (CSA) y tiempo de inmersión. La solución de CSA se preparó con clorito de sodio al 10 % y se acidificó con ácido cítrico al 50 % hasta que el valor del pH osciló entre 2,5-3,2 (Gil, Allende y Selma, 2011, p. 218), según indicaciones del proveedor. Luego de la inmersión y centrifugación, la zanahoria rallada se empacó en bolsas de polipropileno, se evitó la acumulación de aire dentro de la bolsa y éstas fueron

selladas con una selladora (Audion Electro, modelo Pronto A). La codificación utilizada en esta experimentación se indica en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Codificación de tratamientos en zanahoria mínimamente procesada

Tiempo de inmersión (min)	Concentración de CSA (ppm)		
	100	250	500
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2

2.4.1. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DEL EMPAQUE

Para medir la concentración de CO₂ en el interior del empaque se tomaron tres muestras de gas por cada tratamiento, con una jeringuilla de 1 mL. Se utilizó el analizador rápido de O₂-CO₂ provisto de un detector infrarrojo (Postharvest Research, CG-100, Davis), las características de uso se adjuntan en el Anexo V. Las muestras fueron tomadas los días 4, 8 y 12 de almacenamiento. Para evitar la fuga del gas en el momento de la toma de la muestra se reforzó el empaque con cinta adhesiva.

2.4.2. ÍNDICE DE BLANCURA

El índice de blancura (WI) se midió con los parámetros indicados en el acápite 2.3.1.4, se utilizó la fórmula 2.1. En cada unidad experimental de zanahoria rallada se tomaron dos mediciones, una a cada lado de la bolsa.

2.4.3. EVALUACIÓN VISUAL DEL ÍNDICE DE MARCHITEZ

La evaluación visual se realizó con una escala de calificación de 5 puntos. Donde 1 es extremo, 2 severo, 3 moderado, 4 leve y 5 ninguno. La evaluación se realizó 6 unidades experimentales por cada salida.

Las fotografías de la escala y el detalle de las características del índice de marchitez utilizado se encuentran en el Anexo VI.

2.4.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron análisis microbiológicos de contaje total de aerobios, hongos y levaduras y coliformes totales. Se utilizó el método de recuento en placa mediante siembra en petrifilm de la materia prima (zanahoria sin tratamiento) y los tratamientos de zanahoria de IV gama al día 8. El método utilizado para *E. coli*/coliformes fue AOAC 991,14 para aerobios totales AOAC 990,12 y para hongos y levaduras AOAC 997,02.

2.5. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS SANITIZANTES EN LA CALIDAD DE ZANAHORIA DE IV GAMA EMPACADA CON DOS TIPOS DE EMPAQUES Y ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN

Se prepararon las bolsas de zanahoria de IV gama como se describió en el procedimiento del acápite 2.1.2. Se escogió la concentración de CSA y el tiempo de inmersión que presentó mejores características de calidad del ensayo anterior. Se utilizó un diseño factorial 3×2, donde las variables del proceso fueron: compuesto sanitizante y tipo de empaque. Además de la solución de CSA, se utilizó una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio (NaClO), con la cual se realizó una inmersión y luego se sumergió en agua a 0 °C durante 2 min (Alegria et al., 2010, p. 157), posteriormente se centrifugó y se empacó. Como tratamiento control se utilizó agua destilada como solución de inmersión. Los empaques utilizados fueron bolsas de polipropileno y bolsas coextruidas de nylon y polietileno para vacío. Se utilizaron 18 unidades por tratamiento. La nomenclatura utilizada en las muestras se indica en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Identificación de los tratamientos utilizados en zanahoria de IV gama

Empaque	Sanitizante		
	CSA	NaClO	Agua destilada
Polipropileno	DP	EP	FP
Nylon-polietileno	DN	EN	FN

2.5.1. ANÁLISIS FÍSICOS

Los análisis físicos realizados en esta experimentación fueron: índice de blancura, como se detalló en el acápite 2.3.1.4. y pérdida de peso.

2.5.1.1 Pérdida de peso

Se evaluó la pérdida de peso en las bolsas de zanahoria mínimamente procesada. Se tomó el peso el día del procesamiento y cada día de evaluación de la calidad. Se utilizó una balanza electrónica (BOECO, modelo BBA-51, Alemania, 4 100 g, 0,01).

2.5.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos realizados fueron: SST, pH y acidez titulable, descritos en el acápite 2.3.2.

2.5.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron análisis microbiológicos de contaje total de aerobios, hongos y levaduras, y coliformes totales mediante siembra en petrifilm de la materia prima (zanahoria sin tratamiento) y los tratamientos de zanahoria de IV gama en los días

4, 8 y 12 luego del procesamiento. Los métodos utilizados se describieron en el acápite 2.4.4.

2.5.4. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó con la ayuda de 12 panelistas semientrenados. El horario de ejecución del análisis fue entre las 10 y 11 de la mañana, cada panelista recibió aproximadamente 25 g de muestra de zanahoria mínimamente procesada. Se utilizó una prueba descriptiva de calificación con escalas no estructuradas (Anzaldúa, 1994, p. 93). Los atributos evaluados fueron: apariencia, sabor, acidez, dulzor y sabores extraños. El formato del análisis se presenta en el Anexo VII.

2.5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa STATGRAPHICS Centurion XV mediante un análisis de varianza multifactorial (Multifactor ANOVA) con un límite de confiabilidad de 95 %.

2.6. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA

La estimación del costo de la implementación se realizó en función de los costos de materia prima, insumos, equipos, mano de obra, servicios, etc., relacionados con la aplicación de los tratamientos poscosecha.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA ARTESANAL ELABORADORA DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS DE IV GAMA EN QUITO, CUENCA Y RIOBAMBA

A partir de la información obtenida de las cámaras de la producción, asociaciones y principales supermercados, ya mencionados en la metodología, se encontró que 64 empresas se dedicaban al manejo y procesamiento de productos hortofrutícolas, de las cuales 24 empresas se dedicaban a la producción de alimentos de IV gama.

De las 24 empresas que se dedicaban a la producción de hortalizas y frutas de IV gama, 10 de éstas respondieron la encuesta, estas empresas se encontraron en la ciudad de Quito y en Riobamba. Se observó que los productos mínimamente procesados que se vendían en la ciudad de Cuenca, en su mayoría, fueron enviados desde la ciudad de Quito.

Se clasificó a las empresas encuestadas en categorías según el número de trabajadores (Barrera, 2001, p. 1), los resultados fueron los siguientes: el 50 % de las empresas encuestadas fueron categorizadas como microempresas, el 20 % como artesanal, el 20 % como pequeña industria y el 10 % como mediana empresa. Desafortunadamente, las grandes y algunas medianas empresas no tuvieron la disposición para brindar información.

3.1.1. PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS DE IV GAMA

En el Ecuador, el procesamiento de frutas y vegetales frescos cortados se ha desarrollado rápidamente debido al aumento de la demanda de estos productos, listos para consumir. Estos productos se encontraron principalmente en los supermercados y fueron destinados a los estratos sociales medios y altos de la

población, especialmente aquellos que se encontraron en la zona urbana. Esta tendencia, probablemente se evidenció, debido al mayor costo que tenían los productos mínimamente procesados en comparación con los productos enteros. Así, por ejemplo, el precio de 1 kg de zanahoria amarilla fue de 0,36 USD (SINAGAP, 13/Agosto 2014) mientras que los 250 g de zanahoria rallada tenían un precio de alrededor de 0,70 USD, el incremento en su valor fue del 94 %. En los mercados populares de la ciudad de Quito, la presencia de productos de IV gama fue reducida. Debido, posiblemente a la falta de condiciones adecuadas para su conservación, como cámaras de refrigeración en estos lugares, por lo que no se garantiza la vida útil estimada de estos productos.

El desarrollo de los alimentos de IV gama, en algunos casos, fue en forma empírica, ya que se observó la necesidad de atender al consumidor con este tipo de productos. La investigación sobre materia prima, grados de madurez, aplicación de tratamientos poscosecha para extender la vida útil de hortalizas de IV gama aún es escasa.

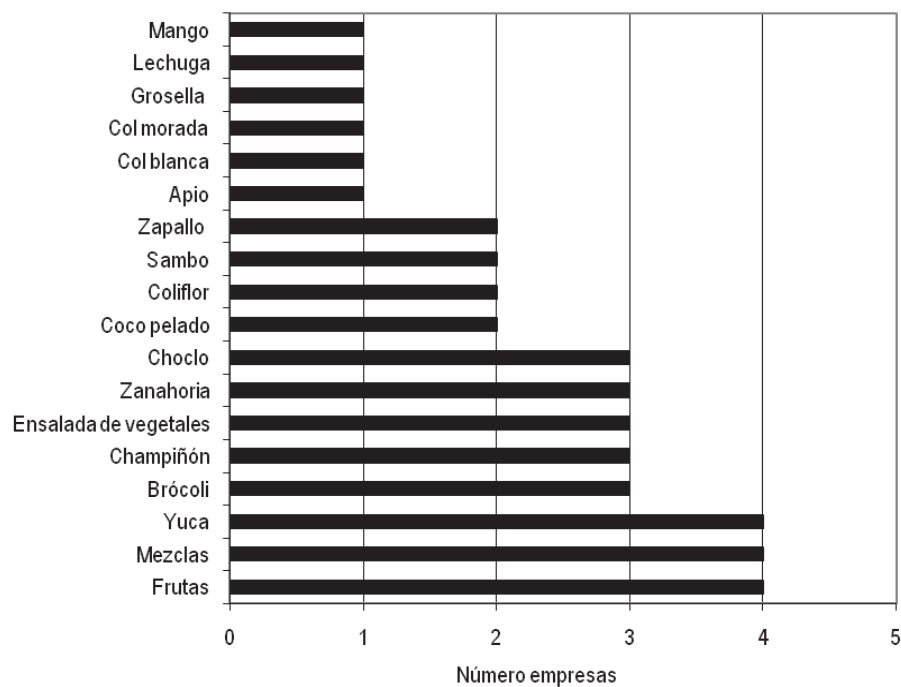


Figura 3.1. Productos mínimamente procesados que elaboraban las empresas encuestadas

En la Figura 3.1, se muestran los principales productos mínimamente procesados que se distribuían en el país. Según los productores, los artículos con mayor demanda fueron las mezclas de vegetales para chopsuey y sopas, como los presentados en la Tabla 3.1. Entre las frutas de IV gama que fueron comercializados en el mercado estuvieron: piña, manzana, mango, coco, grosellas y ensalada de frutas.

Tabla 3.1. Mezclas de verduras destinadas para la preparación de sopas

Sopa	Componente
Sancocho	Choclo
	Plátano verde
	Yuca
	Apio
Locro de acelga	Habas
	Choclo
	Zanahoria
	Fréjol
	Acelga
De zapallo	Zapallo
	Choclo
	Habas
Caldo de gallina	Choclo
	Zanahoria
	Papanabo
	Arveja
Chopsuey	Apio
	Cebolla
	Brócoli
	Zanahoria
	Pimiento

De los resultados de la encuesta se encontró que el 20 % de las empresas cuentan con cultivos propios, lo cual representa una ventaja ya que tuvieron control sobre el tipo de cultivar, labores culturales, riego, procesos de fertilización,

uso de productos químicos, grados de madurez y puntos óptimos de cosecha. La mayor parte de las empresas (80 %) no tuvieron un proveedor fijo de materia prima, lo que dificulta cumplir con las características de calidad e inocuidad necesarias para la elaboración de estos productos.

La recolección de los frutos destinados a productos de IV gama debe realizarse en un adecuado estado de madurez, así son menos susceptibles a los daños fisiológicos poscosecha ya que cuentan con la firmeza y características físicas y químicas adecuadas. Los frutos inmaduros no poseen las características sensoriales adecuadas. Los frutos sobremaduros tienen una firmeza muy suave, su vida en estante es corta y pueden producir aromas y sabores extraños (González y Lobo, 2005, p. 97; Simson y Straus, 2010, p. 112).

La calidad de la materia prima es un factor que influye directamente en las características del producto final, por lo que debe ser recolectada en óptimas condiciones higiénicas (Martín-Belloso y Rojas Graü, 2005, p. 79). La manipulación de la materia prima se debe realizar con extremo cuidado, para evitar daños físicos como golpes y magulladuras causados por un indebido manejo en la recolección, manipulación y transporte. Los daños mecánicos producen un incremento de la tasa de respiración, pérdida de peso, aceleran el ataque de microorganismos y reducen el tiempo de vida útil de estos productos (González y Lobo, 2005, p. 97; Simson y Straus 2010, p. 112).

La materia prima destinada para la elaboración de productos de IV gama debe ser procesada lo más rápidamente posible, debe tener la firmeza adecuada para soportar el daño mecánico producido en las posteriores operaciones unitarias y así reducir el porcentaje de desechos (Artés-Hernández y Artés-Calero. 2005, p. 543). Los productores fueron conscientes del corto tiempo que debe transcurrir entre la cosecha y el procesamiento de los productos de IV gama. Los sitios de cultivo fueron encontrados, en muchos casos, lejos de las áreas de producción. Si el tiempo de transporte es superior a 6 horas, la temperatura de la materia prima no debe superar los 10 °C (AFHORLA, 2010, p.10).

En la literatura, se recomienda un proceso de pre-enfriamiento (1 - 2 °C) de la materia prima antes de ser procesada, o el almacenamiento en una cámara de refrigeración según las exigencias de temperatura, humedad relativa y sensibilidad del producto al etileno (Martín-Belloso y Rojas Graü, 2005, p.80).

El 40 % de las empresas encuestadas no presentaron la necesidad de almacenar la materia prima, puesto que una vez que llegaba a la empresa, esta procesaba inmediatamente. El 30 % utilizaban cámaras de refrigeración para mantener la materia prima antes del procesamiento y el 10% de los encuestados la mantenían a temperatura ambiente, en Quito el promedio es 14 °C (INAMHI, 2014). El resto de empresas encuestadas (20 %) alternaron el uso de temperatura ambiental y de refrigeración.

En todos los casos, la materia prima fue transportada hacia los lugares de procesamiento, en camiones cubiertos para disminuir los efectos del sol. Sin embargo, este control fue insuficiente, ya que el aumento de la temperatura produce un aumento de la tasa de respiración y pérdida de agua de la materia prima, lo cual disminuye el tiempo de vida útil. En condiciones desfavorables, el fruto puede llegar a perder entre 3 y 5 % de agua (Mitcham y Mitchell, 2011, p. 380).

La materia prima transportada desde el campo hasta la planta de producción, contiene contaminación por polvo, hojas, suciedad, y contaminación microbiana. La totalidad de los productores utilizaron únicamente agua durante el proceso de lavado. El uso de cloro para la desinfección, en muchos casos, fue descartado, debido al temor por la presencia de residuos en el producto final. En la industria de procesamiento de vegetales y frutas de IV gama el uso de cloro como desinfectante es común por su efectividad, bajo costo y facilidad de uso. Se recomiendan concentraciones de 50 - 150 µL/L y pH de 6,5 - 7,5 durante 3-5 min. Se debe realizar un enjuague posterior a la inmersión ya que puede reaccionar con la materia orgánica y formar cloroformo y trihalometanos, estos compuestos son tóxicos y cancerígenos para el ser humano (González et al., 2005, p. 265). Aún se continúa buscando una alternativa diferente al cloro para reducir la carga

microbiológica y evitar los efectos negativos debido al uso inadecuado (Gil, Allende, et al., 2009, pp. 40-42).

Todas las empresas encuestadas, utilizaron la temperatura ambiental para la elaboración de los productos de IV gama. El desconocimiento de las ventajas que el procesamiento a temperaturas de refrigeración brinda a los productos cortados y la falta de recursos económicos en las microempresas, no hizo posible la implementación de áreas refrigeradas para el procesamiento. Muchos microempresarios y productores artesanales tenían pocos años en el mercado y buscan obtener los recursos necesarios para incrementar la producción con el uso de equipos y utensilios adecuados para el procesamiento de los alimentos. Las frutas y vegetales procesados y almacenados en temperaturas de refrigeración presentan varias ventajas como la disminución de la velocidad de crecimiento de los microorganismos, inactivación de enzimas catalizadoras de reacciones de deterioro y el retraso de la senescencia de los productos (Parzanese, 2010, p. 6). El control de este parámetro es necesario para minimizar las elevadas tasas de respiración y actividad metabólica en este tipo de productos (Cantwell y Suslow, 2007, p. 447).

Existen técnicas para extender el tiempo de vida útil del alimento mínimamente procesado. Los tratamientos físicos y químicos permiten estabilizar el producto y disminuir los efectos no deseados. Entre los tratamientos físicos y químicos se encuentran: aplicación de calor, uso de radiaciones ionizantes, aplicación de UV-C, uso de atmósferas modificadas, uso de sustancias antioxidantes, correctores de acidez, secuestrantes, entre otros (González y Lobo, 2005, p. 103). De todas las empresas encuestadas, el 30 % utilizaba un tratamiento de inmersión durante el procesamiento de la materia prima. Una empresa artesanal, aplicaba un tratamiento químico con inmersión en una mezcla de ácido ascórbico y/o cítrico en yuca cortada. Estas sustancias actúan como antioxidantes, correctores de acidez y evitan el pardeamiento (González y Lobo, 2005, p. 104). El 70 % de las empresas encuestadas no aplicaba ningún tratamiento durante el procesamiento, para alargar la vida útil del producto final.

Durante las visitas a los supermercados y a las empresas, se evidenció un problema de fermentación en la zanahoria rallada, lo cual impide la comercialización de este producto. Si el producto no fue vendido durante el tiempo de vida útil estimado, el supermercado lo devuelve al proveedor.

El 40 % de las empresas encuestadas realizó control microbiológico en la materia prima, mientras que el 50 % lo realizó en el producto final. Algunos supermercados exigían el análisis microbiológico de los productos cortados.

De los productos de IV gama comercializados en Ecuador, las hortalizas mínimamente procesadas tenían varias presentaciones en el rango de 250 - 800 g y de 2 - 5 kg, según el producto. La primera se destinó para familias con pocos miembros o para personas solas y la segunda para la distribución en el mercado HORECA. Todas las empresas encuestadas distribuían sus productos a los supermercados. Además, el 30 % de los encuestados también vendían a servicios de catering, el 20 % a restaurantes y el 10 % a hoteles. La demanda por parte del mercado informal fue escasa, ya que los mismos vendedores de los vegetales fueron los encargados de procesar momentos antes de venderlos. En tales condiciones de procesamiento, no fue posible garantizar un producto inocuo que cumpla con un determinado tiempo de vida útil.

El 50 % de las empresas encuestadas utilizaban bandejas de poliestireno para los productos cortados, y para cubrirlos usaron, en el 40 % de los casos un film de polietileno de baja densidad, y en el 10 % un film de PVC. En una microempresa se determinó la necesidad de innovar el empaque, por lo que cambiaron el uso de bandejas y la cubierta de lámina plástica por bolsas de polietileno. Este cambio, se realizó debido a las pruebas artesanales llevadas a cabo por los mismos microempresarios, donde se determinó un mayor tiempo de vida en estante con la segunda opción. El 40 % utilizaba como empaque, bolsas de polietileno, este polímero se caracteriza por ser una buena barrera contra la humedad y parcial para el oxígeno, las bandejas de poliestireno expandido presentan una buena barrera para el vapor de agua y mala para los gases (Catalá, Lagarón y Gavara,

2005, p. 441). El 10 % restante utilizaron varios empaques, PET cristalinos, bolsas de poliestireno y polipropileno, según el producto.

Con respecto al diseño del empaque, el 50 % de las empresas encuestadas tuvieron asesoría técnica para el diseño del mismo de acuerdo a las características del producto, el 30 % de las empresas encuestadas escogieron el empaque al realizar pruebas a la temperatura recomendada y el 20 % utilizaba el empaque por recomendación de los vendedores de casas comerciales. Sin embargo, en los dos últimos casos, no se establecieron las variaciones de las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del producto final, propiedades necesarias para asegurar un producto que cumpla con características de calidad. El tiempo de vida útil de los productos de las empresas encuestadas fluctuó entre 5 y 15 días.

El uso de temperaturas bajas disminuye la velocidad del crecimiento microbiano y reduce los cambios fisiológicos que resultan en procesos bioquímicos que influyen en la calidad del producto, por lo que mantener las condiciones de frío durante la distribución hasta el consumo de los productos de IV gama es imprescindible (González y Lobo, 2005, p. 110). El 30 % de las empresas encuestadas utilizaban un sistema de refrigeración durante el transporte de los productos, mientras que la mayoría (50 %) lo realizó a temperatura ambiente. El 20 % restante utilizaba hielo, o distribuían sus productos a tempranas horas de la mañana (antes de las 6 am).

En el país, el reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para alimentos procesados, Decreto Ejecutivo 3253, está vigente desde el año 2002. En la normativa se describen las actividades y reglas que deben cumplir las empresas que se dedican a la producción y distribución de productos alimenticios. Se detallan artículos que abarcan desde las instalaciones, servicios de planta, equipos y utensilios, requisitos higiénicos de fabricación para el personal manipulador, materia prima e insumos, operaciones de producción, envasado, almacenamiento, distribución, transporte, comercialización, aseguramiento y control de la calidad.

La limpieza de los equipos y utensilios en las empresas encuestadas se efectuaba según el momento en el que procesaron los alimentos, el 90 % procesaba diariamente, por lo tanto la limpieza lo realizan al final de cada jornada. El 10 % procesaba semanalmente, así, la limpieza la realizaban en ese lapso de tiempo.

El cumplimiento del artículo 11, donde se indica la capacitación de los trabajadores se cumplió en su totalidad. Según los productores, la capacitación del personal encargado de la manipulación de los alimentos se realizaba frecuentemente, depende de la empresa, otros lo realizaban de manera mensual, trimestral o semestral.

Todas las empresas encuestadas proporcionaban la vestimenta y accesorios necesarios para la manipulación de alimentos, tales como uniforme/mandil limpio, cofia, guantes, tal como lo exige el artículo 13.

En el artículo 62, del reglamento de BPM, se estipula el uso necesario de manuales, tanto de equipos como para procedimientos. Sin embargo, 60 % de los encuestados no implementaban este aspecto.

El 30 % de las empresas encuestadas cumplían con la certificación de BPM, el 50 % estuvo en proceso de implementación y el 20 % restante no tenía. Las empresas artesanales y microempresas buscaban implantar a corto plazo la reglamentación, para tener acceso a una mayor cantidad de mercados.

3.1.2. MATRIZ DE FACTORES INTERNOS

La evaluación de las fortalezas y debilidades de las empresas encuestadas determinó que las microempresas y empresas artesanales presentaron una calificación promedio de 2,40. Mientras que la pequeña y mediana industria obtuvo una calificación media de 2,68. El detalle de los resultados se encuentra en la Figura 3.2. Los cuadros de la Matriz de Factores Internos, donde se calculó la calificación se encuentran en el Anexo VIII.

Los resultados indicaron que aquellas empresas categorizadas como microempresa y artesanal tuvieron una posición interna débil, ya que tuvieron una calificación menor a 2,5. Un trabajo al interior de las organizaciones les permitirá fortalecer su potencial interno para que les conduzca a eliminar las debilidades presentes y de esa manera se fortalezca la organización (Fred, 2008, p. 158). La pequeña y mediana industria obtuvo una calificación mayor a 2,5 este valor indica que la empresa posee una posición interna fuerte, pero podrían mejorar al trabajar en los puntos débiles detectados para el desarrollo organizacional.

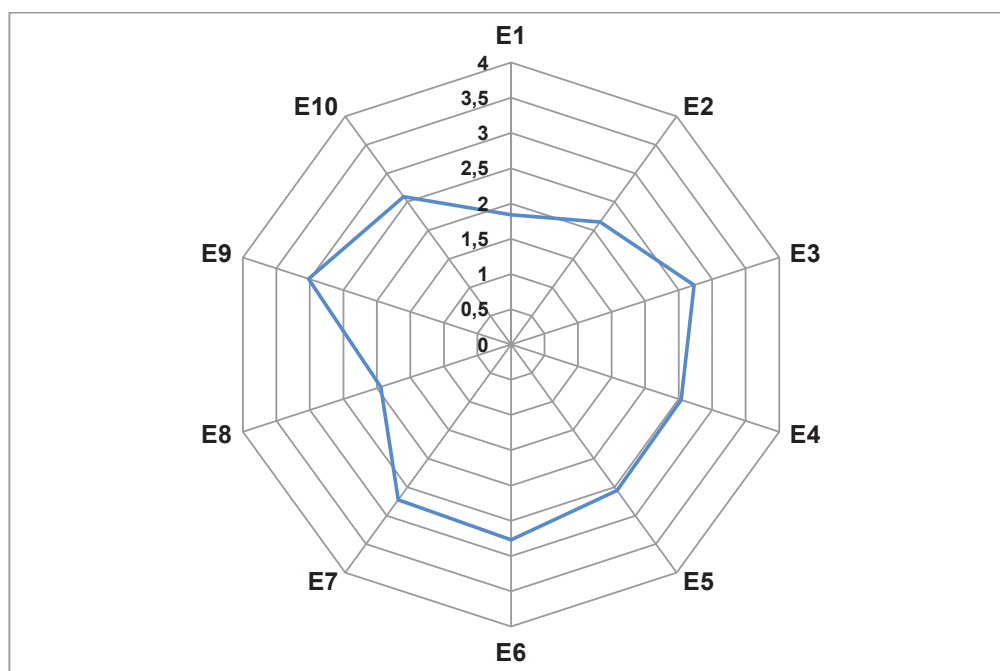


Figura 3.2. Calificación de la matriz de evaluación de factores internos aplicada en las empresas encuestadas

3.1.3. PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE HORTALIZAS DE IV GAMA

En el Ecuador, los alimentos de IV gama se encuentran en crecimiento. Por tanto, el desarrollo y comercialización de estos productos constituyen una oportunidad para contribuir a mejorar la situación económica del país. Esta industria puede generar nuevas expectativas de negocio y crear nuevas fuentes de empleo. Por tanto, se requiere de investigación e innovación para desarrollar este campo,

alargar la vida útil de los productos que ya se encuentran en el mercado y para la creación de nuevos productos que mantengan características de calidad e inocuidad, que además satisfagan la creciente demanda del consumidor.

Los microempresarios y artesanales buscan la manera de cubrir la demanda de productos de IV gama, pero requieren el conocimiento para establecer mejoras en el procesamiento y recursos económicos para la adquisición de maquinaria y equipos necesarios para la producción. Los productos mínimamente procesados de calidad incrementarán las posibilidades de comercialización, para potencializar el consumo de estos productos en el mercado nacional y eventualmente incursionar en el mercado internacional.

3.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la materia prima se realizó con 50 unidades de zanahoria, los análisis físicos y químicos realizados fueron: peso, longitud, diámetro, índice de blancura y pH, sólidos solubles, acidez, respectivamente. Además, se realizó un análisis de la calidad visual y sensorial.

3.2.1. ANÁLISIS FÍSICOS

En la Tabla 3.2 se presentan los resultados de los análisis físicos en zanahoria (*Daucus carota* L.). Las zanahorias fueron clasificadas según la norma INEN 1747: 2012.

Los frutos adquiridos para la investigación presentaron un amplio rango de diámetro y longitud, estas características no se tomaron en cuenta en el momento de la adquisición de la materia prima, únicamente se observó el estado de madurez de la zanahoria.

Tabla 3.2. Caracterización física de zanahoria (*Daucus carota* L.)

Categoría	Caracterización física			
	Cantidad (%)	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
I	0	-	-	-
II	16	280,69 ± 22,52	14,85 ± 1,78	49,05 ± 4,42
III	84	210,26 ± 35,79	12,41 ± 1,01	48,66 ± 3,42
Índice de blancura (WI)		46,36 ± 2,45		

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 50)

La norma INEN 1747: 2012 clasifica a la zanahoria según el diámetro ecuatorial y la longitud. Así, la clasificación que se realizó en esta investigación fue por el diámetro, razón por la cual los resultados del peso presentaron una alta variabilidad y el error estándar fue 8,02 y 17,02 para la categoría II y III respectivamente. No se presentaron hortalizas que pertenezcan a la categoría I (grande).

Según Cuaran (2009) el peso de la zanahoria amarilla en estado maduro proveniente de Antonio Ante-Imbabura, oscila entre 98,18 y 113,59 g (p. 39). En la presente investigación, todos los pesos superaron este valor, probablemente por la procedencia de la materia prima (Machachi) y la demanda del mercado por adquirir un producto de tamaño grande. En el mercado mayorista de Quito, se puede encontrar zanahoria con un peso que oscila desde 50 g hasta 300 g. El 50 % pertenece a un peso entre 101 - 200 g y el 43,3 % entre 201 - 300 g (Vasco, 2008, p. 52).

La longitud y el diámetro de la zanahoria madura oscila entre 12,85 - 13,37 cm y 4,13 - 4,44 cm, respectivamente. En una investigación realizada en la provincia de Imbabura (Cuaran, 2009, p. 42). Estos valores se encuentran en la categoría II y el rango del diámetro a la categoría I, según la norma INEN 1747: 2014. Los valores obtenidos en la longitud y el diámetro en esta experimentación fueron mayores en comparación con la investigación de Cuaran.

El índice de blancura (WI) en la materia prima utilizada para zanahoria cortada en bastones oscila entre 40,56 y 41,63 (Lavelli, Pagliarini, Ambrosoli, Minati, y Zanoni, 2006, p. 37). En Alegria et al., se presenta un WI de 24,27 para zanahoria rallada (2010, p. 157). La diferencia de color, podría deberse a que diferentes cultivares de zanahoria podrían presentar variaciones en carotenoides, las cuáles producirían cambios en la coloración (Kader, 2002b, p. 24; Simson y Straus, 2010, p. 110).

3.2.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

La caracterización química de la materia prima se realizó en base al contenido de sólidos solubles (°Brix), pH y acidez. Los resultados se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Caracterización química y visual de zanahoria (*Daucus carota* L.)

Análisis		Valor
Químico	Sólidos solubles totales (°Brix)	7,65 ± 0,30
	pH	6,13 ± 0,10
	Acidez (% de ácido málico)	0,06 ± 0,01
Visual	Daño físico	4,64 ± 0,48
	% patógenos	4,96 ± 0,20
	Firmeza	4,86 ± 0,35

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 50)

Los valores obtenidos en esta investigación, son similares a los presentados por García, Ventosa, Díaz y Casariego (2011) donde, mostraron valores de pH 6,1 y 0,06 % de ácido málico en zanahoria fresca (p. 64).

Con base en los datos de la caracterización de zanahoria realizada por Tawil (2003), el valor de SST fue de 8,36 (p. 37). Alegria et al. (2010) reportaron 11,8 °Brix y 6,4 de pH en zanahoria rallada sin aplicar ningún tratamiento (p. 157). La diferencia en SST podría atribuirse a las variaciones que se presentan en vegetales cultivados en diferentes sitios. El cultivar, las condiciones climáticas, del

suelo y prácticas culturales influyen en la composición de los productos hortofrutícolas (Crisosto y Mitchell, 2002, pp. 50-52).

3.2.3. INSPECCIÓN DE LA CALIDAD VISUAL

Los resultados del análisis de la calidad visual de la materia prima se presentan en la Tabla 3.3. Los parámetros analizados fueron firmeza, daño físico y presencia de hongos, según la escala presentada en el anexo II, III y IV.

La zanahoria tuvo un valor promedio de daño físico igual a 4,64; por lo que se puede considerar que se trabajó con materia prima con ausencia de daño. La presencia de heridas, magulladuras, rozamientos en los productos hortofrutícolas, pueden acelerar la pérdida de agua e incrementar la susceptibilidad de la materia prima a la contaminación microbiana (Kader, 2002b, pp. 26,27).

La calificación del porcentaje de presencia de hongos y firmeza fue de 4,96 y 4,86, respectivamente. Por lo tanto, se considera que la materia prima que se utilizó, presentó características visuales aceptables, ya que se observó ausencia de hongos y la zanahoria utilizada fue firme. La materia prima que se utiliza para el procesamiento, debe ser sana para limitar la contaminación microbiana durante el procesamiento (Linde, 2010, 16).

3.2.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Los panelistas semientrenados determinaron que las muestras de zanahoria utilizadas como materia prima, presentaron una apariencia fresca, con el sabor y dulzor característico de la zanahoria, no se presentaron sabores extraños ni acidez. Los resultados del análisis sensorial se encuentran en la Tabla 3.4.

3.2.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se realizó según el procedimiento descrito en el acápite 2.4.4. En Ecuador, no existe una norma técnica para frutos y vegetales mínimamente procesados. Por esta razón, se utilizó la Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (MINSA/DIGESA, 2008, p. 20) para conteo de aerobios, donde estipula el límite mínimo y máximo en 10^4 y 10^6 UFC/g respectivamente. Para coliformes totales se utilizó el límite establecido por Lavelli et al. (2006), de 5×10^6 UFC/g como criterio para determinar la fecha de caducidad de verduras mínimamente procesadas (p. 38). Para el recuento de mohos y levaduras, se utilizaron los rangos establecidos por Ragaert, Jacxsens, Vanderkinderen, Baert y Devlieghere (2011), donde el límite mínimo es 10^3 y el máximo 10^5 UFC/g (p. 60).

La carga microbiológica inicial de la materia prima se presenta en la Tabla 3.4. Los valores experimentales obtenidos para cada *E. coli*/coliformes y aerobios totales de la presente investigación se encuentran dentro de los rangos indicados anteriormente. La presencia de mohos y levaduras en la zanahoria fue de 10^2 UFC/g, es decir, por debajo del límite mínimo.

Tabla 3.4. Análisis sensorial y recuento microbiológico (UFC/g) de zanahoria entera

Análisis	Atributo	Valor
Sensorial	Apariencia	$8,75 \pm 1,04$
	Sabor	$7,53 \pm 2,01$
	Acidez	$0,73 \pm 0,64$
	Dulzor	$6,44 \pm 1,88$
	Sabores extraños	$0,58 \pm 0,54$
Microbiológico	Atributo	Valor (UFC/g)
	<i>E. coli</i> /Coliformes	$6,31 \times 10^2$
	Aerobios totales	$3,23 \times 10^4$
	Mohos y levaduras	$1,00 \times 10^2$

La zanahoria es una raíz que se encuentra en contacto directo con el suelo. La cantidad de tierra que se fija en la hortaliza en el momento de la cosecha influye directamente en la carga microbiana (ICMSF, 1998, p. 202).

3.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE UNA SOLUCIÓN DE CLORITO DE SODIO ACIDIFICADO (CSA) Y DOS TIEMPOS DE INMERSIÓN EN LA CALIDAD VISUAL DE ZANAHORIA DE IV GAMA

Se estudió el efecto de 100, 250 y 500 ppm de CSA, con 1 y 2 min de inmersión en zanahoria de IV gama empacada en bolsas de polipropileno. Los análisis realizados fueron: concentración de CO₂ en el interior del empaque, índice de blancura, evaluación visual del índice de marchitez y análisis microbiológico. La evaluación de calidad se efectuó a los 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento.

3.3.1. CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN EL INTERIOR DEL EMPAQUE

La determinación de la concentración de CO₂ en el interior del empaque se realizó por triplicado, el análisis se realizó con un analizador rápido de O₂-CO₂. En la Figura 3.3 se observa el aumento de la concentración de CO₂ en el interior del empaque, de las tres concentraciones (A, B y C) y tiempos de inmersión (1 y 2 min).

Las frutas y hortalizas consumen O₂ y producen CO₂ mientras se encuentran envasadas. La respiración del producto y la permeabilidad a los gases, modifican la composición del gas en el interior del empaque (Mastromatteo, Conte, y Del Nobile, 2012, p. 217).

La concentración de CO₂ en el interior del empaque aumentó a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, debido a la producción del gas, como

producto del proceso de respiración. El incremento en la concentración de CO₂ se evidenció en los tratamientos A1, A2, B1, C1 y C2. El tratamiento B2 presentó una disminución de CO₂, probablemente los empaques sufrieron alguna fisura al momento de recoger la muestra o el sellado no resistió la manipulación de las bolsas y se presentaron fugas.

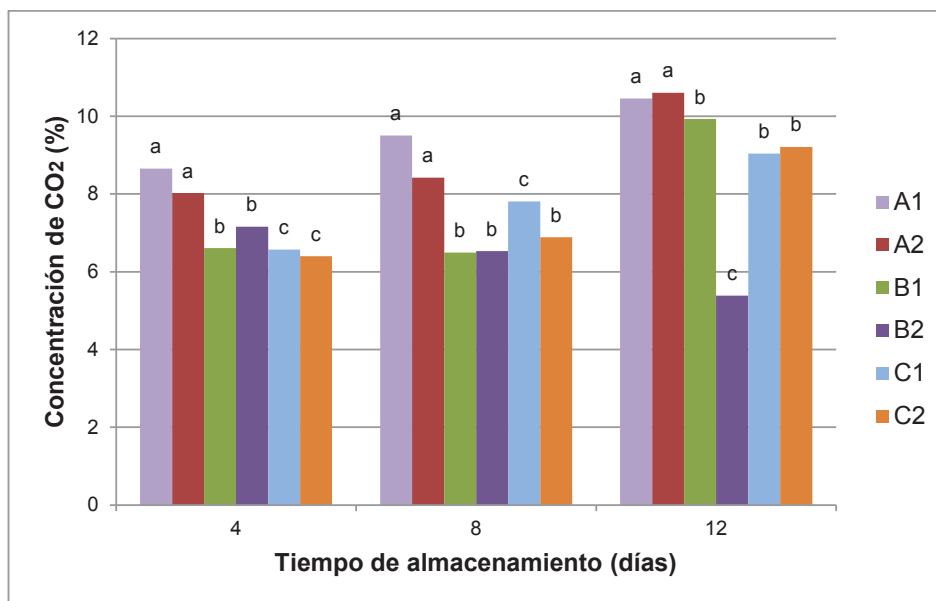


Figura 3.3. Concentración de CO₂ en el interior del empaque de zanahoria de IV gama sumergida en CSA en concentraciones A: 100 ppm; B: 250 ppm; C: 500 ppm, durante 1 y 2 min y almacenada hasta 12 días a 5 °C

En el primer período de almacenamiento, la concentración de CSA tuvo un efecto estadísticamente significativo en la concentración de CO₂ en el interior de los empaques de zanahoria mínimamente procesada ($p < 0,05$). El tiempo de inmersión no influyó en el nivel de CO₂ y los tratamientos A (100 ppm CSA), B (250 ppm CSA) y C (500 ppm CSA) presentaron diferencia estadísticamente significativa. El tratamiento C presentó menor concentración de CO₂ en el interior del empaque en el día 4 de almacenamiento.

En el segundo y tercer período de almacenamiento, el tiempo de inmersión y la concentración de CSA tuvieron influencia estadísticamente significativa en la concentración de CO₂ en el interior de los empaques ($p < 0,05$). En el día 12 de

almacenamiento, el comportamiento de los tratamientos A1 (100 ppm CSA y 1 min) y A2 (100 ppm CSA y 2 min) no presentaron diferencia estadísticamente significativa, al igual que los tratamientos B1, C1 y C2. Se presentó diferencia por el reducido nivel de CO₂ (5,39 %) del tratamiento B2, probablemente, debido a aberturas en las bolsas. El tratamiento con menor concentración de CSA presentó mayor concentración de CO₂, mientras que a mayor concentración de CSA menor concentración de CO₂.

Cantwell y Suslow (2002) reportaron que la zanahoria de IV gama (rallada y bastón) presentó una composición de gases dentro del empaque entre 0,5 a 5 % de O₂ y 10 % CO₂ almacenada entre 0 y 5 °C (p. 452). Los resultados de la presente experimentación se aproximan con los datos presentados por aquellos autores.

Ruiz-Cruz et al. (2006) analizaron zanahoria rallada sometida a tratamientos de CSA en concentraciones de 100, 250 y 500 µL/L durante 14 días a 5 °C. Durante todo el almacenamiento presentaron valores en el nivel de CO₂ que oscilaron entre 13,28 y 15,49 % (p. 1889). Tales cantidades son altas en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación. Probablemente, se debe a la anatomía del corte. Según Izumi, Watada y Ko (1995), se presentó una mayor tasa de respiración en los cortes de zanahoria tipo bastón, donde permanecieron expuestos los tejidos del xilema (forma longitudinal). La tasa de respiración fue menor en el corte expuesto el floema, como las rodajas de zanahoria (p. 72). En la presente investigación, los cortes de la zanahoria rallada se realizaron de forma transversal, de tal modo, que el xilema permanezca expuesto en menor proporción. Además, el tejido del xilema tiene un color blanco-naranja, el cual no es muy aceptado por el consumidor.

La concentración de CO₂ producida por la zanahoria de IV gama fue aceptable, ya que si se presentan altos niveles de este gas (> 20 %) se pueden producir daños en los tejidos y se forma un ambiente anaeróbico (Cruz et al., 2006, p. 305).

El uso de CSA y los dos tiempos de inmersión, afectaron la concentración de CO₂ en el interior del empaque de zanahoria mínimamente procesada. A medida que aumentó la concentración de CSA y el tiempo de inmersión, el nivel de CO₂ dentro del empaque, disminuyó. El uso de 500 ppm de CSA y 2 min de inmersión presentó un nivel de 9,21 % de CO₂ en el día 12 de almacenamiento del producto a 5 °C.

3.3.2. ÍNDICE DE BLANCURA

El índice de blancura (WI) fue determinado mediante los parámetros L*, a* y b* medidas con un colorímetro y se calculó según la ecuación 2.1.

El blanqueamiento en la zanahoria de IV gama dependerá de la formación de lignina y la deshidratación de las capas exteriores de la zanahoria. Los valores más altos de WI indican que la zanahoria llega al límite de vida de almacenamiento (Cisneros-Zevallos, Saltveit y Krochta, 1995, p. 321; Lavelli et al., 2006, p. 38). En la Tabla 3.5 se indican los valores del índice de blancura durante los 12 días de almacenamiento.

Tabla 3.5. Índice de blancura de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	4	8	12
A1	49,52 ± 2,02 ^a	49,38 ± 1,14 ^a	50,66 ± 1,91 ^a	50,10 ± 1,15 ^a
A2	50,79 ± 1,45 ^a	49,85 ± 0,99 ^a	49,30 ± 1,27 ^a	52,04 ± 1,62 ^a
B1	49,12 ± 1,22 ^a	48,81 ± 1,16 ^a	47,60 ± 0,65 ^{ab}	49,90 ± 0,54 ^a
B2	50,71 ± 1,17 ^a	49,24 ± 1,02 ^a	48,59 ± 0,88 ^{ab}	50,07 ± 1,45 ^a
C1	48,08 ± 0,66 ^a	47,65 ± 0,72 ^b	47,61 ± 1,17 ^b	46,66 ± 0,44 ^b
C2	49,20 ± 1,94 ^a	47,67 ± 0,07 ^b	46,34 ± 2,33 ^b	46,98 ± 0,68 ^b

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 3)

Valores de la misma columna con letras diferentes, indican diferencia estadísticamente significativa

A1: 100 ppm CSA y 1 min de inmersión

A2: 100 ppm CSA y 2 min de inmersión

B1: 250 ppm CSA y 1 min de inmersión

B2: 250 ppm CSA y 2 min de inmersión

C1: 500 ppm CSA y 1 min de inmersión

C2: 500 ppm CSA y 2 min de inmersión

En el día 0, no se presentó diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) al usar las diferentes concentraciones de CSA ni el tiempo de inmersión en zanahoria de IV gama. Las muestras de zanahoria mínimamente procesada no mostraron variación del WI el día de la aplicación de los tratamientos.

Durante todo el período de almacenamiento, la concentración de CSA fue el factor que tuvo un efecto estadísticamente significativo en el WI de zanahoria mínimamente procesada ($p < 0,05$), el tiempo de inmersión no influyó en el WI.

En general, los tratamientos A1, A2, B1 y B2 fueron estadísticamente iguales y presentaron valores de WI hasta de 52,04. Mientras que, al usar mayores concentraciones de CSA en C1 y C2 se mantuvieron menores valores de WI, hasta de 47,67. El comportamiento que se observa en este análisis indicó que la zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y tratada con 500 ppm CSA con 1 y 2 min de inmersión presentó el menor WI al final del almacenamiento.

La posibilidad del cambio de color de la zanahoria de IV gama debido a deshidratación no se descartó totalmente, debido a que en esta etapa de la experimentación no se determinó la pérdida de peso. Barrett, Beaulieu y Shewfelt (2010), reportaron que la apariencia blanca que aparece en la zanahoria se debe a la lignina y al aumento de la actividad de la enzima fenilalanina amonioliasa (p. 381).

El uso de CSA influyó en el WI de zanahoria de IV gama almacenada a 5 °C durante 12 días. El tratamiento con 500 ppm CSA mantuvo el WI menor, comparado con los demás tratamientos.

3.3.3. EVALUACIÓN VISUAL DEL ÍNDICE DE MARCHITEZ

La evaluación del índice de marchitez se realizó con una escala de calificación de 1 a 5 puntos, donde 1 es daño extremo y 5 es ausencia de daño. En la Tabla 3.6

se muestran los resultados del índice de marchitez de zanahoria de IV gama rallada durante el almacenamiento.

La marchitez es el resultado de la pérdida de agua y es una de las principales causas del deterioro, tanto de la apariencia visual como de la textura, factores que influyen en la decisión de compra por parte del consumidor. Los productos de IV gama son tejidos lesionados que se deterioran con mayor rapidez que los tejidos intactos (Toivonen y DeEll, 2002, p. 108; Toivonen y Brummell, 2008, pp. 2,9).

Tabla 3.6. Índice de marchitez en zanahoria de IV gama almacenada durante 12 días a 5 °C

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)			
	0	4	8	12
A1	5	4	4	4
A2	5	4	4	4
B1	5	4	4	4
B2	5	4	4	3*
C1	5	4	4	3*
C2	5	4	4	3*

n = 3

*conserva la firmeza del índice 4, pero existió presencia de agua en las muestras

A1: 100 ppm CSA y 1 min de inmersión

A2: 100 ppm CSA y 2 min de inmersión

B1: 250 ppm CSA y 1 min de inmersión

B2: 250 ppm CSA y 2 min de inmersión

C1: 500 ppm CSA y 1 min de inmersión

C2: 500 ppm CSA y 2 min de inmersión

Durante todo el período de almacenamiento, no se presentó diferencia estadísticamente significativa en el índice de marchitez, al usar las diferentes concentraciones de CSA y los 2 tiempos de inmersión. El promedio de la valoración de las muestras fue de 5,0 en el día 0; 4,0 en el día 4 y 8; 3,5 en el día 12. El último período de almacenamiento presentó un valor menor debido a la presencia de agua en el interior de las bolsas de los tratamientos B2, C1 y C2, pero conservaron la firmeza característica del producto, como se observa en la Figura 3.4. Probablemente durante el proceso de centrifugación, no se eliminó toda el agua residual.

Las concentraciones de CSA utilizadas en esta investigación (100, 250 y 500 ppm) y los dos tiempos de inmersión no presentaron diferencia estadísticamente significativa en el índice de marchitez de la zanahoria de IV gama. Todas las muestras se mantuvieron entre 5 (ralladura sin daño) y 4 (leve: ralladura moderadamente firme) durante los 12 días de almacenamiento a 5 °C. El uso del sanitizante CSA permitió mantener la calidad visual de la zanahoria mínimamente procesada.



Figura 3.4. Zanahoria de IV gama sumergida en CSA en concentraciones A: 100 ppm; B: 250 ppm; C: 500 ppm, durante 1 y 2 min empacada en polipropileno, a los 12 días de almacenamiento a 5 °C

3.3.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron análisis microbiológicos de contaje total de aerobios, hongos y levaduras y coliformes totales mediante siembra en placas petrifilm, tanto de la

materia prima (zanahoria sin tratamiento) como de los tratamientos de zanahoria de IV gama al día 8. Los métodos utilizados se indican en el acápite 2.4.4.

La materia prima que se utilizó en este ensayo tuvo una carga microbiana inicial, detallada en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Recuento microbiológico (UFC/g) de zanahoria de IV gama en el día 0 y 8 de almacenamiento

Recuento microbiológico (UFC/g)			
	Día 0		
	Aerobios totales	Coliformes totales	Mohos y levaduras
Materia prima	$6,0 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3$	$6,0 \times 10^1$
Día 8			
Tratamiento	Aerobios totales	Coliformes totales	Mohos y levaduras
A1	$8,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$2,3 \times 10^4$
A2	$2,4 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$
B1	< 10	< 10	$4,5 \times 10^4$
B2	20	< 10	$3,2 \times 10^4$
C1	30	< 10	$2,5 \times 10^3$
C2	< 10	< 10	$7,4 \times 10^3$

A1: 100 ppm CSA y 1 min de inmersión

A2: 100 ppm CSA y 2 min de inmersión

B1: 250 ppm CSA y 1 min de inmersión

B2: 250 ppm CSA y 2 min de inmersión

C1: 500 ppm CSA y 1 min de inmersión

C2: 500 ppm CSA y 2 min de inmersión

Se utilizaron los límites establecidos en el acápite 3.2.5 para cada análisis microbiológico. El recuento de aerobios totales, mohos y levaduras y coliformes obtenido en la materia prima fue menor a lo establecido según las respectivas referencias, todos los valores estuvieron dentro de los límites aceptables.

Los tratamientos A1 y A2 presentaron la menor reducción en comparación con los demás tratamientos. El comportamiento del tratamiento A2 fue inusual, ya que presentó mayor contaje que la materia prima. Se presume que la bolsa con la que se realizó el recuento microbiológico presentó aberturas por un sellado inadecuado y se produjo una contaminación.

En las muestras del tratamiento B1 se observó una reducción de la tasa microbiana de aerobios totales a valores < 30 UFC/g, estos resultados coinciden con lo expuesto por Ruiz-Cruz, Luo et al. (2006) donde indican que el tratamiento con 100, 250 y 500 $\mu\text{L/L}$ CSA mantiene un recuento bacteriano bajo durante el almacenamiento de zanahoria rallada a los 14 días de almacenamiento a 5°C (p. 1891).

La reducción en el conteo de coliformes totales también fue significativa. En el tratamiento B1, la presencia de este microorganismo fue <10 UFC/g. Similares resultados se presentaron en un estudio realizado por Cruz et al. (2006) donde se redujo significativamente el conteo de estos microorganismos en muestras de zanahoria rallada tratadas con CSA a los 14 días de almacenamiento a 5°C (p. 304).

El crecimiento de mohos y levaduras no presentó diferencia entre tratamientos, todas las muestras evaluadas en el día 8 se encontraron en el rango de 10^4 y 10^3 UFC/g. Ruiz-Cruz, Luo et al. (2006) determinaron un incremento (aproximadamente desde 10^3 hasta 10^7 UFC/g) para los tratamientos con 100, 250 y 500 $\mu\text{L/L}$ CSA a los 7 días de almacenamiento a 5°C (p. 1891). La presencia de mohos y levaduras probablemente fue debido al alto contenido de humedad de los productos cortados, que favorece el crecimiento de bacterias y levaduras. Frutas procesadas han reportado poblaciones entre 10^3 y 10^4 UFC/g, igual que en la presente investigación (Heard, 2002, p. 197).

Todos los tratamientos de zanahoria de IV gama con CSA se mantuvieron dentro del rango establecido para cada microorganismo analizado en el día 8 de almacenamiento a 5°C . El uso de 250 y 500 ppm CSA con 1 y 2 min de inmersión permitió que la carga microbiana se mantuviera < 30 UFC/g para *E. coli*/coliformes y aerobios totales. Sin embargo, en el día 8 de almacenamiento, aumentó la carga microbiana de mohos y levaduras con relación a la materia prima. El CSA no disminuyó la cantidad de mohos y levaduras.

Se determinó el efecto de 100, 250 y 500 ppm CSA junto con 1 y 2 min de inmersión en zanahoria de IV gama. Se concluyó que a mayor concentración de CSA y mayor tiempo de inmersión, la concentración de CO₂ en el interior del empaque y el índice de blancura disminuyeron. La zanahoria rallada se conservó entre firme y moderadamente firme hasta el día 12 de almacenamiento a 5 °C. El CSA fue efectivo para la reducción de *E. coli*/coliforme y aerobios totales, no así en mohos y levaduras, pero los valores de todos los tratamientos se encontraron dentro de los rangos establecidos.

3.4. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS SANITIZANTES EN LA CALIDAD DE ZANAHORIA DE IV GAMA EMPACADA CON DOS TIPOS DE EMPAQUE Y ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN

De la experimentación anterior, se seleccionó el tratamiento de 500 ppm de CSA con tiempo de inmersión de 2 min para esta experimentación.

Se estudió el efecto de 500 ppm CSA, 200 ppm NaClO y agua destilada, con 2 min de inmersión en zanahoria de IV gama, en 2 tipos de empaque: bolsas de polipropileno y coextruido de nylon-polietileno, almacenadas hasta 12 días a 5 °C. Los análisis realizados fueron: pérdida de peso, índice de blancura, SST, pH, acidez titulable, microbiológico y sensorial durante 4, 8 y 12 días de almacenamiento.

3.4.1. ANÁLISIS FÍSICOS

3.4.1.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso se analizó al tomar el peso, con una balanza electrónica, el día del procesamiento y cada día de la evaluación de la calidad (4, 8 y 12 días).

Los productos hortofrutícolas de IV gama poseen una gran parte de la superficie sin cáscara, razón por la cual los hace altamente susceptibles a la pérdida de peso por deshidratación. Se manifiesta con marchitez y pérdida de textura en los alimentos (Watada et al, 1996, p. 122).

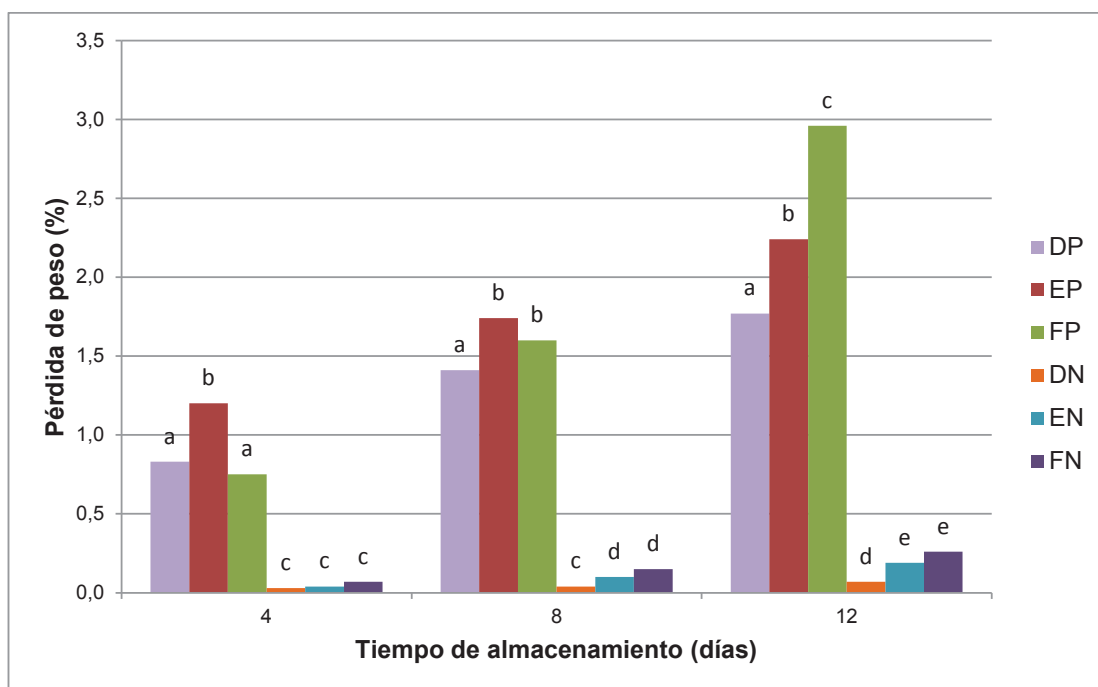


Figura 3.5. Pérdida de peso (%) en zanahoria de IV gama sumergida en soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada, empackada con P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno y almacenada hasta 12 días a 5 °C

La pérdida de peso en todos los tratamientos se incrementó a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, como se observa en la Figura 3.5. Se presentó una diferencia estadísticamente significativa entre el uso del empaque de polipropileno (P) y el coextruido de nylon-polietileno (N) ($p < 0,05$). Con el uso de P (polipropileno), la pérdida de peso alcanzó 2,96 %, mientras que, al usar el empaque N (coextruido nylon-polietileno), éste valor llegó hasta 0,26 %.

Durante el primer período de almacenamiento (4 días) se determinó, que el factor sanitizante y empaque tuvieron influencia estadísticamente significativa en el porcentaje de pérdida de peso ($p < 0,05$), como se observa en la Figura 3.6.

En el día 4, el comportamiento de los tratamientos D (500 ppm CSA) y F (agua destilada) fue homogéneo, no se presentaron diferencias significativas entre ellos. El tratamiento EP (200 ppm NaClO y polipropileno) presentó mayor pérdida de peso, con un valor de 1,20 %, mientras que el tratamiento DP (500 ppm CSA y polipropileno) mostró menor pérdida de peso, con 0,83 %.

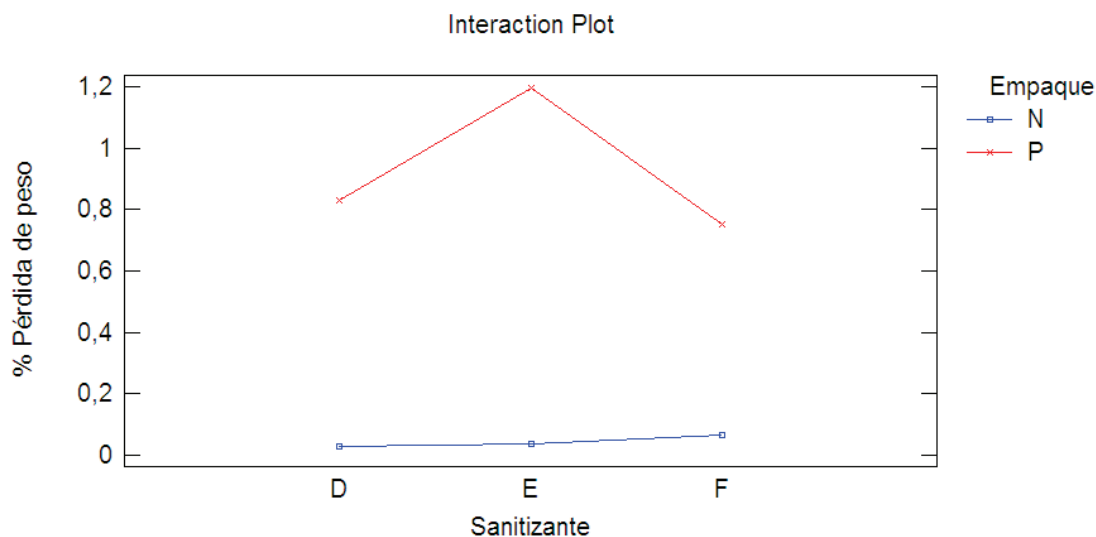


Figura 3.6. Interacción de las soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada y empackada en P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno, en la pérdida de peso de zanahoria de IV gama en el día 4 de almacenamiento a 5 °C

Al usar el sellado al vacío, la disminución en el peso osciló entre 0,03 y 0,07 %. El uso del empaque P (polipropileno) presentó mayor pérdida de peso, en comparación con el empaque N (coextruido de nylon-polietileno).

La zanahoria de IV gama sometida a 200 ppm de NaClO en el empaque P (polipropileno) llegó a disminuir el 1,2 % del peso, mientras que al aplicar la misma solución, con el empaque N (coextruido de nylon-polietileno), la pérdida de peso se redujo a 0,04 %, debido a que la permeabilidad del empaque N (coextruido de nylon-polietileno) fue muy baja. La pérdida de peso entre el uso de 500 ppm CSA empackado en polipropileno (P) y el coextruido de nylon-polietileno (N) fue de 0,83 y 0,03 %, respectivamente. Las muestras sumergidas en agua destilada (F) presentaron valores de 0,75 y 0,07 % al usar polipropileno (FP) y el coextruido de nylon-polietileno (FN), respectivamente.

En el día 8 de almacenamiento, el uso de sanitizantes y diferentes tipos de empaque tuvieron influencia estadísticamente significativa en la pérdida de peso ($p < 0,05$). En este período los tratamientos sometidos a 200 ppm de NaClO y control fueron estadísticamente iguales. El tratamiento que tuvo menor pérdida de peso fue el DN (500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno) con un valor de 0,04 % y al usar la misma solución sanitizante, pero con el empaque P (polipropileno), la pérdida de peso se incrementó a 1,37 %. La zanahoria de IV gama del tratamiento EP (200 ppm de NaClO y polipropileno) perdió 1,74 % de peso, mientras que la pérdida de peso en el tratamiento control fue de 1,60 %.

Según Rocha, Mota, y Morais (2007), el límite aceptado para la pérdida de peso de zanahoria mínimamente procesada es del 5 % a 2 °C de temperatura y 80 % HR. En zanahoria mínimamente procesada almacenada al vacío con un empaque de polietileno y policloruro de vinilideno durante 7 días a 4 °C, se reportó una pérdida de peso igual a 0,4 %. En atmósfera normal se obtuvo pérdidas de 1,6 % (p. 26). Los valores obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del límite mencionado ya que la pérdida de peso llegó a un máximo de 2,96 y 0,26 % para atmósfera normal y empacado al vacío, respectivamente.

En el día 12 del almacenamiento, el uso de sanitizantes y el tipo de empaque tuvieron influencia estadísticamente significativa en la pérdida de peso, se presentó interacción entre estos dos factores ($p < 0,05$). La mayor pérdida de peso se produjo en el tratamiento FP (control y polipropileno) con un valor de 2,96 %, el menor valor se presentó en DN (500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno) con 0,07%.

Durante todo el período de almacenamiento, se determinó que el uso del coextruido de nylon-polietileno en el empacado al vacío presentó menor pérdida de peso con respecto al uso de empacado en atmósfera normal en polipropileno. Probablemente, la pérdida de peso se debe a que el alimento está rodeado de aire y se presenta un intercambio de humedad alimento-aire hasta llegar al equilibrio. Al empacar al vacío, la ausencia de aire no permite que el alimento

libere humedad. Así, se reduce el proceso de respiración y la reducción del peso por deshidratación, es mínima (Rocha, Ferreira et al., 2007, pp. 448).

El uso de 500 ppm de CSA disminuyó el porcentaje de pérdida de peso en comparación con los tratamientos de 200 ppm de NaClO y el control.

Se esperaba una mayor pérdida de peso, por transpiración, en la zanahoria rallada debido a que posee mayor superficie de contacto que los cortes tipo bastón, cubos, rodajas, etc. La pérdida de peso en zanahoria rallada fue de 3,1 % a los 12 días de almacenamiento a 10 °C (Izumi et al., 1995, p. 72). Mientras que, en la presente investigación, la pérdida de peso fue menor, 1,77 y 0,07 % para el tratamiento DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno), respectivamente. El uso de CSA puede ser una alternativa sanitizante, ya que en estos tratamientos se produjo menor pérdida de peso.

El 50 %; 33,3 % y el 66,6 % de las muestras sometidas a 500 ppm CSA, 200 ppm NaClO y control, respectivamente, perdieron el empacado al vacío. Probablemente, la respiración anaerobia y la producción de CO₂ fue la causa de la reducción del vacío. La zanahoria rallada es más susceptible al desarrollo de metabolismo anaeróbico que el producto entero, este comportamiento puede ser asociado con el requerimiento de los tejidos para abastecer las exigencias del ATP para asegurar la sobrevivencia celular (Toivonen y DeEll, 2002, p. 105).

3.4.1.2 Índice de blancura

El índice de blancura (WI) se determinó mediante los parámetros L*, a* y b* del colorímetro. Se calculó según la ecuación 2.1.

El WI mide la decoloración de la superficie de la zanahoria durante el almacenamiento. El cambio de color en la zanahoria mínimamente procesada es uno de los inconvenientes en la calidad de la hortaliza (Klaiber, Baur, Wolf, Hammes, y Carle, 2005, p. 357).

Durante todo el periodo de almacenamiento, se encontraron variaciones del WI en la zanahoria que fue sometida a los diferentes tratamientos, como se indica en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Índice de blancura (WI) en zanahoria de IV gama almacenada durante 12 días a 5 °C

Tratamiento	Índice de blancura (WI)		
	Día 4	Día 8	Día 12
DP	48,08 ± 1,58 ^a	48,08 ± 1,27 ^a	46,79 ± 1,27 ^a
EP	50,12 ± 1,11 ^b	49,75 ± 2,17 ^b	52,22 ± 2,17 ^b
FP	50,50 ± 1,81 ^b	49,52 ± 2,22 ^b	49,57 ± 1,20 ^c
DN	41,00 ± 1,07 ^c	42,21 ± 2,29 ^c	43,35 ± 2,29 ^d
EN	44,77 ± 3,61 ^d	48,09 ± 1,64 ^d	47,47 ± 1,64 ^a
FN	42,19 ± 2,66 ^c	47,03 ± 1,34 ^d	46,99 ± 1,34 ^a

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 6)

DP: 500 ppm CSA y empaque de polipropileno

EP: 200 ppm NaClO y empaque de polipropileno

FP: agua destilada y empaque de polipropileno

DN: 500 ppm CSA y empaque de coextruido de nylon-polietileno

EN: 200 ppm NaClO y empaque de coextruido de nylon-polietileno

FN: agua destilada y empaque de coextruido de nylon-polietileno

En el día 4 de almacenamiento, según el análisis estadístico, el sanitizante y empaque influyeron significativamente en el WI ($p < 0,05$). Las muestras empacadas al vacío, con el empaque de coextruido nylon-polietileno, presentaron valores bajos de WI ($< 44,77$). La baja permeabilidad del coextruido de nylon-polietileno, permitió que el empackado al vacío proteja a la zanahoria de los efectos de la desecación en la superficie del corte (Rocha, Ferreira, et al., 2007, p. 449).

Durante los siguientes períodos de almacenamiento, día 8 y 12, el sanitizante y el tipo de empaque tuvieron efecto estadísticamente significativo en el WI ($p < 0,05$). En el día 8, los tratamientos E (200 ppm NaClO) y F (control) no mostraron diferencia estadísticamente significativa, se presentaron como grupos homogéneos. Este comportamiento cambió para el siguiente período, ya que en el día 12 se presentaron grupos heterogéneos.

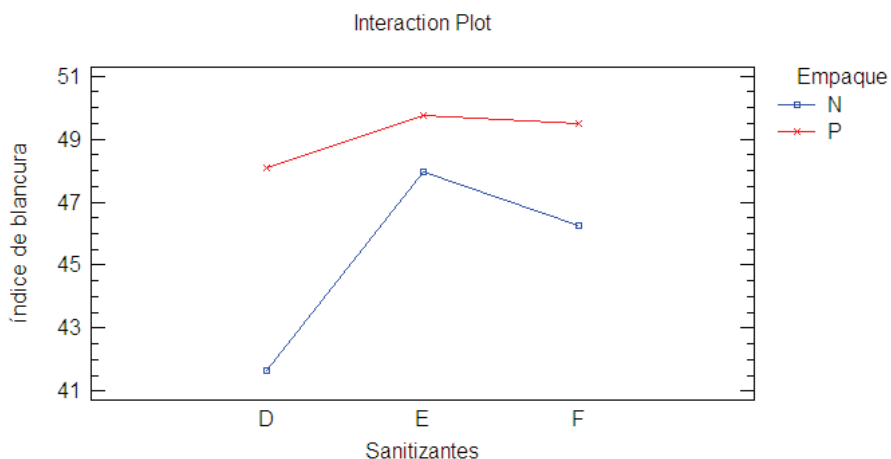


Figura 3.7. Interacción de las soluciones sanitizantes D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada y empacada en P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno, en el índice de blancura (WI) de zanahoria de IV gama en el día 8 de almacenamiento a 5 °C

En la Figura 3.7 se muestra la interacción entre los factores sanitizante y empaque en el WI de zanahoria de IV gama el día 8 de almacenamiento a 5 °C. El tratamiento con el empaque N (coextruido nylon-polietileno) presentó menor WI que la zanahoria empacada en P (polipropileno). El sanitizante D (500 ppm CSA) presentó menor WI en relación con los sanitizantes E (200 ppm NaClO) y F (control), al usar polipropileno y coextruido de nylon-polietileno.

El último período de almacenamiento (día 12), se caracterizó por la pérdida de vacío del 50 % de las muestras sometidas al tratamiento de 500 ppm de CSA y la totalidad con 200 ppm de NaClO y las muestras control. Las muestras DP (500 ppm CSA y polipropileno) mostraron menor WI que en el día 8, el valor fue de 46,79. El WI mostró que la zanahoria mínimamente procesada empacada al vacío tuvo mayor protección a la deshidratación y lignificación, ya que estos factores influyen en el blanqueamiento de la zanahoria almacenada en atmósfera normal. Tales resultados concuerdan con la reducida pérdida de peso que se presentó en los tratamientos empacados en coextruido de nylon-polietileno, es decir se presentó menor pérdida de agua y menor pérdida de peso. El blanqueamiento de la zanahoria podría ser debido a la deshidratación en la superficie cortada, seguido por la síntesis de la lignina (Rocha, Ferreira et al., 2007, p. 449). El WI se

incrementa durante el período de almacenamiento, probablemente, debido a la deshidratación y al deterioro de las características del color de la zanahoria mínimamente procesada (Alegría et al., 2010, p. 159). Sin embargo, en la presente investigación, el valor final de WI disminuyó. Posiblemente, los sitios de las muestras, donde se tomó la medida del color, no representaron los cambios que ocurrieron y se debió tomar más de 2 medidas en cada muestra. Durante los 12 días de almacenamiento, el tratamiento con CSA presentó menor WI, seguido por el control y luego NaClO, que representa la mayor pérdida de WI. El cloro tiene un efecto decolorante, al cual se le puede atribuir la variación del color en la zanahoria rallada (Klaiber et al., 2005, p. 356).

El WI fue de 46,36 en la materia prima. Por lo tanto, las muestras de zanahoria rallada sumergidas en 500 ppm de CSA mantuvieron el color cercano al valor original. Alegria et al. (2010) indicaron que no obtuvieron cambios en el WI en zanahoria rallada al aplicar un tratamiento térmico con agua a 100 °C durante 45 s y posterior enfriamiento con agua a 0 °C durante 5 min. La conservación del color se relacionó con la inhibición parcial de la peroxidasa, fenilalanina amonioliasa y siringaldazina oxidasa (pp. 156,160).

Los productos mínimamente procesados son sensibles a la decoloración debido a la falta de cubierta en la pulpa, a las células y tejidos dañados. Los tejidos que se encuentran expuestos, están potencialmente deshidratados y decolorados. Si el manejo de zanahoria en rebanadas no es adecuado, llega a tener una coloración blanca, tiende a envejecer y toma una apariencia indeseable debido a las células dañadas. Los daños por deshidratación se minimizan al realizar tratamientos con calcio y la utilización de atmósferas con alta humedad relativa (Watada y Qi, 1999, pp. 201, 202).

Rojas-Graü, Oms-Oliu, Soliva-Fortuny y Martín-Belloso (2009) indicaron que el uso de atmósferas con 1 % O₂ + 10 % CO₂ y 50 % O₂ y 30% CO₂ durante 12 días, no han podido evitar el apareamiento de la decoloración blanca en zanahoria de IV gama (p. 879). De tal manera, que el uso de 500 ppm CSA podría ser una alternativa para mantener el WI en zanahoria de IV gama.

El uso de 500 ppm CSA y empaque coextruido de nylon-polietileno en zanahoria de IV gama presentó menor variación en el WI a lo largo de los 12 días de almacenamiento. El CSA evitó el deterioro de la superficie y la decoloración en el producto.

3.4.2. ANÁLISIS QUÍMICOS

3.4.2.1 Sólidos solubles totales (SST)

La materia prima presentó un contenido de SST de 7,65 °Brix, como se expuso en la Tabla 3.3.

La disminución del 40 % de SST que se presentó en la materia prima y en el producto al final del almacenamiento, probablemente fue debido a la pérdida de sustancias nutritivas durante los procesos de rallado, inmersión y centrifugación. Según Alegria et al. (2010), las pérdidas de SST pueden llegar hasta del 60 % del contenido inicial. Para disminuir este efecto de lixiviación, se podrían utilizar los tratamientos que suelen ser aplicados luego del corte de la hortaliza, antes del rallado (p. 159). Los resultados de SST se encuentran en la Tabla 3.9.

En el día 4 y 8 de almacenamiento, el uso de sanitizantes y empaques presentaron influencia estadísticamente significativa en la cantidad de SST ($p < 0,05$). Los sanitizantes E y F (200 ppm de NaClO y agua destilada, respectivamente) no presentaron diferencia estadísticamente significativa.

En el primer periodo de almacenamiento (día 4), las muestras sometidas al sanitizante D (500 ppm CSA) resultaron con SST igual a 5,28 y 5,13 empacadas en polipropileno y coextruido de nylon-polietileno, respectivamente. Las muestras control (agua destilada) tuvieron un valor de SST de 4,36 y 4,97 con el empaque de polipropileno y coextruido de nylon-polietileno, respectivamente, y las muestras con la solución E (200 ppm NaClO) presentaron valores de 4,18 y 4,89 con el uso de polipropileno y coextruido de nylon-polietileno. Es decir, la solución D (500 ppm

CSA) conservó una mayor cantidad de SST en las muestras de zanahoria rallada, mientras que el tratamiento E (200 ppm NaClO) presentó menor cantidad. Durante el segundo periodo de almacenamiento (día 8), la tendencia fue similar, y la cantidad de SST fue mayor con el tratamiento D.

Tabla 3.9. Contenido de sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)		
	4	8	12
	Sólidos solubles (° Brix)		
DP	5,28 ± 0,22 ^a	4,85 ± 0,24 ^a	5,00 ± 0,00 ^a
EP	4,18 ± 0,10 ^b	3,50 ± 0,37 ^b	4,00 ± 0,38 ^b
FP	4,36 ± 0,30 ^b	3,94 ± 0,17 ^b	4,65 ± 0,42 ^c
DN	5,13 ± 0,43 ^c	4,88 ± 0,13 ^c	4,93 ± 0,10 ^a
EN	4,89 ± 0,16 ^d	4,55 ± 0,12 ^d	3,97 ± 0,08 ^b
FN	4,97 ± 0,08 ^d	4,07 ± 0,10 ^d	4,92 ± 0,10 ^c
	pH		
DP	5,42 ± 0,14 ^a	5,59 ± 0,17 ^a	5,62 ± 0,17 ^a
EP	6,44 ± 0,06 ^b	6,51 ± 0,14 ^b	6,39 ± 0,04 ^b
FP	6,16 ± 0,14 ^c	6,53 ± 0,09 ^c	6,12 ± 0,05 ^c
DN	5,58 ± 0,13 ^d	5,53 ± 0,10 ^a	5,60 ± 0,06 ^a
EN	6,92 ± 0,08 ^e	6,68 ± 0,08 ^b	6,17 ± 0,45 ^e
FN	6,86 ± 0,12 ^f	5,48 ± 0,46 ^d	4,64 ± 0,05 ^f
	% Acidez titulable (g ácido málico/100 g)		
DP	0,043 ± 0,006 ^a	0,068 ± 0,009 ^a	0,057 ± 0,008 ^a
EP	0,017 ± 0,003 ^b	0,048 ± 0,005 ^b	0,059 ± 0,007 ^a
FP	0,025 ± 0,003 ^c	0,068 ± 0,011 ^c	0,064 ± 0,006 ^b
DN	0,050 ± 0,007 ^d	0,087 ± 0,008 ^d	0,069 ± 0,005 ^c
EN	0,018 ± 0,005 ^e	0,034 ± 0,010 ^c	0,075 ± 0,036 ^c
FN	0,045 ± 0,042 ^f	0,163 ± 0,059 ^f	0,279 ± 0,014 ^d

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 6)

DN: 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno

EN: 200 ppm NaClO y coextruido de nylon-polietileno

FN: agua destilada y coextruido de nylon-polietileno

DP: 500 ppm CSA y polipropileno

EP: 200 ppm NaClO y polipropileno

FP: agua destilada y polipropileno

En día 12, únicamente el factor sanitizante tuvo influencia significativa en SST ($p < 0,05$). Además, todos los grupos fueron heterogéneos.

La cantidad de SST presentó una variación entre 3,50 y 5,28 en todos los tratamientos durante los 12 días de almacenamiento, con una variación de 1,78 °Brix. Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los presentados por Alegria et al. (2010), donde se determinó una variación de SST igual a 1,30 entre el tratamiento control y térmico de zanahoria rallada, almacenada durante 10 días a 5 °C (p. 159). Rocha, Ferreira, et al. (2007), investigaron el comportamiento de zanahoria rallada empacada al vacío y en atmósfera normal, en este estudio se determinó que la cantidad de SST no cambió durante los 10 días de almacenamiento a 2 °C y se mantuvo en un valor de 10 °Brix (p. 449).

Durante los 12 días de almacenamiento, los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno) presentaron mayor cantidad de SST ($>4,88$) en relación con los demás tratamientos. El CSA como solución de inmersión en zanahoria mínimamente procesada permitió conservar la cantidad de SST en un valor más cercano a la materia prima, en comparación al NaClO y control.

3.4.2.2 pH

En los días 4, 8 y 12 de almacenamiento, según el análisis estadístico, se determinó que el uso de las diferentes soluciones sanitizantes y los 2 tipos de empaque tienen influencia significativa en el pH ($p < 0,05$). Los resultados se observan en la Tabla 3.9.

Los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm y coextruido nylon-polietileno) presentaron menores valores de pH que los demás tratamientos durante los 12 días de almacenamiento.

Posiblemente, el CSA causó daño celular en la zanahoria, razón por la cual las muestras fueron más susceptibles al ataque de microorganismos (Ruiz-Cruz, Luo et al., 2006, p. 1890). Una disminución del pH podría estar relacionada con la producción de ácido láctico y ácido acético debido al incremento de las bacterias ácido lácticas (Alegria et al., 2010, p. 159). Probablemente, al usar el empaque de coextruido de nylon-polietileno, éste no permitió la salida de CO₂, reaccionó con el agua de los tejidos de la zanahoria y se produjo una liberación de H⁺, que resultó en la disminución del pH (Rocha, Ferreira, et al., 2007, p. 449). En el tratamiento FN (agua destilada y coextruido de nylon-polietileno), posiblemente se produjo un aumento de bacterias lácticas, debido a que se presentaron valores bajos de pH (5,48 y 4,64) en el día 8 y 12 de almacenamiento, respectivamente, lo cual se reflejó en la disminución del pH y el incremento en la acidez como se detalla en el acápite 3.4.2.3.

El uso de 200 ppm de NaClO (E) y agua destilada (F) con los 2 tipos de empaque mantuvieron valores de pH que oscilan entre 6,12 y 6,92, estos valores son similares al pH obtenido en la caracterización de la materia prima; 6,13, como se presentó en la Tabla 3.3. Resultados similares fueron presentados por Rocha, Mota, et al. (2007) donde no se encontró diferencia de pH en zanahoria mínimamente procesada envasada al vacío y en atmósfera normal a lo largo de 7 días de almacenamiento a 4 °C (p. 27). Alegria et al. (2009) también mostró una leve diferencia (0,2) en el pH de zanahoria rallada sometida a tratamientos con agua clorada, ozonizada, caliente y ultrasonido (p. 67).

El uso de 500 ppm CSA en zanahoria de IV gama, junto con un empaque de polipropileno y coextruido de nylon polietileno afectó el pH del producto final, el cual fue < 6 en los 4, 8 y 12 días de almacenamiento.

3.4.2.3 Acidez titulable

La acidez titulable se midió en % (g de ácido málico/100 g). Los resultados se muestran en la Tabla 3.9. Durante los tres periodos de almacenamiento (día 4, 8

y 12) el uso de diferentes sanitizantes y dos tipos de empaque, influyeron significativamente en la acidez titulable ($p < 0,05$).

En el primer periodo de almacenamiento, los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno) presentaron mayor porcentaje de acidez, con valores de 0,043 y 0,050 %, estos datos se relacionan directamente con el pH bajo que se presentó anteriormente. Los tratamientos no fueron homogéneos, tuvieron diferencia estadísticamente significativa y no ocurrió interacción entre las variables.

En el segundo y tercer periodo de almacenamiento, la acidez del tratamiento FN (agua destilada y coextruido de nylon-polietileno) presentó un incremento, reflejado en la disminución del pH. Probablemente, en el interior del empaque se produjo un ambiente anaerobio, propicio para la producción de ácido láctico y ácido acético debido al incremento de las bacterias ácido lácticas (Alegria et al., 2010, p. 159).

En general, al disminuir el pH, aumentó el porcentaje de ácido málico en la zanahoria de IV gama. Según Pilon, Oetterer, Gallo y Spoto (2006), el incremento en la cantidad de ácidos orgánicos en zanahoria mínimamente procesada, reduce los valores de textura y genera un ablandamiento en los tejidos durante el almacenamiento (p. 152). En esta investigación, se presentó una acidez máxima de 0,279 %, que visualmente no afectó con daños al tejido, como se determinó en el índice de marchitez.

3.4.3. ÍNDICE DE MARCHITEZ

El índice de marchitez se determinó mediante una escala arbitraria de calificación de 5 puntos, según se estableció en el acápite 2.4.3.

El índice de marchitez disminuyó a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, como se presenta en la Tabla 3. 10. La marchitez es el resultado del incremento de la pérdida de agua. Cuando un producto es cortado,

se eleva la tasa de pérdida de humedad, factor importante en la calidad. En productos mínimamente procesados, la marchitez es una de las causas de pérdida de la apariencia visual y textura (Toivonen y Brummell, 2008, p. 9; Toivonen y DeEll, 2002, p. 108).

Tabla 3.10. Índice de marchitez de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR

Tratamiento	Índice de marchitez		
	Día 4	Día 8	Día 12
DP	4,83 ± 0,26 ^a	4,25 ± 0,27 ^a	3,83 ± 0,26 ^a
EP	4,17 ± 0,26 ^b	3,75 ± 0,27 ^b	3,58 ± 0,20 ^{bc}
FP	4,08 ± 0,20 ^b	3,83 ± 0,26 ^{bc}	3,67 ± 0,26 ^{bc}
DN	4,83 ± 0,26 ^a	4,58 ± 0,20 ^d	4,33 ± 0,26 ^d
EN	4,08 ± 0,20 ^b	4,25 ± 0,27 ^a	3,75 ± 0,27 ^{cb}
FN	4,17 ± 0,26 ^b	4,08 ± 0,27 ^{cb}	3,75 ± 0,27 ^{cb}

$\bar{x} \pm \sigma$ (n = 6)

DN: 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno

EN: 200 ppm NaClO y coextruido de nylon-polietileno

FN: agua destilada y coextruido de nylon-polietileno

DP: 500 ppm CSA y polipropileno

EP: 200 ppm NaClO y polipropileno

FP: agua destilada y polipropileno

En el día 4 de almacenamiento, el sanitizante tuvo un efecto estadísticamente significativo en el índice de marchitez ($p < 0,05$). En este periodo de almacenamiento, no se presentó diferencia estadísticamente significativa en el tratamiento control ni en 200 ppm de NaClO. Los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno), presentaron un índice de marchitez de 4,83 en la zanahoria de IV gama, este valor fue el mayor durante este período de almacenamiento. El CSA mantuvo las características visuales cercanas a la zanahoria rallada fresca.

En el segundo y tercer periodo de almacenamiento, el factor sanitizante y tipo de empaque influyeron en los resultados del índice de marchitez ($p < 0,05$). En el día 8 de almacenamiento, las muestras de zanahoria mínimamente procesada empacadas en coextruido de nylon-polietileno y el tratamiento DP (500 ppm CSA y polipropileno) presentaron mayores valores de índice de marchitez ($> 4,08$). El

uso de NaClO y empaque de polipropileno redujo el índice de marchitez a 3,75: el deterioro fue del 25 % con respecto a una muestra fresca, de calificación 5. Se puede determinar que el CSA es más efectivo para evitar el marchitamiento de la zanahoria mínimamente procesada, en comparación con el NaClO. La zanahoria es un tejido vivo, el cual continuó con el proceso de respiración y se perdió el vacío en el 50 %; 33,3 % y 66,6 % de las muestras sometidas a 500 ppm CSA, 200 ppm NaClO y control, respectivamente, pero no influyó en el índice de marchitez y las características visuales se mantuvieron cercanas al producto fresco.



Figura 3.8. Zanahoria de IV gama sumergida en sanitizantes: D: 500 ppm CSA, E: 200 ppm NaClO y F: agua destilada en empaques de coextruido de nylon-polietileno (N) a A: 4 días y B: 12 días de almacenamiento a 5 °C

En el día 12, también se presentó pérdida del vacío en el 50 % de las muestras sometidas a 500 ppm CSA y en la totalidad de los tratamientos con 200 ppm NaClO y en el control, como se observa en la Figura 3.8. A pesar del desarrollo del proceso metabólico de la respiración, el producto mantuvo condiciones de calidad visual aceptables, la zanahoria mínimamente procesada sometida al tratamiento DN (500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno) presentó características visuales cercanas a las de zanahoria fresca, con un índice de marchitez de 4,33. La zanahoria sometida a los tratamientos restantes presentó un índice de marchitez < 4 , caracterizada por tener una ralladura ligeramente firme y decolorada. En algunas muestras, se presentó una ligera fermentación, según los panelistas, como se detalla en el acápite 3.4.5 de análisis sensorial.

El índice de marchitez se mantuvo en un valor $> 4,33$ al aplicar 500 ppm CSA junto con el empacado al vacío en coextruido de nylon-polietileno, durante los 12 días de almacenamiento de zanahoria de IV gama. El uso de polipropileno, con 500 ppm CSA redujo el valor a 3,83. Los tratamientos con NaClO y control, presentaron máximo 3,75 en el índice de marchitez.

3.4.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron análisis microbiológicos de contaje total de aerobios, mohos y levaduras, y coliformes totales mediante siembra en petrifilm de la materia prima (zanahoria sin tratamiento) y los tratamientos de zanahoria de IV gama al día 4, 8 y 12 de almacenamiento a 5 °C. Los resultados se indican en la Tabla 3.11.

Las frutas y vegetales enteros y cortados poseen una gran variedad de microorganismos, la presencia de bacterias mesófilas aerobias, bacterias ácido-lácticas, coliformes, hongos y levaduras se asocia con la reducción en la calidad y en la vida útil del producto final (Cruz et al., 2006, p. 303).

Según los criterios microbiológicos especificados en el acápite 3.2.5, todos los tratamientos estuvieron dentro de los límites establecidos.

Tabla 3.11. Recuento microbiológico (UFC/g) de zanahoria de IV gama almacenada hasta 12 días a 5 °C y 90 % HR

Tratamiento	Análisis	UFC/g		
		Día 4	Día 8	Día 12
DP	E. coli/coliformes	<10	<10	<10
	Aerobios totales	<10	<10	$3,40 \times 10^2$
	Mohos y levaduras	$2,40 \times 10^2$	$3,90 \times 10^3$	$4,40 \times 10^2$
EP	E. coli/coliformes	$5,00 \times 10^2$	$1,40 \times 10^3$	$4,50 \times 10^2$
	Aerobios totales	$3,00 \times 10^3$	$5,30 \times 10^4$	$6,30 \times 10^5$
	Mohos y levaduras	$2,00 \times 10^2$	$1,40 \times 10^2$	$8,90 \times 10^2$
FP	E. coli/coliformes	$1,70 \times 10^4$	$4,40 \times 10^2$	$6,40 \times 10^2$
	Aerobios totales	$2,50 \times 10^4$	$1,60 \times 10^5$	$2,30 \times 10^6$
	Mohos y levaduras	$3,10 \times 10^2$	$2,40 \times 10^3$	$1,04 \times 10^3$
DN	E. coli/coliformes	<10	<10	<10
	Aerobios totales	<10	<10	$1,00 \times 10^1$
	Mohos y levaduras	<10	$5,00 \times 10^1$	$2,10 \times 10^2$
EN	E. coli/coliformes	$5,00 \times 10^1$	$2,00 \times 10^2$	$2,27 \times 10^4$
	Aerobios totales	<10	$1,41 \times 10^3$	$1,91 \times 10^4$
	Mohos y levaduras	$1,00 \times 10^1$	$4,00 \times 10^1$	$2,80 \times 10^2$
FN	E. coli/coliformes	$1,00 \times 10^2$	$6,10 \times 10^2$	$1,00 \times 10^3$
	Aerobios totales	$1,50 \times 10^2$	$2,70 \times 10^3$	$1,62 \times 10^4$
	Mohos y levaduras	$1,20 \times 10^2$	$5,00 \times 10^1$	$3,00 \times 10^1$

DN: 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno

EN: 200 ppm NaClO y coextruido de nylon-polietileno

FN: agua destilada y coextruido de nylon-polietileno

DP: 500 ppm CSA y polipropileno

EP: 200 ppm NaClO y polipropileno

FP: agua destilada y polipropileno

El uso de CSA con los dos tipos de empaque, redujo considerablemente el número de colonias de coliformes en comparación con los tratamientos de NaClO y control, durante los 12 días de almacenamiento a 5 °C. El conteo de coliformes se mantuvo <10 UFC/g con una reducción de hasta 10^4 UFC/g en comparación con el tratamiento control. Ruiz-Cruz, Luo et al. (2006) presentaron resultados que oscilaron entre $3,16 \times 10^3$ y 10^7 UFC/g al usar concentraciones de 100, 250 y 500 µL/L de CSA en zanahoria rallada durante 21 días a 5 °C (p. 1891). El uso

CSA en zanahoria rallada, no presentó *E. coli* O157:H7 en un límite de detección de 100 UFC/g (Allende, Gonzalez, McEvoy, y Luo, 2007, p. 57).

La aplicación de 500 ppm CSA permitió mantener el conteo de aerobios totales en un valor <10 UFC/g durante el día 4 y 8 de almacenamiento, independientemente del empaque utilizado. La reducción que se presentó con respecto al tratamiento control fue entre 10^4 y 10^5 UFC/g, al usar el empaque de polipropileno y se presentó una disminución de 10^2 y 10^3 UFC/g en coextruido de nylon-polietileno durante todo el periodo de almacenamiento. En el día 12, el tratamiento DP (500 ppm CSA y polipropileno) presentó un crecimiento de aerobios de $3,40 \times 10^2$ UFC/g. El incremento también se observó en el tratamiento DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno) al empacar al vacío, pero únicamente fue de 10 UFC/g. La diferencia en la carga microbiana de aerobios, probablemente, fue debido a la reducción del oxígeno en el interior del empaque coextruido de nylon-polietileno que produjo una disminución en el crecimiento aeróbico. En la presente investigación se obtuvieron similares resultados en el conteo de aerobios totales que en otros estudios. Uno de ellos es la investigación que realizaron Sun, Kim, Kwak y Yoon (2012), donde utilizaron 500 mg/L de CSA en zanahoria cortada y obtuvieron una disminución de 2×10^2 hasta 10^4 UFC/g (p. 212). En otro estudio con zanahoria fresca cortada, se redujo significativamente el conteo de aerobios en $1,86 \times 10^2$ UFC/g para 500 μ L/L de CSA en comparación con una población inicial de $19,05 \times 10^3$ UFC/g (Cruz et al., 2006, p. 304). Ruiz-Cruz, Luo et al. (2006) utilizaron 500 μ L/L de CSA, el recuento de aerobios totales fue de aproximadamente entre 10^4 y 10^8 UFC/g (p. 1891).

Los hongos son microorganismos que predominan en las frutas y hortalizas mínimamente procesadas (González y Lobo, 2005, p. 102). Zanahoria fresca cortada sometida a 500 ppm CSA almacenada por 21 días a 5 °C presentó un recuento de mohos y levaduras igual a 10^6 UFC/g (Cruz et al., 2006, p. 304), mientras que en la presente investigación la carga microbiana máxima de dichos microorganismos fue de $4,40 \times 10^2$ UFC/g. En el empaque de coextruido nylon-polietileno, el recuento osciló entre < 10 y 10^2 UFC/g. El recuento microbiológico en las muestras empacadas en polipropileno no presentó una tendencia marcada,

la carga microbiana fue ligeramente mayor en las muestras empacadas con coextruido nylon-polietileno. La aplicación de 500 ppm CSA disminuyó en 10^2 y 10^3 UFC/g en el recuento de *E. coli*/coliformes y aerobios totales en comparación con el tratamiento control.

El CSA posee una capacidad antibacterial atribuida a la formación del ácido cloroso como producto de la acidificación del clorito de sodio con un ácido orgánico. El pH bajo (2,5-3,2) que se utiliza impide estabilizar el pH interno de la célula, dificulta el transporte del sustrato e inhibe los procesos metabólicos (Ruiz-Cruz, Luo et al., 2006, p. 1892).

El cloro es uno de los desinfectantes más usados en la industria, la efectividad para la sanitización de vegetales es mínima y la disminución microbiana está entre 10^2 - 10^3 UFC/g (Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas, 2013, p. 84). El uso de 200 ppm NaClO en zanahoria de IV gama empacada al vacío, produjo una reducción del recuento microbiano aproximado del 90 % hasta el día 8 de almacenamiento a 5 °C, al comparar con el uso de polipropileno en el análisis de *E. coli*/coliformes y aerobios totales. El uso de 200 mg/L de NaClO es tan efectivo como usar concentraciones bajas (100-250 mg/L) de CSA (Allende et al., 2007, p. 61; Ruiz-Cruz, Luo et al., 2006, p. 1891).

El conteo de aerobios totales fue menor en las muestras empacadas al vacío durante los días 4 y 8 de almacenamiento con relación a las selladas en atmósfera normal. En el día 12, se pudo determinar que el crecimiento de coliformes y aerobios totales se incrementó a niveles de 10^4 UFC/g en el tratamiento control y NaClO. Para tal periodo de almacenamiento, probablemente, el cloro perdió su efectividad. Sun et al. (2012), mostraron en sus resultados que el uso de NaClO para lavar zanahoria mínimamente procesada evitó el crecimiento microbiano de aerobios hasta el cuarto día de almacenamiento, lo mismo sucedió en zuquini y rábanos donde inhibió el crecimiento de aerobios hasta el día 2 (p. 213).

La efectividad de las soluciones cloradas puede mejorar si se usa pH bajo, altas temperaturas, agua pura y según el tiempo de contacto (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 295). Bermúdez-Aguirre y Barbosa-Cánovas (2013) encontraron una mayor reducción de mesófilos aerobios ($2,00 \times 10^2$ UFC/g) al tratar zanahoria con agua clorada caliente (200 ppm; 50 °C) que con agua a 4 °C ($5,01 \times 10^1$ UFC/g) (p. 84). Los compuestos del cloro, reducen el conteo de aerobios en vegetales de hoja. Sin embargo, en col y vegetales de raíz como la zanahoria no se consigue tal reducción (Laurila y Ahvenainen, 2002, p. 295).

La zanahoria tratada con NaClO tuvo una reducida presencia de hongos ($<10^3$ UFC/g) al usar empaque de polietileno y coextruido nylon-polietileno. El uso del sellado al vacío permitió reducir hasta el 95 % la presencia de mohos y levaduras en relación al uso de polipropileno. La mayor población microbiana de mohos y levaduras que se obtuvo fue de $8,90 \times 10^2$ UFC/g, en comparación con otros estudios, que presentaron una mayor carga microbiana. Cruz et al. (2006) investigaron zanahoria fresca y encontraron valores de 10^4 UFC/g al los 12 días de almacenamiento a 5 °C en polipropileno (p. 305). Allende et al. (2007) utilizaron 200 mg/L de agua clorada en zanahoria rallada, en el día 14, alcanzó una población de 10^7 UFC/g (p. 58).

El recuento microbiológico de mohos y levaduras en zanahoria mínimamente procesada con los tratamientos de CSA y NaClO no presentó una disminución al comparar con el tratamiento control. Se determinó una diferencia al usar los dos tipos de empaques, pero no al utilizar los sanitizantes. El tratamiento control empacado en coextruido de nylon-polietileno evidenció una disminución en la carga microbiana de alrededor 10^2 UFC/g en comparación con el empacado en atmósfera normal.

La utilización de 500 ppm CSA en zanahoria de IV gama redujo la carga de *E. coli*/coliformes, y aerobios totales a valores menores (<10 UFC/g) en comparación con la materia prima. En mohos y levaduras la reducción fue mínima o nula. Las muestras sometidas al tratamiento con NaClO y el control obtuvieron resultados

similares en varios casos, o no se presentó una reducción del recuento microbiano.

3.4.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Para la evaluación sensorial se escogió al azar una bolsa de zanahoria de IV gama de cada tratamiento. De cada bolsa, se colocó aproximadamente 25 g de muestra en un recipiente previamente numerado con tres dígitos. Se realizó con la ayuda de 12 panelistas semientrenados, se utilizó una prueba descriptiva de calificación con escalas no estructuradas. En el último período de almacenamiento (día 12) se realizó una evaluación visual, los panelistas no degustaron las muestras.

El uso de los diferentes sanitizantes y el tipo de empaque tuvieron influencia estadísticamente significativa en la apariencia de la zanahoria de IV gama en el día 4 y 8 de almacenamiento ($p < 0,05$). La mayor calificación para la apariencia fue para el tratamiento DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno), seguido por las muestras empacadas en N (coextruido nylon-polietileno) y aquellas empacadas en P (polipropileno), como se observa en la Figura 3.9 y 3.10.

Los panelistas reportaron una calificación >6 en los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno), tal resultado coincide con la calificación del índice de marchitez a estos tratamientos, la cual fue de 4,25 y 4,58 para DP y DN, respectivamente. Las muestras de zanahoria se mantuvieron con una ralladura moderadamente firme con una coloración naranja claro.

En los atributos de sabor, acidez, dulzor y sabores extraños, solo tuvo influencia el factor sanitizante ($p < 0,05$) en el día 4 de almacenamiento. El tratamiento que presentó mayor calificación en cada una de las características fue DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno), seguido por la muestra sometida a la misma solución con empaque de polipropileno (DP), como se observa en la Figura 3.9.

Según el análisis estadístico, en la mayoría de los atributos, se presentaron los grupos E y F (200 ppm NaClO y agua destilada) con el mismo comportamiento.

El sabor de la zanahoria, está determinado principalmente por la cantidad y tipo de azúcares que contiene la hortaliza (Klaiber y Baur, 2006, p. 165). Los panelistas reportaron calificaciones de sabor y dulzor, menores a 5,77 y 5,05, respectivamente, estos datos coinciden con la pérdida de sólidos solubles totales SST que se reportó anteriormente debido a los procesos de inmersión y centrifugación. La materia prima tuvo 7,65 °Brix, mientras que en el día 4 y 8 se mantuvo con un promedio de 4,56 °Brix.

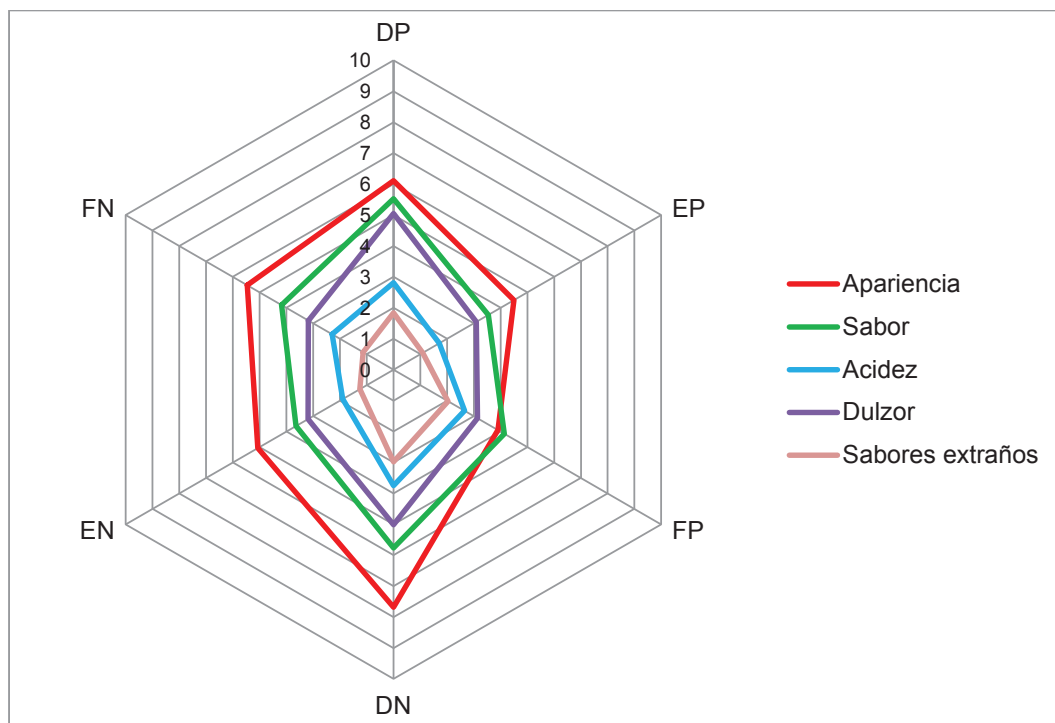


Figura 3.9. Análisis sensorial de zanahoria de IV gama, sometida a diferentes soluciones sanitizantes (D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada) y tipo de empaque (P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno) almacenada durante 4 días a 5 °C

En el día 8, el sanitizante y el tipo de empaque no presentaron influencia estadísticamente significativa en los atributos de sabor, acidez, dulzor y sabores extraños ($p > 0,05$). El tratamiento que presentó mejores características de apariencia y sabor fue el DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno) y DP

(500 ppm CSA y polipropileno), como se observa en la Figura 3.10. Los tratamientos con menor calificación fueron aquellos sometidos a NaClO y control, empacado en P (polipropileno).

La acidificación del clorito de sodio con ácido cítrico no influyó en la acidez de las muestras sometidas a este tratamiento. Los panelistas no detectaron acidez en las muestras. Hasta el día 8 de almacenamiento, la acidez tuvo una calificación de 3,75. Los panelistas reportaron valores menores a 2,98 y 3,30 en el día 4 y 8, respectivamente, en sabores extraños. Por lo tanto, la presencia de esta característica fue mínima en las muestras de zanahoria mínimamente procesada.

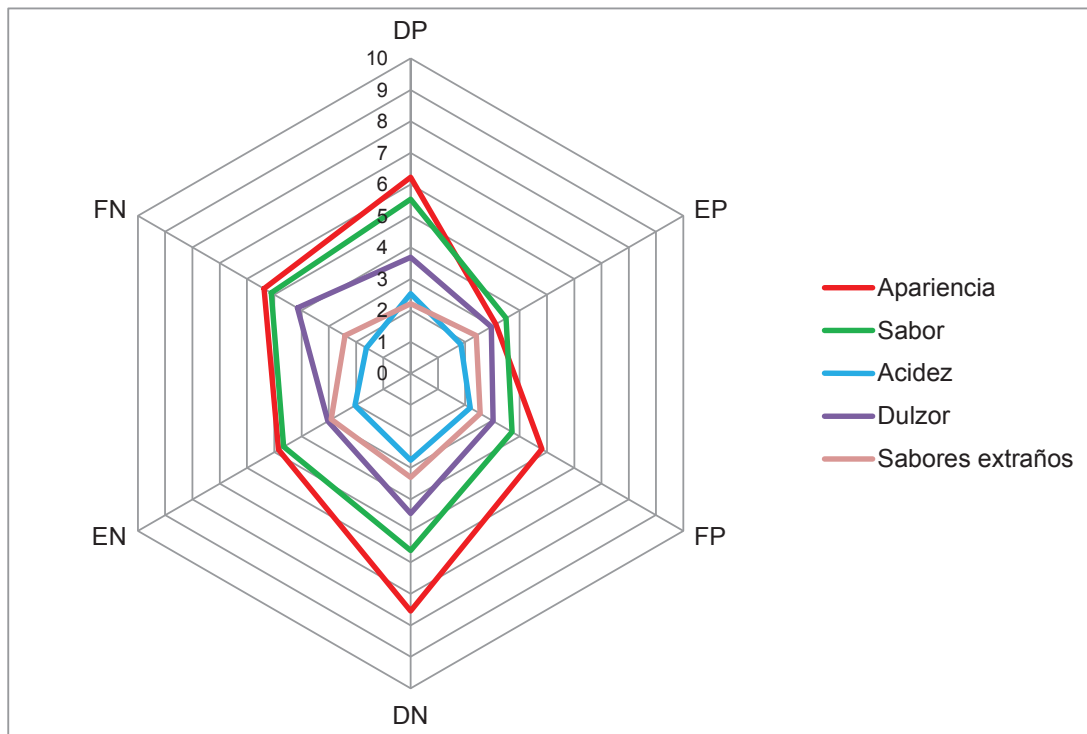


Figura 3.10. Análisis sensorial de zanahoria de IV gama, sometida a diferentes soluciones sanitizantes (D: 500 ppm CSA; E: 200 ppm NaClO; F: agua destilada) y tipo de empaque (P: polipropileno; N: coextruido nylon-polietileno) almacenada durante 8 días a 5 °C

Los resultados de apariencia en el día 12, se presentan en la Tabla 3.12. Las muestras empacadas al vacío (N: coextruido nylon-polietileno) presentaron una mejor calificación que las empacadas en P (polipropileno). En el último periodo de almacenamiento, el 10 % de las muestras que los panelistas recibieron fueron

percibidas con olor a zanahoria fresca, las demás muestras fueron reportadas con un ligero olor a fermentación.

Tabla 3.12. Evaluación visual de zanahoria de IV gama en el día 12 de almacenamiento a 5 °C

Tratamiento	Apariencia
DP	5,26 ± 2,63
EP	3,04 ± 2,73
FP	5,13 ± 2,38
DN	6,05 ± 2,66
EN	6,20 ± 2,24
FN	6,63 ± 1,56

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

DN: 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno

EN: 200 ppm NaClO y coextruido de nylon-polietileno

FN: agua destilada y coextruido de nylon-polietileno

DP: 500 ppm CSA y polipropileno

EP: 200 ppm NaClO y polipropileno

FP: agua destilada y polipropileno

Los tratamientos DP (500 ppm CSA y polipropileno) y DN (500 ppm CSA y coextruido nylon-polietileno) conservaron la apariencia y sabor más cercanos a la zanahoria fresca, en comparación de los demás tratamientos. Hasta el día 8 de almacenamiento, la presencia de sabores extraños y acidez fue mínima. Las muestras de zanahoria mínimamente procesada empacadas en (P) polipropileno presentaron mejor apariencia visual en el día 12 de almacenamiento.

3.5. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA

El tratamiento poscosecha aplicado en la zanahoria mínimamente procesada consistió en una inmersión en CSA, y empacados con polipropileno (P) y coextruido de nylon-polietileno (N). El producto final fue 250 g de zanahoria mínimamente procesada, que fueron empacadas en bolsas de P (polipropileno)

de dimensiones: 24,6 cm de largo×18 cm de ancho; y la medida de las bolsas de coextruido de nylon-polietileno fue 26 cm de largo×20 cm de ancho.

La estimación de costos para la aplicación de los tratamientos poscosecha se realizó para 100 kg/día de zanahoria, cantidad que procesaba una de las empresas artesanales encuestadas.

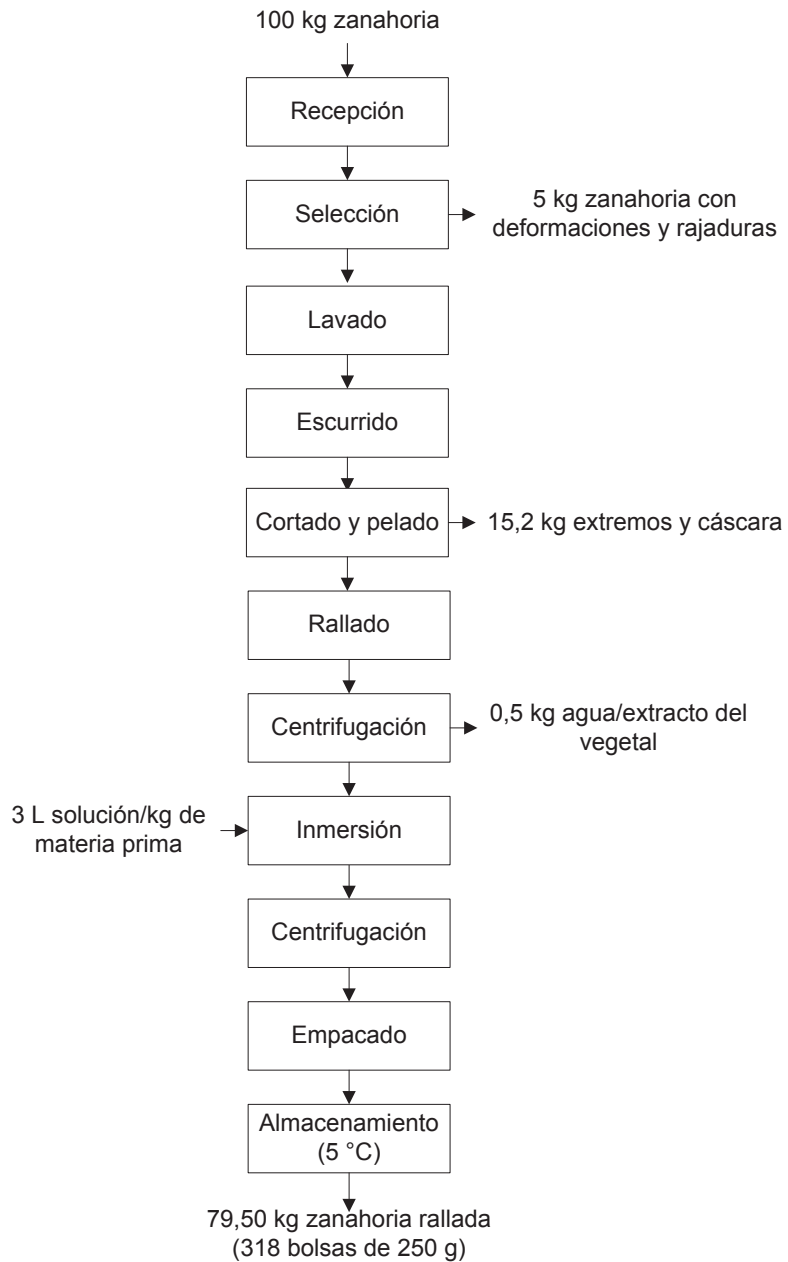


Figura 3.11. Diagrama de proceso para la aplicación de los tratamientos poscosecha en zanahoria de IV gama

Con base en la Figura 3.11, se determinó la mano de obra, servicios generales, insumos que se necesitan para procesar la cantidad requerida. El procesamiento debe llevarse a cabo en una cámara de refrigeración, para disminuir las consecuencias producidas por los cortes en la zanahoria.

Los costos de la aplicación de tratamientos poscosecha se calcularon en función de los costos de materia prima e insumos, mano de obra, costos de agua y energía eléctrica.

Para el proceso de recepción, selección, lavado y escurrido se necesitan 2 trabajadores. El cortado y el pelado son las operaciones más laboriosas, por lo que se necesitan 3 personas. Como el proceso de rallado se realiza mecánicamente, únicamente es necesario 1 operario. Así mismo, se necesita 1 persona que se ocupe de la centrifugación, inmersión y la segunda centrifugación. Para el empacado, se necesitan de 2 trabajadores, serían las personas que se ocuparon de los procesos de recepción, selección, lavado y escurrido, ya que se espera que en un lapso de 2 horas, tales procesos sean terminados. Por lo tanto, el número de trabajadores necesarios son 7. También se necesitan de 2 ingenieros, uno para dirigir la parte de producción y el segundo para el control de calidad de la materia prima y el producto final. Además, se requerirá de una persona que se encargue de la distribución y ventas.

Para realizar el análisis del costo de la energía eléctrica se tomó en cuenta el tiempo que la cámara de refrigeración para el procesamiento permanece prendida y otra para el almacenamiento del producto final. La cámara destinada para el procesamiento permanecerá prendida durante 9 h al día (8 horas laborables más una de almuerzo), no todos los trabajadores saldrán al mismo tiempo para almorzar. En esta cámara, se realizarán las operaciones unitarias de cortado hasta el empacado, esta área será limpia. Las operaciones previas, como la de selección, lavado y escurrido se realizan a temperatura ambiente ya que no interviene daño mecánico alguno en los vegetales. En el costo del agua, intervino el gasto que se utiliza en el lavado de los vegetales y el agua destilada necesaria para realizar la solución de inmersión.

En la tabla 3.13 y 3.14 se detallan los costos que fueron tomados en cuenta para obtener el precio de una bolsa de zanahoria de IV gama sometida a un tratamiento de CSA en empaque de polipropileno y coextruido de nylon-polietileno.

Tabla 3.13. Costo de aplicación del tratamiento de 500 ppm de CSA en zanahoria de IV gama empacada en polipropileno

	Cantidad	Unidades	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
COSTOS FIJOS				
Agua	0,48	m ³	0,63	0,30
Energía eléctrica	21,83	kWh	0,27	5,83
<i>Mano de obra indirecta</i>				
-Gerente de producción	1,00	hombre/día	40,00	40,00
-Control de calidad	1,00	hombre/día	40,00	40,00
-Ventas	1,00	hombre/día	35,00	35,00
Total				121,12
COSTOS VARIABLES				
<i>Materia prima</i>				
-Zanahoria	100,00	kg	0,36	36,00
<i>Mano de obra directa</i>				
-Trabajadores	7,00	hombre/día	16,19	113,33
Total				149,33
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
<i>Insumos</i>				
-Clorito de sodio al 5 %	1,19	kg	7,62	9,06
-Ácido cítrico	0,21	kg	2,60	0,55
-Agua destilada	238,33	kg	0,80	190,66
-Bolsas de polipropileno	318,00	unidad	0,03	9,54
Total				209,81
COSTO TOTAL				480,26
COSTO UNITARIO (250 g)				1,20
BENEFICIO (20%)				0,24
PVP sin IVA				1,44

Tabla 3.14. Costo de aplicación del tratamiento de 500 ppm de CSA en zanahoria de IV gama empacada en coextruido de nylon-polipropileno

	Cantidad	Unidades	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
COSTOS FIJOS				
Agua	0,48	m ³	0,63	0,30
Energía eléctrica	21,83	kWh	0,27	5,83
<i>Mano de obra indirecta</i>				
-Gerente de producción	1,00	hombre/día	40,00	40,00
-Control de calidad	1,00	hombre/día	40,00	40,00
-Ventas	1,00	hombre/día	35,00	35,00
Total				121,12
COSTOS VARIABLES				
<i>Materia prima</i>				
-Zanahoria	100,00	kg	0,36	36,00
<i>Mano de obra directa</i>				
-Trabajadores	7,00	hombre/día	16,19	113,33
Total				149,33
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
<i>Insumos</i>				
-Clorito de sodio al 5 %	1,19	kg	7,62	9,06
-Ácido cítrico	0,21	kg	2,60	0,55
-Agua destilada	238,33	kg	0,80	190,66
-Bolsas de nylon-polietileno	318,00	unidad	0,09	27,06
Total				227,33
COSTO TOTAL				497,78
COSTO UNITARIO (250 g)				1,24
BENEFICIO (20%)				0,25
PVP sin IVA				1,49

El costo de 250 g de zanahoria de IV gama empacada en polipropileno fue de \$ 1,44; mientras que empacado al vacío en un coextruido de nylon-polietileno fue de \$ 1,49. La diferencia de precio entre cada empaque fue de \$ 0,05.

En cada cálculo se añadió un beneficio del 20 %. La venta de las 318 bolsas generaría una utilidad de \$ 1 602,72 y \$1 669, 50 mensuales con el empaque de polipropileno y el coextruido de nylon-polietileno, respectivamente.

Actualmente, en el mercado, se encuentran varias marcas que ofrecen zanahoria de IV gama a mitad del precio obtenido en esta investigación. Sin embargo, no se tiene la seguridad de consumir un producto inocuo, que no afecte la salud del consumidor. A diferencia de la zanahoria mínimamente procesada que se ofrece en la presente investigación, ya que el uso de CSA asegura mantener una carga microbiológica dentro de los límites bibliográficos establecidos.

Además de reducir la carga microbiana en zanahoria mínimamente procesada, el uso de CSA extiende la vida útil del producto. La zanahoria de IV gama empacada en polipropileno tuvo una duración de 12 días, mientras que en el empaque coextruido de nylon-polietileno, 8 días. La zanahoria mínimamente procesada que se vende en los supermercados, tiene una vida útil de aproximadamente 7 días. El incremento del tiempo de vida útil representa mayor tiempo del producto en la percha del supermercado, por lo que una mayor cantidad de personas podría acceder a la compra del producto de IV gama.

Según los análisis físicos y sensoriales que se realizaron en la presente investigación, el uso de CSA disminuye la decoloración de la zanahoria de IV gama y mantiene la apariencia y sabor similar a la zanahoria fresca. Por lo que, el precio que se obtuvo con los tratamientos de CSA y los dos tipos de empaques se justifica, ya que se ofrecería al consumidor un producto con características organolépticas y carga microbiológica aceptable con un tiempo de vida útil entre 8 y 12 días.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ✓ En el país se encontraron 24 empresas que se dedican a la producción de alimentos de IV gama, el 41,67 % respondió la encuesta sobre el Diagnóstico del estado actual de la industria elaboradora de productos hortícolas de IV gama. El 50 % de ellas fueron microempresas, 20% artesanal, 20% pequeña industria y el 10% mediana empresa.
- ✓ Las microempresas y empresas artesanales encuestadas presentaron una calificación promedio de 2,40 en la matriz de factores internos, es decir, tienen una posición interna débil. La pequeña y mediana industria obtuvo una calificación media de 2,68, con un posicionamiento interno fuerte.
- ✓ El 84 % de la materia prima utilizada perteneció a la categoría III según la norma INEN 1747:2012, mientras que el 16 % a la categoría II. El contenido de SST fue de 7,65 y pH de 6,13.
- ✓ La aplicación de 100, 250 y 500 ppm CSA influyó significativamente en la concentración de CO₂ en el interior del empaque. Además de las concentraciones del sanitizante, el tiempo de inmersión presentó un efecto significativo en el índice de blancura en la zanahoria de IV gama. A mayor concentración de CSA, menor nivel de CO₂ y menor índice de blancura.
- ✓ El uso de 100, 250 y 500 ppm CSA conservó la zanahoria de IV gama con una apariencia visual firme y moderadamente firme durante 12 días de almacenamiento a 5 °C.
- ✓ El uso de 500 ppm CSA y el empaque de coextruido de nylon-polietileno en zanahoria de IV gama, presentó una reducida pérdida de peso, igual a 0,07 %, mientras que al utilizar el empaque de polipropileno, el valor

ascendió a 1,77 % en el día 12 de almacenamiento a 5 °C. El tratamiento control tuvo pérdidas hasta del 2,96 % en el peso.

- ✓ La cantidad de SST en la zanahoria de IV gama disminuyó el 40 % con respecto a la materia prima, debido al proceso de inmersión y centrifugación.
- ✓ El uso de 500 ppm CSA y coextruido de nylon-polietileno, permitió mantener la ralladura de la zanahoria con una textura firme. La aplicación de NaClO y los dos tipos de empaque presentaron un índice de marchitez entre leve y moderado al final del almacenamiento.
- ✓ Todos los tratamientos analizados estuvieron dentro de los rangos microbiológicos establecidos en la bibliografía. El CSA redujo la carga microbiológica de *E. coli*/coliformes y aerobios totales a valores menores de 10 UFC/g. En mohos y levaduras la reducción fue mínima o nula.
- ✓ La apariencia y sabor de las muestras sometidas a 500 ppm CSA y empacadas en coextruido de nylon-polietileno presentaron mayor aceptabilidad por parte de los panelistas, no se detectaron sabores extraños ni acidez.
- ✓ El tiempo de vida útil de la zanahoria de IV gama con inmersión en 500 ppm CSA y empacada en coextruido de nylon-polietileno se limitó a 8 días, por la pérdida de vacío. En la zanahoria mínimamente procesada empacada en polipropileno se extendió la vida útil a 12 días con una apariencia aceptable.
- ✓ El costo de 250 g de zanahoria mínimamente procesada empacada en polipropileno fue de \$ 1,44. El valor del producto empacado al vacío en coextruido de nylon-polietileno fue igual \$ 1,49, en los dos casos se añadió el 20 % de beneficio.

4.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar investigaciones para determinar la variación en el contenido de carotenos durante el procesamiento y almacenamiento de zanahoria de IV gama.
- ✓ Investigar menores concentraciones de CSA y/o mayores tiempos de inmersión en zanahoria de IV gama, que sean equivalentes a los resultados de esta experimentación.
- ✓ Investigar el efecto de la aplicación del tratamiento de CSA antes del proceso de rallado, en zanahoria de IV gama, para determinar si se presenta una reducción en la pérdida de SST.
- ✓ Realizar un análisis enzimático para determinar el comportamiento de la zanahoria mínimamente procesada frente a diferentes soluciones sanitizantes.
- ✓ Desarrollar una norma ecuatoriana donde se describan los límites microbiológicos para frutas y hortalizas mínimamente procesadas.
- ✓ Aplicar soluciones de CSA en hortalizas, frutas y mezclas de vegetales y determinar los cambios en las características organolépticas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achón, M., Alonso, E., Varela, G., García, A. (2006). *Alimentos precocinados*. Recuperado de: <http://www.fen.org.es/imgPublicaciones/3152007612.pdf>. (Octubre, 2013).
2. AFHORLA. (2010). Asociación Española de Frutas y Hortalizas Lavadas, Listas para su Empleo. *Guía de Buenas Prácticas de Producción de IV gama*. Recuperado de: http://www.fepex.es/ficheros/AFHORFRESH/GUIA_IVgama/GuiaBuenasPracticas_IV_Gama_ver2.pdf. (Octubre, 2013).
3. Agroecuador. (2000). *Cebolla y zanahoria*. Recuperado de: www.agroecuador.com/HTML/angendaInter/estcebollazanahoria/Cebolla%20y%20Zanahoria. (Febrero, 2014).
4. Alegria, C., Pinheiro, J., Duthoit, M., Gonçalves, E., Moldão-Martins, M., y Abreu, M. (2012). Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *Food Science and Technology*, 48(2), 197–203. doi:10.1016/j.lwt.2012.03.013.
5. Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E., Fernandes, I., Moldão, M., y Abreu, M. (2010). Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 155–161. doi:10.1016/j.ifset.2009.10.008.
6. Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E. M., Fernandes, I., Moldão, M., y Abreu, M. (2009). Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. Nantes) as affected by alternative decontamination

processes to chlorine. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(1), 61–69. doi:10.1016/j.ifset.2008.08.006.

7. Alessandro, M. (2013). Características botánicas y tipos varietales. En: J. Gaviola. (Ed.), *Manual de producción de zanahoria*, (pp. 27- 46). La Consulta-Mendoza, Argentina: INCA.
8. Allende, A., Gonzalez, R. J., McEvoy, J. L., y Luo, Y. (2007). Assessment of Sodium Hypochlorite and Acidified Sodium Chlorite as Antimicrobial Agents to Inhibit Growth of *Escherichia coli* 0157: H7 and Natural Microflora on Shredded Carrots. *International Journal of Vegetable Science*, 13(3), 51–63. doi:10.1300/J512v13n03.
9. Anzaldúa, A. (1994). “*La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*”. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
10. AOAC. (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (18ava. ed.). Arlington, USA: A.O.A.C International.
11. Artés-Hernández, F. y Artés-Calero, F. (2005). Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo. En O. G. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 541-558). Sonora, México: Logiprint Digital.
12. 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. Recuperado de <http://www.horticom.com/revistasonline/rhi69.php> (Septiembre, 2013).
13. Barbosa, L., Carciofi, B., Dannenhauer, C. y Monteiro, A. (2011). Influence of temperature on the respiration rate of minimally processed organic

carrots (*Daucus carota* L. cv. Brasília). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 31(1). 78-85. doi: 10.1590/S0101-20612011000100010

14. Barrera, M. (2001). *Situación y desempeño de las PYMES de Ecuador en el mercado internacional*. En Mecanismos de promoción de exportaciones para las pequeñas y medianas empresas en los países de la ALADI, Montevideo, Uruguay. Recuperado de [http://www.aladi.org/nsfaladi/reuniones.nsf/dab401eea2e85cea03256ac6004de835/5a4879fcc06d040b03256ac6004e0a11/\\$FILE/ecuador.doc](http://www.aladi.org/nsfaladi/reuniones.nsf/dab401eea2e85cea03256ac6004de835/5a4879fcc06d040b03256ac6004e0a11/$FILE/ecuador.doc) (Octubre, 2013).
15. Barrett, D. M., Beaulieu, J. C., y Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(5), 369–389. doi:10.1080/10408391003626322.
16. Barry-Ryan, C., y Martin-Diana, A. B. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 373–386. Recuperado de <http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1027>. (Noviembre, 2013)
17. Beaulieu, J. (2011). Factors affecting sensory quality of fresh-cut produce. En O. Martín-Belloso y R. Soliva-Fortuny. (Eds.), *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*, (pp. 115-136). USA: CRC Press.
18. Bermúdez-Aguirre, D., y Barbosa-Cánovas, G. (2013). Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*, 29(1), 82–90. doi:10.1016/j.foodcont.2012.05.073.

19. Cantwell, M. y Suslow, T. (2002). Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. En A. Kader. (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops*, (pp. 445-463). USA: University of California.
20. Castro, K. (2011). *Tecnología de alimentos*. (1ra. ed.). Colombia: Ediciones de la U.
21. Catalá, R., Lagarón, J. y Gavara, F. (2005). Tipos de envases utilizados. En O. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 427-443). Sonora, México: Logiprint Digital.
22. Chaidez, C., Castro del Campo, N., Basilio, J., Contreras, L., González, G. y Ayala, F. (2012). Chlorine. En: V. Gómez. (Ed.), *Decontamination of fresh and minimally processed produce*, (pp. 121-133). Hoboken NJ, USA: Wiley-Blackwell.
23. Cisneros-Zevallos, L., Saltveit, M. E., y Krochta, J. M. (1995). Mechanism of Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. *Journal of Food Science*, 60(2), 320–323. doi:10.1111/j.1365-2621.1995.tb05664.x.
24. Corbo, M., Speranza, D., Campanello, D., Amato, D. y Sinigaglia, M. (2010). *Current research technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*. (1ra. ed.). Italia: Formatex research center.
25. Crisosto, C. y Mitchell, J. (2002). Preharvest factors affecting fruit and vegetable quality. En Kader, A. (Ed.) *Postharvest technology of horticultural crops*, (pp. 49-54). Oakland, California, USA: University of California.

26. Cruz, S., Acedo, E., Díaz, M., Islas, M. y González, G. (2006). Efectividad de sanitizantes en la reducción microbiana y calidad de zanahoria fresca cortada. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(4), 299–306. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/610/61029404.pdf>. (Noviembre, 2013).
27. Cuaran, N. (2009). *Identificación de las propiedades físico-químicas de la zanahoria amarilla (Daucus carota L.) variedad Chantenay, en dos estados de madurez (Inmaduro-maduro) proveniente de Antonio Ante-Imbabura*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
28. Del Toro, M., y Martinotti, M. (2013). Nematodos fitoparásitos en cultivos de zanahoria. En: J. Gaviola. (Ed.), *Manual de producción de zanahoria*, (pp. 101-107). La Consulta-Mendoza, Argentina: INCA.
29. Díaz, R., Vernon, J. (1999). Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(3), 133-136.
30. Diccionario de ciencias: Oxford-Complutense. (2000). *Hipocótilo*. (1ra. ed.). España: Editorial Complutense S.A.
31. ETSIA. (2011). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. *Fichas de plantas útiles. Zanahoria*. Recuperado de: <http://www1.etsia.upm.es/departamentos/botanica/fichasplantas/zancomp.html> (Julio, 2014)
32. Fan, Xuetong. (2012). Ionizing radiation. En: V. Gómez-López. (Ed.), *Decontamination of fresh and minimally processed produce*, (pp. 379-398). USA: John Wiley & Sons.

33. FDA. (2011). Food and Drugs Administration. *Secondary direct food additives permitted in food for human consumption*. Code of Federal Regulations Title 21. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm?fr=173.325> (Enero, 2014).
34. Fred, D. (2008). *Conceptos de Administración Estratégica*. (11va. ed.). México: Pearson Educación.
35. Gabriel, E. (2013). Implantación y manejo del cultivo. En: J. Gaviola. (Ed.), *Manual de producción de zanahoria*, (pp. 47-69). La Consulta-Mendoza, Argentina: INCA.
36. García, M. (2008). *El cultivo de zanahoria*. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO%20HORTICULTURA/ZANAHORIA/ZANAPRE5public.pdf> (Mayo, 2014).
37. García, M., Ventosa, M., Díaz, R., y Casariego, A. (2011). Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con aloe vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 21(3), 62–67. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10609593?ppg=4>. (Junio, 2014).
38. Gil, M., Allende, A., López-Gálvez, F., y Selma, M. (2009). ¿Hay alternativas al cloro como higienizante para productos de IV Gama? *Horticultura Internacional*, 69, 38–45. Recuperado de <http://www.horticom.com/revistasonline/rhi69.php> (Septiembre, 2013).
39. Gil, M., Allende, A. y Selma, M. (2011). Treatments to ensure safety of fresh-cut fruits and vegetables. En O. Martín-Belloso y R. Soliva-Fortuny. (Eds.), *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*, (pp. 211-228). USA: CRC Press.

40. Gil, M., Selma, M., López-Gálvez, F., y Allende, A. (2009). Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. *International journal of food microbiology*, 134(1-2), 37–45. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.021.
41. Gómez, D. y Vásquez, M. (2011). *Postcosecha. Serie: Producción orgánica de hortalizas de clima templado*. (1ra. ed.) Tegucigalpa, Honduras: Demal.
42. Gómez, V. (2012). Miscellaneous decontaminants. En: V. Gómez. (Ed.), *Decontamination of fresh and minimally processed produce*, (pp. 277-282). Hoboken NJ, USA: Wiley-Blackwell.
43. González, M. y Lobo, M. (2005). Técnicas de procesamiento. En: G. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 96-115). Sonora, México: Logiprint Digital.
44. González, R., Allende, A., Ruiz-Cruz, S. y Luo, Y. (2005). Sanitizantes utilizados. En: G. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 263-286). Sonora, México: Logiprint Digital.
45. Goodburn, C., y Wallace, C. (2013). The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. *Food Control*, 32(2), 418–427. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.12.012.
46. Heard, G. (2002). Microbiology of fresh-cut produce. En: L. Olusola. (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology, and market*, (pp. 194-255). USA: CRC-Press.

47. INEN. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108:2011. Agua potable. Requisitos.* (1ra. ed.). Ecuador.
48. INEN. (2012). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1747:2012. Hortalizas frescas. Zanahoria, Requisitos.* (1ra. ed.). Ecuador.
49. INAMHI. (2014). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. *Previsión del Tiempo.* Pronóstico por regiones. Recuperado de <http://186.42.174.231/pronostico/prediccion.htm>. (Agosto, 2014).
50. ICMSF. (1998). Internacional Commission on Microbiological Specifications for Food. *Microorganismos de los alimentos 6. Ecología microbiana de los productos alimentarios.* (6ta. ed.). España: Acribia S.A.
51. Izumi, H., Watada, A., y Ko, N. (1995). Quality Changes in Carrot Slices, Sticks and Shreds Stored at Various. *Food Sci. Technology Int.*, 1(2), 71–73. Recuperado de <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-1784.pdf>. (Noviembre, 2013).
52. Jáuregui, J. y Chávez, N. (2006). *Glosario de biotecnología.* (1ra. ed.). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
53. Kader, A. (2002a). Modified atmospheres during transport and storage. En Kader, A. (Ed.) *Postharvest technology of horticultural crops*, (pp. 135-144). Oakland, California, USA: University of California.
54. Kader, A. (2002b). Quality parameters of fresh-cut fruits and vegetable products. En: L. Olusola. (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology, and market*, (pp. 21-30). USA: CRC-Press.

55. Klaiber, R., y Baur, S. (2006). Quality of shredded, packaged carrots as affected by different washing treatments. *Journal of food science*, 69(4), 161–166. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06358.x/abstract>.
56. Klaiber, R., Baur, S., Wolf, G., Hammes, W., y Carle, R. (2005). Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(3), 351–362. doi:10.1016/j.ifset.2005.03.002.
57. Kotecha, P., Desai, B., y Madhavi, D. (2004). La zanahoria. En: D. Salunke y S. Kadam. (Eds.), *Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas*, (pp. 119-139). Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
58. Krasaekoopt, W. y Bhandari, B. (2011). Fresh-cut vegetables. En: N. Sinha. (Ed.), *Handbook of vegetables and vegetable processing*, (pp. 221-242). Iowa, USA: Wiley-Blackwell.
59. Larriqueta, J., y Martinotti, M. (2013). Control de malezas. En: J. Gaviola. (Ed.), *Manual de producción de zanahoria*, (pp. 101-107). La Consulta-Mendoza, Argentina: INCA.
60. Laurila, E. y Ahvenainen, R. (2002). Minimal processing of fresh fruits and vegetables. En: W. Jongen. (Ed.), *Fruit and vegetable processing. Improving quality*, (pp. 288-306). England: CRC Press.
61. Lavelli, V., Pagliarini, E., Ambrosoli, R., Minati, J., y Zanoni, B. (2006). Physicochemical, microbial, and sensory parameters as indices to evaluate the quality of minimally-processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*, 40(1), 34–40. doi:10.1016/j.postharvbio.2005.12.004.

62. Lehto, M., Kuisma, R., Määttä, J., Kymäläinen, H., y Mäki, M. (2011). Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control*, 22(3-4), 469–475. doi:10.1016/j.foodcont.2010.09.029.
63. Linde, A. (2010). *Estudio y demostración del procesado de diferentes productos hortofrutícolas de IV gama (brócoli, patatas, naranja y mandarina)*. Asociación para el desarrollo rural Medio Guadalquivir. España: LINDE S.A.
64. Martín-Belloso, O. y Rojas-Graü, M. (2005). Factores que afectan la calidad. En O. G. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 77-91). Sonora, México: Logiprint Digital.
65. Mastromatteo, M., Conte, A., y Del Nobile, M. (2012). Packaging strategies to prolong the shelf life of fresh carrots (*Daucus carota* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 215–220. doi:10.1016/j.ifset.2011.10.010.
66. Mehyar, G. y Han, J. (2011). Active packaging for fresh cut fruits and vegetables. En: A. Brody, H. Zhuang y J. Han. (Eds.), *Modified atmosphere packaging for fresh cut fruits and vegetables*, (pp. 267-284). USA: Blackwell Publishing.
67. MINSA/DIGESA. (2008). Ministerio de Salud/Dirección general de salud ambiental. *Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebida de consumo humano Lima-Perú*. Recuperado de [http:// www.digesa.sld.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf](http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf). (Agosto, 2014)

68. Mitcham, E. y Mitchell, F. (2011). Sistemas de Manejo Postcosecha: Frutos Pomo. En: A. Kader y A. Pelayo (Eds.), *Tecnología Postcosecha de cultivos hortofrutícolas*, (pp. 377-390). California: Universidad de California.
69. Parzanese, M. (2010). *Ficha N°11. Tecnologías para la industria alimentaria: Vegetales mínimamente procesados*. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_11_Vegetales.pdf. (Septiembre, 2013).
70. Pensiero, J., Gutiérrez, H., Luchetti, A., Exner, Eliana., Kern, V., Brnich, E., Oakley, L., Prado, D., y Lewis, J. (2005). *Flora vascular de la provincia de Santa Fe: claves para el reconocimiento de las familias y géneros. Catálogo sistemático de las especies*. (1ra. ed.). Santa Fe, Argentina: UNL.
71. Piccolo, R. (2013). Enfermedades de la zanahoria. En: J. Gaviola. (Ed.), *Manual de producción de zanahoria*, (pp. 153-167). La Consulta-Mendoza, Argentina: INCA.
72. Pilon, L., Oetterer, M., Gallo, C. R., y Spoto, M. (2006). Shelf life of minimally processed carrot and green pepper. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 26(1), 150–158. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100025. (Enero, 2014)
73. RAE. (2001). Real Academia Española. *Aquenio, Entomófila, Fusiforme, Raleo*. Recuperado de: <http://lema.rae.es/drae/> (Julio, 2014).
74. Ragaert, P., Jacxsens, L., Vanderkinderen, I., Baert, L. y Devlieghere F. (2011). Microbiological and safety aspects of fresh cut fruits and vegetables. En: O. Martín-Belloso y R. Soliva-Fortuny (Ed.),

Advances in fresh cut fruits and vegetables processing, (pp. 54-75).
USA: CRC Press.

75. Ramos, B., Miller, F., Brandão, T., Teixeira, P., y Silva, C. (2013). Fresh fruits and vegetables—An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 1–15. doi:10.1016/j.ifset.2013.07.002.
76. Reina, C., y Bonilla, J. (1997). *Manejo postcosecha y evaluación de calidad de zanahoria (Daucus carota L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Recuperado de <http://biblioteca.agronet.gov.co:8080/jspui/handle/123456789/808> (Noviembre, 2013).
77. Rocha, A., Ferreira, J., Silva, Â., Almeida, G., y Morais, A. (2007). Quality of grated carrot (var. Nantes) packed under vacuum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 447–451. doi:10.1002/jsfa.2723.
78. Rocha, A., Mota, C., y Morais, A. (2007). Physico-chemical qualities of minimally processed carrot stored under vacuum. *Journal of Foodservice*, 18(1), 23–30. doi:10.1111/j.1745-4506.2007.00043.x.
79. Rodríguez, A., Rivera, M. y González, G. (2005). Uso de atmósferas modificadas y controladas. En: G. González, A. Gardea y F. Cuamea. (Eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, (pp. 446-474). Sonora, México: Logiprint Digital.
80. Rojas-Graü, M. A., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., y Martín-Belloso, O. (2009). The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(5), 875–889. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.01911.x.

81. Ruiz-Cruz, S., Acedo, E., Díaz, M., Islas, M. y González-Aguilar, G. (2006). Efectividad de sanitizantes en la reducción microbiana y calidad de zanahoria fresca cortada. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 299-306. doi: 10.1016/j.foodcont.2006.09.008.
82. Ruiz-Cruz, S., Luo, Y., Gonzalez, R. J., Tao, Y., y González, G. A. (2006). Acidified sodium chlorite as an alternative to chlorine to control microbial growth on shredded carrots while maintaining quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1887–1893. doi:10.1002/jsfa.
83. Salas, J., Bonada, A., Trallero, R., Saló, M., y Burgos, R. (2008). *Nutrición y dietética clínica*. (2da. ed.). España: Elsevier Masson.
84. Sánchez, M. (2004). *Procesos de conservación poscosecha de productos vegetales*. (1ra. ed.). España: A. Madrid Vicente Ediciones.
85. Santamaría, M., Roselló, J. y García, F. (2004). *Prácticas de Biología y Botánica*. (1ra. ed.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
86. Sarkar, B. y Sharma, H. (2011). Carrots. En: N. Sinha. (Ed.), *Handbook of vegetables and vegetable processing*, (pp. 565-580). Iowa, USA: Wiley-Blackwell.
87. Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., y Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot-a review. *Journal of food science and technology*, 49(1), 22–32. doi:10.1007/s13197-011-0310-7.
88. Simon, P., Freeman, R., Vieira, J., Boiteux, L., Briard, M., Nothnagel, T., Michalik, B. y Young-Seok, K. (2008). Carrot. En: J. Prohens y F.

Nuez. (Eds.), *Handbook of plant breeding*, (pp. 327-357). New York, USA: Springer Science.

89. Simson, S. y Straus, M. (2010). *Post-harvest technology of horticultural crops*. (1ra. ed.) Jaipur, India: Global Media.
90. SINAGAP. (2000). Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. *III Censo Nacional Agropecuario. Superficie, producción y ventas, según cultivos transitorios*. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-nacionales/file/261-20-cultivos-transitorios-superficie-produccion-y-ventas> (Junio, 2014).
91. Sommer, N., Fortlage, R. y Edwards, D. (2011). Enfermedades postcosecha de productos seleccionados. En: A. Kader y C. Pelayo-Zaldivar. (Eds.), *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*, (pp. 231-274). California, USA: Universidad de California.
92. StatPoint, Inc. (2006). Statgraphics Centurion VX (Versión 15.2.11).
93. Sun, S., Kim, S., Kwak, S., y Yoon, K. (2012). Efficacy of Sodium Hypochlorite and Acidified Sodium Chlorite in Preventing Browning and Microbial Growth on Fresh-Cut Produce. *Preventive Nutrition and Food Science*, 17(3), 210–216. doi:10.3746/pnf.2012.17.3.210.
94. Tawil, M. (2003). *Efecto de cubiertas de quitosano con características hidrofóbicas en la vida de anaquel de zanahorias mínimamente procesadas*. (Tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos no publicado). Universidad de las Américas, Puebla, México.

95. Toivonen, P., y Brummell, D. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.09.004.
96. Toivonen, P. y DeEll, J. (2002). Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. En: L. Olusola. (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology, and market*, (pp. 100-132). USA: CRC-Press.
97. USDA. (2008a). United States Department of Agriculture. *Basic report 11124, Carrots, raw. Spinach y col.* Recuperado de <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/#> (Junio, 2014).
98. USDA. (2008b). United States Department of Agriculture. *Acidified sodium chlorite: Handling/Processing. Technical Evaluation Report for the USDA National Organic Program.* Recuperado de <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5072951> (Enero, 2014).
99. Vasco, V. (2008). *Determinación de parámetros físico-químicos de zanahoria amarilla (Daucus carota) como base para el establecimiento de la norma de requisitos.* (Tesis para optar por el título de Bioquímico Farmacéutico no publicada). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
100. Viña, S., y Chaves, A. (2004). IV Gama: Tecnologías Aptas para la Conservación de Hortalizas. *Hortalizas*, 37–41. Recuperado de www.biblioteca.org.ar/libros/210665.pdf. (Septiembre, 2013)
101. Watada, A., Ko, N., y Minott, D. (1996). Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*, 9(2), 115–125. doi:10.1016/S0925-5214(96)00041-5.

102. Watada, A., y Qi, L. (1999). Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 201–205. doi:10.1016/S0925-5214(98)00085-4.
103. Yahia, E., Barry-Ryan, C. y Dris, R. (2004). Treatments and techniques to minimize the postharvest losses of perishable food crops. En: R. Dris y S. Mohan (Ed.), *Postharvest treatment and technology* (pp. 95-133). USA: Kluwer Academic.
104. Yugsi, L. (2011). *Producción limpia de hortalizas. Módulos de capacitación para capacitadores. Módulo 2*. (1ra. ed.). Quito, Ecuador: INIAP.

ANEXOS

ANEXO I

ENCUESTA: DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA ELABORADORA DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS DE IV Y V GAMA

Nombre: _____ Cargo: _____
 Razón Social: _____ Nombre comercial: _____
 Dirección: _____ Teléfono: _____

1. La categoría de su empresa es:

- Microempresa (Hasta 10 trabajadores)
- Artesanal (Máximo 20 trabajadores)
- Pequeña industria (Hasta 50 trabajadores)
- Mediana industria (50-99 trabajadores)
- Grande empresa (más de 100 trabajadores)

2. ¿Existe comunicación entre cliente-empresa?

- Si
- No

3. Enumere los productos que elabora

Frutas	Hortalizas	Mezclas

4. ¿De dónde proviene su materia prima?

- Cultivo propio
- Proveedor (especifique) _____
- Otro _____

5. La calidad de la materia prima es:

5: excelente

4: bueno

3: aceptable

2: mala

1: inaceptable

6. El almacenamiento de la materia prima lo realiza:

Al ambiente

En refrigeración

No almacena, se procesa inmediatamente

7. ¿Realiza control microbiológico de?

Materia prima:

Si Indique la frecuencia _____

No

Producto final:

Si Indique la frecuencia _____

No

8. Indique el/los tipo(s) de análisis microbiológico que realiza:

Contaje total

Hongos

Levaduras

Coliformes totales

Listeria monocytogenes

Otro (especifique) _____

9. ¿A qué temperatura procesan los productos?

Ambiente (18 °C)

Refrigeración (4 °C)

10. ¿Qué tratamiento realiza previo al procesamiento de su materia prima?

- Preenfriamiento
- Inmersión en soluciones
- Ninguno
- Otro (especifique) _____

11. ¿Posee manuales de procedimiento?

- Si
- No

12. ¿Mantiene datos del rendimiento del proceso?

- Si ¿Cuál es? _____
- No

13. Indique el tipo de empaque de su producto

- Bandejas de poliestireno con film PVC
- Bandejas de poliestireno con film de PEBD
- Bandejas PET cristalinas
- Bolsas de polietileno
- Bolsas de polipropileno
- Otro (especifique) _____

14. El empaque que utiliza se debe a:

- Recomendación de productores
- Asesoría técnica
- Bajo costo
- Otro (especifique) _____

15. Indique el peso de su producto final:

- 250 gramos
- 500 gramos
- 1 kilogramo
- Otro (especifique) _____

16. ¿El empaque informa que el producto debe ser almacenado en refrigeración?

Si

No

17. ¿El producto tiene una duración?

Mayor tiempo del estimado (____ días)

Tiempo esperado (____ días)

Menor tiempo del estimado (____ días)

No realiza control

18. ¿Realiza control de calidad de su producto final?

Si

No

En implementación

19. ¿Posee sistema de trazabilidad de su producto?

Si

No

En implementación

20. El transporte del producto hacia los puntos de distribución/comercialización se realiza en:

Camiones con sistemas de refrigeración

Camiones cubiertos a temperatura ambiente

Otro (especifique) _____

21. Indique los sitios de entrega de sus productos:

Distribuidor

Supermercado

Restaurantes

Hoteles

Catering

Otro (especifique) _____

22. ¿El personal recibe capacitación acerca de manipulación de alimentos?

Si Indique la frecuencia _____

No

23. Indique la indumentaria que el personal utiliza para la manipulación de alimentos

Mandil

Calzado adecuado

Cofia

Guantes

Mascarilla

Uniforme limpio

24. Seleccione el producto que utiliza para la limpieza de:

	Materia prima	Equipos	Utensilios	Área producción	Manos
Cloro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amonio cuaternario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agua caliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orgánico (especifique)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otro (especifique)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25. ¿Por qué utiliza el producto antes mencionado?

Recomendación de productores

Asesoría técnica

Bajo costo

Otros (especifique) _____

26. La limpieza de los equipos es:

Diaria

Quincenal

Otro (especifique) _____

Semanal

Mensual

27. ¿Qué uso se da a los residuos producidos?

Se desechan

Producto secundario

Reproceso

Gestores

Otro (especifique) _____

28. ¿Posee un sistema de aseguramiento de calidad en su empresa?

Si

No

En proceso

29. La empresa tiene certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Si

No

En proceso

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

ANEXO II

INSPECCIÓN DE LA CALIDAD VISUAL DE ZANAHORIA ENTERA: FIRMEZA

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 	<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>Muy suave</p>	<p>Suave</p>	<p>Ligeramente firme</p>	<p>Firme</p>	<p>Muy firme</p>
--	--	---	--	--	-------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------	-------------------------

Figura AII.1. Escala gráfica para determinar la firmeza en zanahoria entera

ANEXO III

INSPECCIÓN DE LA CALIDAD VISUAL DE ZANAHORIA ENTERA: DAÑO FÍSICO

<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">1</div>  </div>	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">2</div>  </div>	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">3</div>  </div>	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">4</div>  </div>	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; margin: 0 auto;">5</div>  </div>	<p>Extremo</p>	<p>Severo</p>	<p>Moderado</p>	<p>Discreto</p>	<p>Ninguno</p>
--	--	---	--	--	-----------------------	----------------------	------------------------	------------------------	-----------------------

Figura AIII.1. Escala gráfica para determinar el daño físico en zanahoria entera

ANEXO IV

INSPECCIÓN DE LA CALIDAD VISUAL DE ZANAHORIA ENTERA: PORCENTAJE DE PATÓGENOS

				
90-100 %	60-90 %	30-60 %	10-30 %	0-10 %

Figura AIV.1. Escala gráfica para determinar el porcentaje de patógenos en zanahoria entera

ANEXO V

CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL ANALIZADOR RÁPIDO DE O₂-CO₂ POSTHARVEST RESEARCH

Volumen de muestra:	1 mL
Gas portador:	Nitrógeno
Flujo:	100 mL/min
Presión:	15 psi
✓ Para analizar atmósferas en el interior del empaque	
Estándar de CO ₂	3 %
Rango del detector de CO ₂	0,8 %
Rango del registrador	10 v

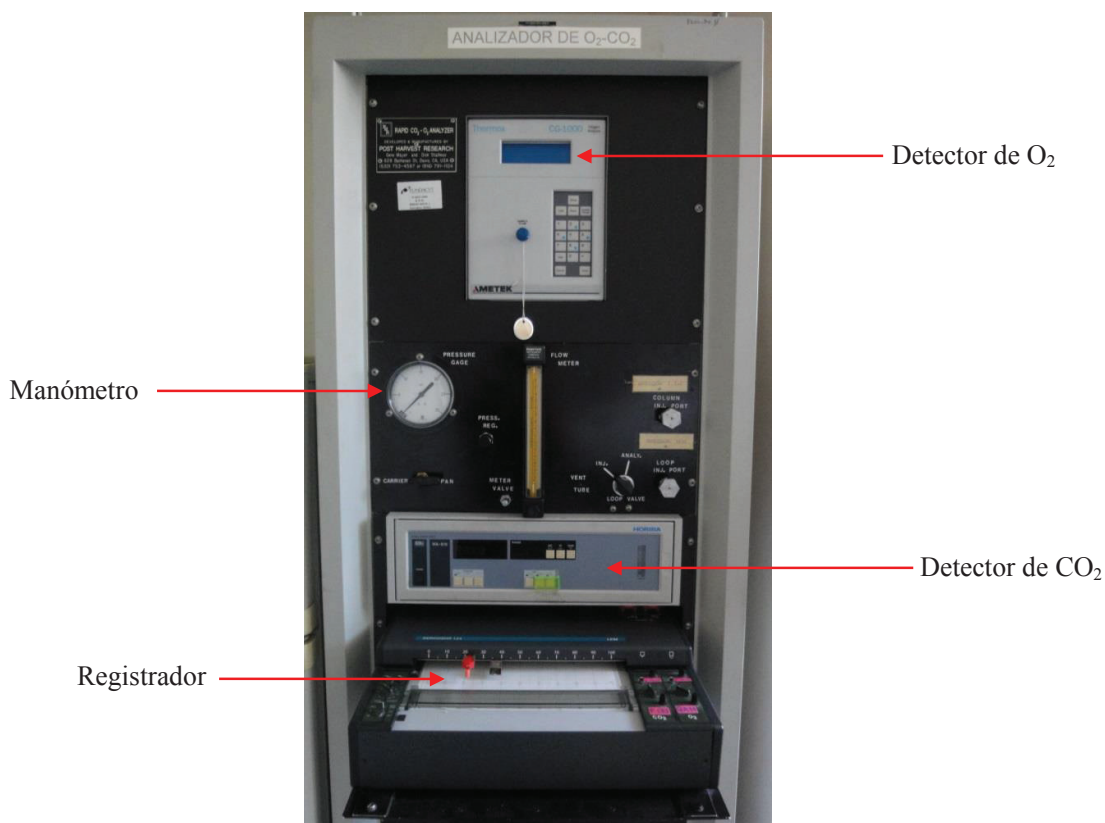


Figura AV.1. Esquema del Analizador rápido de O₂-CO₂

ANEXO VI

**ESCALA DEL ÍNDICE DE MARCHITEZ EN LA RALLADURA DE
LA ZANAHORIA DE IV GAMA**

Tabla AVI.1. Escala del índice de marchitez en la ralladura de la zanahoria de IV gama

Marchitez de la ralladura			
Índice de marchitez	Categoría	Descripción	Gráfico
1	Extremo	Zanahoria rallada con menos del 50 % color naranja-blanquecino Presencia de tonalidad oscura Ralladura extremadamente blanda Ligera presencia de moho	
2	Severo	Zanahoria rallada con 50-70 % color naranja-blanquecino Ralladura blanda Ligera oscurecimiento de ralladuras Sin desarrollo de hongos	
3	Moderado	Zanahoria rallada con 70-90 % color naranja-blanquecino Ralladura ligeramente firme Sin desarrollo de moho	
4	Leve	Zanahoria rallada con 90-100 % de coloración naranja claro Ralladura moderadamente firme Sin desarrollo de moho	
5	Ninguno	Zanahoria rallada sin ningún daño. Coloración naranja intenso Ralladura firme Apariencia fresca	

ANEXO VII

FORMATO PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE ZANAHORIA DE IV GAMA



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

Producto: Zanahoria rallada

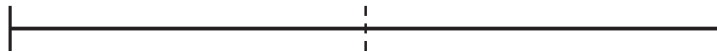
NOMBRE: **FECHA:**..... **HORA:**.....

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:

Muy Seco

Muy Fresco



SABOR A ZANAHORIA:

Insípido

Intenso



ACIDEZ:

Débil

Fuerte



DULZOR:

Débil

Fuerte



SABORES EXTRAÑOS:

Ausencia

Presencia Intensa



OBSERVACIONES:.....
.....

Gracias por su colaboración

RB/SV

ANEXO VIII

**MATRIZ DE FACTORES INTERNOS DE LAS EMPRESAS
ENCUESTADAS**

Tabla AVIII.1. Matriz de factores internos para la microempresa “El Serranito”

1. El Serranito	Microempresa		PONDERADO
	FACTORES	PESO	
FORTALEZAS			
Buena calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
Almacenamiento materia prima a temperatura ambiente	0,05	2	0,1
No realiza análisis microbiológicos	0,07	1	0,07
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	1	0,05
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
No mantiene datos de rendimiento	0,05	1	0,05
Falta de asesoría técnica	0,05	1	0,05
Empaque posee información de conservación	0,03	2	0,06
No realiza control de producto final	0,06	1	0,06
No posee sistema trazabilidad	0,05	1	0,05
El transporte se realiza a temperatura ambiente	0,07	2	0,14
Incompleto proceso de lavado	0,03	1	0,03
Falta de comunicación cliente-empresa	0,04	2	0,08
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		1,84

Tabla AVIII.2. Matriz de factores internos para la microempresa “Productos Ali”

2. Productos Ali	Microempresa		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Buena calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Procesa inmediatamente la materia prima	0,05	3	0,15
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Uso de temperatura baja para el transporte de producto	0,07	4	0,28
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
No realiza análisis microbiológicos	0,07	1	0,07
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	1	0,05
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
No mantiene datos de rendimiento	0,05	2	0,1
Falta de asesoría técnica	0,05	1	0,05
No realiza control de producto final	0,06	1	0,06
No posee sistema trazabilidad	0,05	1	0,05
Incompleto proceso de lavado	0,03	1	0,03
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		2,15

Tabla AVIII.3. Matriz de factores internos para la pequeña industria “Hortifresh”

3. Hortifresh	Pequeña industria		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Cultivo propio	0,05	4	0,2
Excelente calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Realiza análisis microbiológicos	0,07	4	0,28
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Realiza control de calidad del producto final	0,06	4	0,24
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Cliente fijo	0,06	3	0,18
Capacitación personal	0,05	4	0,2
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Poseen programa BPM	0,06	4	0,24
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	1	0,05
No posee cámaras de refrigeración, proceso inmediato	0,05	2	0,1
Parcial asesoría técnica	0,05	2	0,1
No posee manuales de procedimiento	0,02	1	0,02
Parcial control de rendimientos	0,05	2	0,1
Uso de temperatura ambiente para el transporte de producto	0,07	1	0,07
Incompleto proceso de lavado	0,03	1	0,03
Total	1		2,73

Tabla AVIII.4. Matriz de factores internos para la empresa artesanal “Productos Blanquita”

4. Productos Blanquita	Artesanal		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Buena calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Almacena la materia prima en refrigeración	0,05	3	0,15
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Realiza control de producto final	0,06	4	0,24
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Uso de temperatura baja para el transporte de producto	0,07	4	0,28
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Adecuado proceso de lavado	0,03	3	0,09
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
No realiza análisis microbiológicos	0,07	1	0,07
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	2	0,1
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
Parcial asesoría técnica	0,05	1	0,05
No mantiene datos de rendimiento	0,05	2	0,1
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		2,54

Tabla AVIII.5. Matriz de factores internos para la microempresa “Procesadora de alimentos Monteros”

5. Procesadora de alimentos Monteros	Microempresa		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Cultivo propio y proveedor	0,05	4	0,2
Excelente calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Procesa inmediatamente la materia prima	0,05	3	0,15
Realiza análisis microbiológicos	0,07	4	0,28
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Realiza control de producto final	0,06	3	0,18
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Cliente fijo	0,06	3	0,18
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Poseen programa BPM	0,06	4	0,24
DEBILIDADES			
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	1	0,05
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
No mantiene datos de rendimiento	0,05	2	0,1
Parcial asesoría técnica	0,05	1	0,05
Temperatura ambiente para el transporte de producto	0,07	1	0,07
Inadecuado proceso de lavado	0,03	1	0,03
Comunicación cliente-empresa	0,04	1	0,04
Total	1		2,56

Tabla AVIII.6. Matriz de factores internos para la empresa artesanal “Vermontina”

6. Vermontina	Artesanal		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Excelente calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Almacenamiento de materia prima en refrigeración	0,05	3	0,15
Realiza análisis microbiológicos	0,07	4	0,28
Realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	3	0,15
Posee manuales de procedimiento	0,04	3	0,12
Posee asesoría técnica	0,05	3	0,15
Empaque posee información de conservación	0,04	3	0,12
Realiza control de producto final	0,06	3	0,18
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Cliente fijo	0,06	3	0,18
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Poseen programa BPM	0,06	4	0,24
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
No poseen productor fijo	0,05	1	0,05
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No mantiene datos de rendimiento	0,05	2	0,1
Temperatura bajas para el transporte de producto	0,07	1	0,07
Total	1		2,77

Tabla AVIII.7. Matriz de factores internos para la mediana industria “Fresh&Natural S.A”

7. Fresh&Natural S.A	Mediana industria		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Excelente calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Almacena la materia prima en refrigeración	0,05	3	0,15
Realiza análisis microbiológicos	0,07	4	0,28
Mantiene datos de rendimiento	0,05	3	0,15
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Realiza control de producto final	0,06	4	0,24
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Uso de temperatura baja para el transporte de producto	0,07	4	0,28
Cliente fijo	0,06	3	0,18
Capacitación personal	0,05	3	0,15
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Adecuado proceso de lavado	0,03	4	0,12
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	1	0,05
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
No posee asesoría técnica	0,05	1	0,05
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		2,72

Tabla AVIII.8. Matriz de factores internos para la microempresa “Verduras frescas”

8. Verduras frescas	Microempresa		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Buena calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Procesa inmediatamente la materia prima	0,05	3	0,15
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
No realiza análisis microbiológicos	0,07	1	0,07
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
No realiza un tratamiento en el procesamiento	0,05	2	0,1
No posee manuales de procedimiento	0,02	2	0,04
No mantiene datos de rendimiento	0,05	2	0,1
Falta de asesoría técnica	0,05	1	0,05
No realiza control de producto final	0,06	1	0,06
No posee sistema trazabilidad	0,05	1	0,05
Uso de temperatura ambiente para el transporte de producto	0,07	1	0,07
No hay capacitación personal	0,05	2	0,1
Incompleto proceso de lavado	0,03	1	0,03
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		1,94

Tabla AVIII.9. Matriz de factores internos para la microempresa “Hortaprocess”

9. Hortaprocess	Microempresa		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Excelente calidad de materia prima	0,07	4	0,28
Almacenamiento materia prima en refrigeración	0,05	3	0,15
Control microbiológico en materia prima	0,07	3	0,21
Realiza tratamientos de inmersión	0,05	4	0,2
Posee manuales de procedimiento	0,02	3	0,06
Mantiene datos de rendimiento	0,05	3	0,15
Asesoría técnica	0,05	4	0,2
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
Realiza control de producto final	0,06	4	0,24
Posee sistema trazabilidad	0,05	3	0,15
Temperatura de refrigeración para el transporte de producto	0,07	4	0,28
Capacitación personal	0,05	4	0,2
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido	0,05	1	0,05
Falta control microbiológico de producto final	0,03	2	0,06
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		3,02

Tabla AVIII.10. Matriz de factores internos para la pequeña industria “La Cuencana”

10. La Cuencana	Pequeña industria		
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PONDERADO
FORTALEZAS			
Buena calidad de materia prima	0,05	4	0,2
Control microbiológico en producto final	0,03	4	0,12
Realiza tratamientos de inmersión	0,05	4	0,2
Posee manuales de procedimiento	0,02	3	0,06
Mantiene datos de rendimiento	0,05	3	0,15
Asesoría técnica	0,05	4	0,2
Empaque posee información de conservación	0,03	3	0,09
El tiempo de vida útil es mayor que el estimado	0,02	4	0,08
Realiza control de producto final	0,06	3	0,18
Capacitación personal	0,05	4	0,2
Cliente fijo	0,06	4	0,24
Indumentaria completa	0,07	3	0,21
Comunicación cliente-empresa	0,04	3	0,12
DEBILIDADES			
Proveedor no definido (intermediario)	0,05	1	0,05
Almacenamiento de materia prima no definido	0,05	1	0,05
Control microbiológico en materia prima	0,07	2	0,14
Procesa a temperatura ambiente	0,07	1	0,07
Dificultad de establecer un sistema de trazabilidad	0,05	2	0,1
Temperatura ambiental para transporte de producto final	0,07	1	0,07
Falta programa BPM	0,06	1	0,06
Total	1		2,59