



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

Estabilización del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Schrad) mediante el uso de un tratamiento térmico moderado en combinación con luz ultravioleta C.

Trabajo Especial de Grado

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la Br. Lourdes Marianela Moreira Arcentales, como requisito parcial para optar al Título de: Licenciada en Biología

Tutora: Dra. Leymaya Guevara

Caracas, Venezuela
Marzo-2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Mi madre que
ha sido mi pilar fundamental para
culminar mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que es mi amigo incondicional, y me ha proporcionado la fuerza necesaria para luchar y la sabiduría para comprender los eventos que han ocurrido en mi vida.

A mi madre, que con su paciencia y perseverancia me ha enseñado los valores y principios, pero sobre todo a no rendirme y luchar por mis metas.

A Maximiliano, mi bebe que desde el día que naciste no ha habido ningún día en que no me hallas hecho sonreír.

A David, mi rayito de sol, que desde tu nacimiento, has llenado mi vida, de nuevas emociones, enseñanzas y confianza.

A mi esposo por estar conmigo incondicionalmente y apoyarme.

A mi padre y hermanas, por compartir toda una vida de enseñanzas cariño y apoyo.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela (UCV) y al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) por ser los lugares donde he llevado a cabo mi formación como profesional, y por todos los acontecimientos que e vivido, dentro de la UCV, los cuales me enseñaron la calidad humana, de muchos de mis profesores, la comprensión y el cariño, que han tenido conmigo y mis compañeros de estudios. Afirmándome que es cierto el dicho “Los profesores, son los segundos padres”.

A mi tutora Leymaya que más que una profesora, es como una hermana mayor de la cual se puede aprender.

A Iraul por ayudarme, escucharme y ser un gran amigo incondicional.

Al personal técnico, administrativo y obrero del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos por todo el apoyo prestado.

A mis amigos, Angela Maibe, Manuel casanova, Carolina, Yunmari, Ediberth, Arquimedez, Dened, por su valiosa amistad y ayuda.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	17
ANTECEDENTES	20
1. Aspectos generales de la patilla (Citrullus vulgaris).	20
1.1. Origen, distribución y característica de la patilla.	20
1.2. Tipos de patillas (C. vulgaris).	22
1.2.1. <i>Patillas diploides o con semillas.</i>	22
1.2.1.1. <i>Frutos alargados.</i>	22
1.2.1.2. <i>Frutos redondos.</i>	22
1.2.2. <i>Patillas trípoides o sin semillas.</i>	23
1.3. Contenido nutritivo de la patilla.	23
1.4. Mercado mundial y nacional de producción de patilla.	25
2. Inocuidad de las frutas y vegetales.	26
3. Contaminación microbiológica en los jugos de frutas.	30
4. Métodos de conservación.	31
4.1. Tratamientos térmicos convencionales.	34
4.1.1. <i>Métodos de conservación a altas temperaturas:</i>	34
4.1.1.1. <i>El blanqueo o escaldado.</i>	35
4.1.1.2. <i>La pasteurización y esterilización.</i>	35
4.1.1.3. <i>Secado térmico.</i>	36
4.1.2 <i>Métodos de conservación a bajas temperaturas:</i>	36
4.1.2.1 <i>.Refrigeración.</i>	36
4.1.2.2 <i>.Congelación.</i>	37
4.1.3 Trabajos realizados aplicando tratamiento térmico en frutas y vegetales.	37
4.2. Métodos no térmicos.	38
4.2.1. Radiación ultravioleta.	40
4.2.1.1. Factores que influye en la efectividad de la luz ultra violeta.	42

4.2.1.2. Uso de la radiación ultravioleta en jugos de frutas.....	43
4.3. Tecnología de barrera.....	48
4.3.1. Trabajos realizados con métodos combinados.....	49
5. Uso de modelos matemáticos para evaluar el comportamiento de los microorganismos en jugos de frutas tratados con UV-C y Calor leve.....	53
5.1. Modelos predictivos.....	53
5.2. Clasificación de los modelos predictivos.....	55
5.2.1. Modelos primarios.....	55
5.2.2. Modelos secundarios.....	55
5.2.3. Modelos terciarios.....	56
OBJETIVO GENERAL	56
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	57
METODOLOGÍA.....	58
1. Muestreo.....	58
2. Caracterización del fruto intacto.....	58
2.1. Peso promedio del fruto.....	58
2.2. Dimensiones del fruto.....	58
3. Elaboración del jugo.....	58
4. Análisis microbiológico realizado al jugo sin tratamiento (control) y al jugo con los distintos tratamientos.....	59
4.1. Determinación de Aerobios Mesófilos.....	59
4.2. Determinación de Aerobios Psicrófilos.....	59
4.3. Determinación de Moho y Levaduras.....	59
4.4. Determinación de la Bacterias Ácidos Lácticas (BAL).....	60

5. Caracterización física.....	60
5.1. Color.....	60
5.2. Viscosidad aparente.....	61
6. Caracterización química.	62
6.1. pH.....	62
6.2. Sólidos solubles.....	62
6.3. Acidez total titulable.....	63
7. Inactivación de la flora alterativa mediante un tratamiento térmico suave y luz ultravioleta (UV-C).....	63
7.1. Muestra control.	63
7.2. Tratamiento térmico suave aplicado a las muestras de jugos de patilla.	63
7.3. Tratamiento con UV-C aplicado a las muestras de jugos de patilla.	64
7.4. Tratamiento térmico suave más tratamiento con UV-C aplicado a las muestras de jugos de patilla.	65
7.5. Tratamiento con UV-C más tratamiento térmico suave aplicado a las muestras de jugos de patilla.	65
8. Evaluación sensorial.....	66
9. Análisis estadístico.....	68
ESQUEMA TECNOLÓGICO.	69
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXO	137

ÍNDICE GENERAL VI

ÍNDICE DE TABLAS XI

ÍNDICE DE FIGURASXIII

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Contenido nutricional de la patilla.</i>	24
<i>Tabla 2. Principales países productores de patilla.</i>	25
<i>Tabla 3. Patógenos aislados sobre frutas y hortalizas causantes de enfermedades de origen alimentario.</i>	29
<i>Tabla 4. Orde para servir la prueba triangulo.</i>	67
<i>Tabla 5. Peso promedio y longitud (largo) promedio de la patilla (Citrullus vulgaris).</i>	71
<i>Tabla 6. pH, Acidez total y solidos solubles del jugo de patilla sin tratamiento.</i>	72
<i>Tabla 7. Parámetro de color para el jugo de patilla sin tratamiento.</i>	74
<i>Tabla 8. Viscosidad aparente del jugo de patilla sin tratamiento.</i>	76
<i>Tabla 9. Microbiología inicial del jugo de patilla sin tratamiento.</i>	77
<i>Tabla 10. Variación de la acidez titulable en las muestras de jugos de patilla expuestas a un tratamiento térmico de 45°C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	80
<i>Tabla 11. Variación de los Sólidos solubles en las muestras de jugos de patilla expuestas a un tratamiento térmico de 45°C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	82
<i>Tabla 12. Variación de la viscosidad aparente del jugo de patilla tratado con un tratamiento térmico suave 45°C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	85
<i>Tabla 13. Variaciones de la acidez titulable del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	88
<i>Tabla 14. Variaciones de los solidos solubles del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	89

<i>Tabla 15. Variaciones de la viscosidad aparente, del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	92
<i>Tabla 16. Variación de la acidez titulables, del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos combinados, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	94
<i>Tabla 17. Variaciones de los sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos combinados de luz ultravioleta y tratamiento térmico suave 45°C por 60s, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	95
<i>Tabla 18. Variación de la viscosidad aparente de los jugos de patilla, expuestos a diferentes tratamientos combinados, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	98
<i>Tabla 19. Fase de latencia y velocidad de crecimiento, de los controles y a los siete tratamientos aplicados al jugo de patilla natural.</i>	116
<i>Tabla 20. Evaluación sensorial para evaluar el jugo de patilla, con diferentes tratamientos.</i>	119

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Hoja de la planta de patilla</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. Flor de la planta de patilla.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Flor de la planta de la patilla.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Patilla</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Sandia Trix paula.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Chaeleston Gery.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7. Sandia negra con semilla Augusta.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8. Sandia amarilla o melchora.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9. Producción agrícola 2009.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10. Mecanismo por el cual las frutas y hortalizas se contaminan</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11. Espectro de la luz ultravioleta.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 12. Daño causado al DNA por irradiación ultravioleta.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 13. Patilla (Citullus vulgaris)</i>	<i>58</i>
<i>Figura 14. Proceso de la elaboración del jugo de patilla.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 15. Viscosímetro Broockfield.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 16. Potenciómetro digital.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 17. Aplicación del tratamiento térmico suave al jugo de patilla en baño de María.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 18. Aplicación de luz ultravioleta al jugo de patilla natural.</i>	<i>65</i>

<i>Figura 19. Planilla para la evaluación de la aceptabilidad de las muestras de jugo tratada con ultrasonido y ultravioleta y con los tratamientos combinados.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 20. Variación del pH en jugos de patilla tratados con calor suave a 45°C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 21. Variación del ΔE del jugo de patilla, al aplicarle un tratamiento térmico suave 45°C, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 22. Diferencia de fases</i>	<i>84</i>
<i>Figura 23. Variaciones del pH en el jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 24. Variación del ΔE del jugo de patilla al aplicarle diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 25. Jugos de patilla después de aplicar tratamiento UV- C, donde B es el control, A y C las muestras tratadas.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 26. Variación del pH, del jugo de patilla al aplicarle tratamientos combinados de luz ultra violeta con calor leve (45°C por 60s), durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 27. Variación del ΔE de los diferentes tratamientos combinados, UVR2+T.T y T.T+UVR2, del jugo de patilla, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 28. Jugos de patilla tratados con luz ultravioleta.</i>	<i>97</i>

<i>Figura 29. Efecto sobre los aerobios mesofilos presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 30. Colonias de Aerobias mesófilas, del jugo de patilla sembrado en medio PCA.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 31. Efecto sobre las bacterias ácido lácticas, presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 32. Colonias de BAL en jugo de patilla, sembrada en Medio RMS.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 33. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, almacenado a 7°C por 14 días.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 34. Levaduras del jugo de patilla, sembradas en medio PDA, acidificado.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 35. Efecto sobre los aerobios mesofilos presente en jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 36. Efecto sobre las bacterias ácido lácticas, presente en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 37. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, almacenado a 7°C por 14 días.</i>	<i>110</i>

Figura 38. Efecto sobre los aerobios mesófilos presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días. ...113

Figura 39. Efecto sobre las bacterias ácidos lácticas, presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.114

Figura 40. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, almacenado a 7°C por 14 días.115

RESUMEN

La naturaleza nos proporciona una gama de alimentos, pero poco son tan agradables y directamente comestibles como las frutas y las hortalizas (F&H). Generalmente, se reconoce que las F&H son beneficiosas, además existen diversos estudios epidemiológicos que evidencia el efecto protector de las F&H, ya que estas son fuentes de vitaminas y compuestos bioactivos. No obstante, las F&H son productos altamente perecederos, por lo que se requiere la adopción de varias medidas tecnológicas de procesamiento para obtener productos con propiedades organolépticas, nutricionales y fisicoquímicas similares a la materia prima.

Las tecnologías más estudiadas se basan en el empleo de sistema de destrucción o inactivación bacteriana, sin necesidad de emplear un tratamiento térmico intenso; entre estas tecnologías se encuentran: la alta presión hidrostática, el campo eléctrico pulsado, la luz ultravioleta (UV) y los métodos combinados, entre otros.

Es por ello, que este estudio tuvo como objetivo, evaluar los efectos individuales y combinados de la aplicación de un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 segundos) y luz ultravioleta (UV) de onda corta con diferentes flujos, con el fin de reducir la flora nativa (aerobios mesófilos, Bacterias Ácidos Lácticas, Moho y Levaduras) y alargar la vida útil del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Schrad) almacenado a 7 °C durante 14 días. Los resultados obtenidos en esta investigación, indicaron que todos los tratamientos lograron reducir la carga microbiana inicial presente en el jugo de patilla, variando ligeramente

algunas características fisicoquímicas y sensoriales. No obstante los tratamientos combinados (Luz ultravioleta con dos lámparas, combinado con un tratamiento térmico suave a 45 °C por 60 segundos), lograron alargar la vida útil del jugo de patilla durante 7 días, sin afectar significativamente las características fisicoquímicas y sensoriales del producto.

INTRODUCCIÓN

En el mercado mundial se ha incrementado, la popularidad y el consumo de las frutas y hortalizas, principalmente en los países más desarrollados. Las causas de este crecimiento se deben en primer lugar al aumento de la obesidad y otros trastornos con los que está se asocia, tales como la diabetes, la hipertensión arterial y las enfermedades cardiovasculares (Jacoby, 2004), y en segundo lugar los numerosos beneficios que traen como consecuencia el consumo de frutas y hortalizas, que son fuentes importantes de vitaminas y otros compuestos bioactivos, necesarios en la dieta diaria, y un consumo de 5 o más porciones de frutas y verduras al día, esta ampliamente recomendado ya que se asocia con un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, etc (Hansen y col., 2003, Gonzales y col., 2004). Esto ha incrementado el interés en los individuos de consumir estos productos bajos en grasas, ricos en fibras, y que además contribuyen a combatir o prevenir enfermedades del tipo no transmisibles.

Por lo tanto se esta llevando a cabo nuevas investigaciones sobres las propiedades protectoras que contiene las frutas y hortalizas. Dentro de la gran variedad de frutas se encuentra la patilla.

La patilla contiene un bajo contenido de grasa, y un alto contenido de agua, lo que la hace ideal para regímenes de dieta, pero contiene un porcentaje considerable de azúcares lo cual no la hace recomendable para personas con diabetes, también destacan en ella la cantidad de licopeno, este compuesto posee propiedades antioxidantes y se cree que actúa protegiendo a

las células humanas del estrés oxidativo, uno de los responsables de las enfermedades cardiovasculares, cáncer y envejecimiento (Badui, 2006). Otro de los nuevos descubrimientos es el contenido de citrulina, presente en la patilla, lo que ha agregado un nuevo beneficio, como potenciador en el cuerpo humano (Rimando y Perkins, 2005. Jayaprakasha, col., 2011).

En la actualidad, hay empresas que proporcionan al público néctares de frutas a los que le han aplicado tecnologías térmicas, esto con el fin de alargar su vida útil, pero sobre todo para asegurar su inocuidad a la hora de ser consumido. Los tratamientos térmicos, tienen un efecto negativo sobre ciertos componentes de las frutas y sus derivados (jugos y néctares), reduciendo su contenido en vitaminas y otros nutrientes, además de afectar las características sensoriales del producto, lo cual puede hacerlo menos atractivo en términos de color y propiedades texturales.

Esto ha generado el crecimiento de un nuevo mercado, que abarca nuevas tecnologías en el ámbito de la conservación y almacenamiento de las frutas y sus derivados. Entre estas tecnologías, se encuentran los tratamientos no térmicos, tales como: Altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos, ultrasonido, entre otras, los cuales se están estudiando y desarrollando con el fin de obtener un producto de mejor calidad sensorial, pero sin dejar de lado la inocuidad. De esta manera, estas alternativas a las tecnologías térmicas, pueden producir frutas procesadas sin enzimas y microorganismos deteriorativos o patógenos, manteniendo al mismo tiempo las características nutricionales y minimizando la pérdida de calidad en términos de sabor, color y

valor nutricional. Una de estas tecnologías innovadoras es la radiación ultravioleta (Butz y Tauscher, 2002; Nociy col., 2008).

La radiación ultravioleta, es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre los 400nm y los 200nm (Serway, 2000). Siendo la longitud de onda de 254 nm, la que se utiliza para la desinfección de las superficies, agua y diversos productos alimenticios líquidos como las frutas y los jugos de frutas, debido a que el DNA, absorbe esta longitud de onda ocasionando dímeros de timina lo que la hace un agente letal para los microorganismos (Guerrero y Barbosa, 2004).

ANTECEDENTES

1. Aspectos generales de la patilla (*Citrullus vulgaris*).

1.1. Origen, distribución y característica de la patilla.

La patilla pertenece a la familia de la Cucurbitaceas cuyo nombre científico es el de *Citrullus vulgaris* Schrad, también recibe los nombres de *C. lanatus*, (Thunb.) Mansf. Y *Colocynthis citrillus* (L.). Es conocida como, Melosd'euca en el idioma francés, en italiano como cocomero, en portugués como melancia, en inglés wáter melón, en alemán Wassermelone, en español como, sandía o patilla. La palabra sandía viene del árabe cindia, pero patilla es voz cumanagota, de "patiyache", y la calina "patia". Originaria de África tropical y del sur, fue cultivada desde épocas remotas en el valle del Nilo, y hoy, en todas las zonas tropicales, subtropicales y templadas; fue traída a América desde los comienzos de la conquista (Velez y De Velez. 1990).

Es una planta anual de desarrollo rastrero, con un sistema radicular amplio y superficial, de tallos blandos, delgados y estriados, cuya longitud puede variar entre 1,5 y 15 metros, los tallos están recubiertos de pelos y provisto de zarcillos. Las hojas son pinnadas partidas y están divididas en 3 a 5 lóbulos, de apariencia redondeada, que a su vez aparecen divididas en varios segmentos redondeados, presentando entalladuras profundas sin llegar a la nerviación principal (figura 1). Los márgenes de los lóbulos pueden ser algo dentados y las hojas presentan el haz de tacto suave, mientras que el envés es áspero y piloso (Guzmán, J. 1985; Maroto, J.1983; Velez y De Velez. 1990).



Figura 1. Hoja de la planta de patilla

Fuente: <http://www.infojardin.com/foro/showthread> (10 de diciembre 2011)



Figura 2. Flor de la planta de patilla.

Fuente: <http://www.semillasdesandia.com> (10 de diciembre 2011)

En las axilas de las hojas aparecen las flores que son masculinas o femeninas, de color amarillo, solitarias, y de polinización entomófila (figura 2 y 3). El fruto es una baya globulosa u oblonga de tamaño variable, pudiendo pesar entre 2 y 15 Kg, con pulpa rosada, rojiza o amarilla, muy desarrollada en cuyos senos aparecen dispuestas las semillas, que son aplastadas y de colores variables (blancas, negras o marrones.). La corteza del fruto puede ser lisa o más o menos listada, con un color que oscila entre el verde oscuro y el verde claro; algunos salpicados de blancos o manchados (Figura 4, 6, 7 y 8) (Guzmán, J. 1985; Maroto, J.1983; Velez y De Velez. 1990).

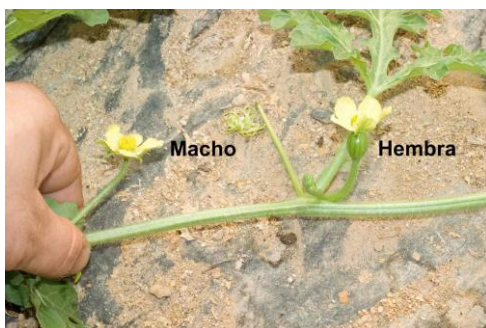


Figura 3. Flor de la planta de la patilla.

Fuente: <http://elhocino-adra.blogspot.com> (10 de diciembre 2011)



Figura 4. Patilla

Fuente: <http://www.vainitacontostones.com> (10 de diciembre 2011)

Las plantas se reproducen por semilla y se siembra en época de sequía, como la mayoría de las cucurbitáceas prosperan mejor en terreno fértiles y

requiere de suelos sueltos, franco arenosos, de buen drenaje y ligeramente ácidos, mucha luz y clima cálido. Generalmente, la temperatura óptima para germinar es de 15 °C como mínimo, para que la floración se produzca las temperaturas óptimas se sitúan entre 18 y 20 °C, su desarrollo se efectúa, en la mejor forma, en el intervalo térmico comprendido entre 23 y 28 °C, necesitan de riego. Se cosecha más o menos a los tres meses de sembrada (Guzmán, J. 1985; Maroto, J.1983; Velez y De Velez 1990).

Se tiene constancia de que hay más de 850 variedades de patilla, que se clasifican en función de la forma de sus frutos, el color de la pulpa, el color de la piel, el peso, el período de maduración, etc.

1.2. Tipos de patillas (*C. vulgaris*).

Genéticamente existen dos tipos de patilla:

1.2.1. Patillas diploides o con semillas.

Son las variedades cultivadas tradicionalmente, que producen semillas negras o marrones de consistencia leñosa. Según la forma de sus frutos hay:

1.2.1.1. Frutos alargados.

De corteza verde con bandas de color más claro. Se llaman melonas. Destacan los tipos Klondike y Charleston Gray.

1.2.1.2. Frutos redondos.

De corteza de color verde oscuro o negro, son los ejemplares más cultivados aunque están siendo desplazadas por las variedades sin semillas. Destacan: Crimson Sweet (Almería), Resistent (Valencia), Sugar Baby (Italia, Grecia, Turquía y España - Almería y Valencia-), Dulce Maravilla o Sweet Marvell y Early Star, entre las más conocidas y cultivadas.

1.2.2. Patillas tríploides o sin semillas.

Se trata de variedades que tienen semillas tiernas de color blanco que pasan desapercibidas al comer el fruto. Se caracterizan por tener la corteza verde clara con rayas verdes oscuras y la carne puede ser de color rojo o amarillo. Destacan: Reina de Corazones Apirena, Jack y Pepsin, entre otras.

(<http://frutas.consumer.es>, consultado el 9 de Enero de 2012)

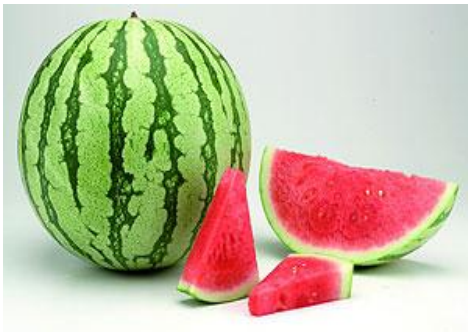


Figura 5. Sandia Trix paula.

Fuente: <http://www.horticom.com>, consultado el 10 de diciembre 2011

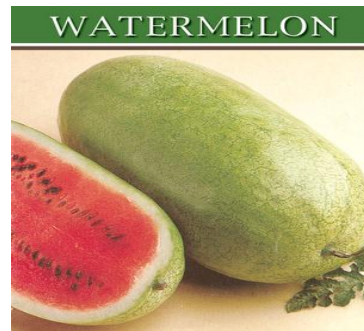


Figura 6. Chaeleston Gery.

Fuente: <http://semillascribeseeds.blogspot.com>, consultado el 10 de diciembre 2011.



Figura 7. Sandia negra con semilla Augusta.

Fuente: <http://www.horticom.com>, consultado el 10 de diciembre 2011



Figura 8. Sandia amarilla o melchora.

Fuente: <http://www.semillasunicas.es>, consultado el 10 de diciembre 2011.

1.3. Contenido nutritivo de la patilla.

La patilla tiene un alto contenido de agua que varía entre 90 y 94 %, lo que la hace un potente hidratante. Es un alimento rico en vitamina A, al igual que otras frutas de la familia de las Cucurbitáceas, siendo el licopeno el más importante. El licopeno le aporta el tono rojo o rosado a la patilla y contiene propiedades que benefician al organismo en la prevención de ciertos tipos de cáncer o la disminución del colesterol, resultando además un buen antioxidante. (<http://www.regmurcia.com>, consultado el 9 de Enero 2011).

La patilla también aporta vitamina C, aunque en menor cantidad, ayudando a la formación de colágeno de la piel, interviniendo en la cicatrización de heridas, formación de nuevo tejidos en huesos fracturados y lesiones musculares o de ligamentos. (<http://www.regmurcia.com>, consultado el 9 de Enero 2011).

Entre los minerales que posee esta fruta destaca el manganeso, imprescindible para la formación de los huesos, el sistema nervioso, e incluso aportando propiedades afrodisiacas (<http://www.regmurcia.com>, consultado el 9 de Enero 2011).

Según el Instituto Nacional de Nutrición (INN) (2001) esta fruta contiene 93,3% de humedad, 5,1 % de carbohidratos totales, 240 Equiv. Total de B-Caroteno, entre otros componentes ver tabla 1.

Tabla 1. Contenido nutricional de la patilla.

Componente	contenido	Componente	contenido	Componente	Contenido
------------	-----------	------------	-----------	------------	-----------

Humedad (%)	93,9	Potasio (mg %)	100,00	Timina (mg %)	0,03
Proteína cruda (%)	0,5	Carbohidratos %	Disponible: 4,8	Riboflavina (mg %)	0,03
Grasa cruda (%)	--	Sodio (mg %)	2,00	Niacina (mg %)	0,20
Fósforo (mg %)	8	calorías	21	Vitamina C (mg %)	4,00
Calcio (mg %)	11	Hierro (mg %)	0,8	Vitamina A	40,00 (E.R.)
Magnesio (mg %)	8	Carbohidratos %	Totales: 5,1	B-Caroteno (Equiv. Total)	240
Zinc (mg %)	0,10	Cobre (mg %)	0,02		

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

1.4. Mercado mundial y nacional de producción de patilla.

La patilla se cultiva prácticamente en todos los lugares del mundo que posean un clima cálido y poco lluvioso. Entre los principales países productores de patilla en el mundo están China, Turquía, Irán, Brasil y Estados Unidos (Tabla 2).

Tabla 2. Principales países productores de patilla.

Posición	Región	Producción (T)	Posición	Región	Producción (T)
1	China	65002319	11	República Árabe Siria	749695
2	Irán	3074580	12	Marruecos	746665
3	Turquía	3810210	13	Grecia	623000
4	Brasil	2065170	14	Federación de Rusia	1419030
5	E.E.U.U	1764960	15	Kazajstán	579190
6	Egipto	1653200	16	VietNam	526110
7	Argelia	1034720	17	Malí	631296
8	México	1007160	18	Uzbekistán	1071000
9	República de Corea	846921	19	Indonesia	474498
10	España	819100	20	Pakistán	416391

Fuente: FAO, 2009.

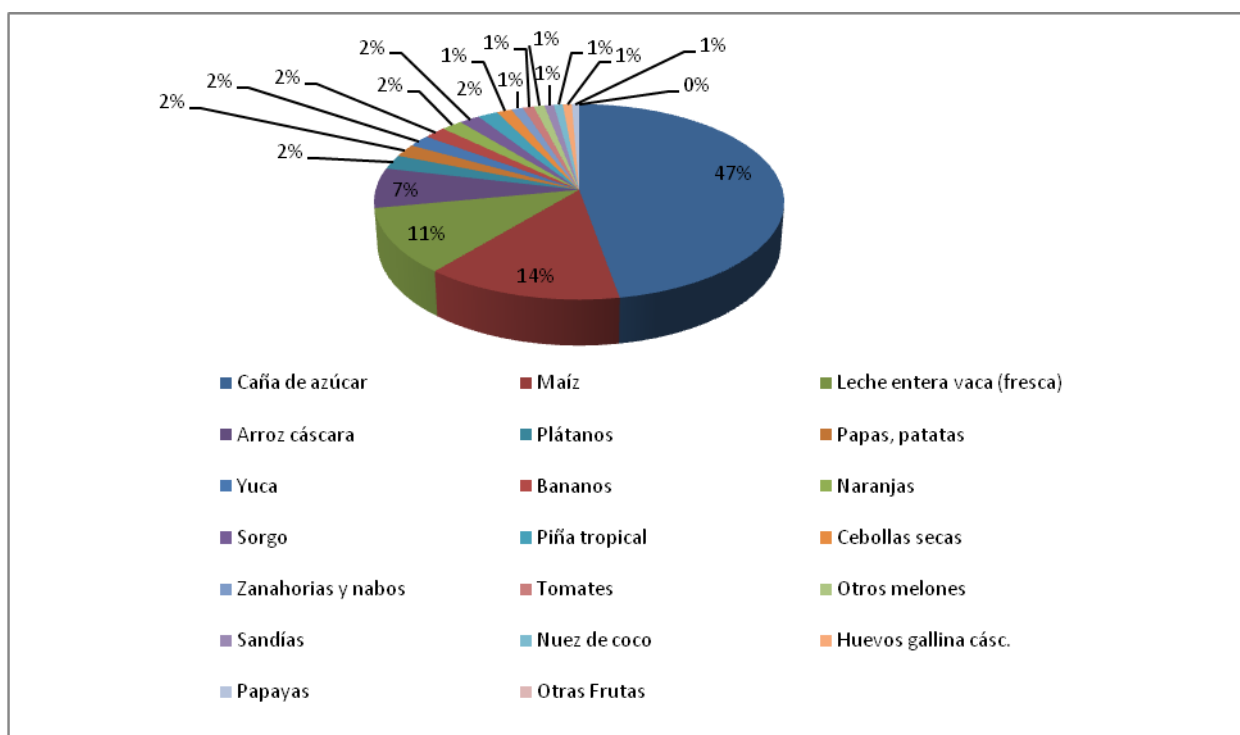
China produce casi toda la sandía para su mercado interior, mientras que los principales exportadores de patilla son México, España, Estados Unidos, Países bajos, Grecia e Italia (FAO, 2009).

Los principales importadores de patilla son Estados Unidos, Alemania, Canadá, Países Bajos, Francia y Reino Unido (FAO, 2009).

Según la FAO (2009) en Venezuela la producción nacional de patilla ocupa la decima posición en comparación con los productos agrícolas producidos en el territorio nacional, con una producción de 200.000 mil toneladas anuales y 9000 Ha, de área cosechada para el 2009 (Figura 9).

Figura 9. Producción agrícola de Venezuela 2009. Fuente: FAO, 2009.

2. Inocuidad de las frutas y vegetales.



Una gran variedad de factores contribuye a la contaminación de frutas y hortalizas por microorganismos, bien sean deteriorativos o patógenos, estos últimos pueden causar enfermedades a los humanos. Algunos de los factores que pudieran considerarse de riesgo en la calidad microbiológica de los

productos frescos incluyen: el uso de agua de riego contaminada con heces fecales de humanos y animales; procesos inadecuados en los campos de cultivo; prácticas deficientes de desinfección; condiciones inapropiadas durante el empaque; higiene deficiente de los trabajadores; y el mal manejo durante almacenamiento y transporte (FAO, 2009) (Figura 10).

Asociado a esto, una vez que ocurre la contaminación, muchos microorganismos patógenos poseen la capacidad de sobrevivir por largos períodos de tiempo en frutas y hortalizas frescas, algunos microorganismos también son capaces de sobrevivir a procesos de desinfección, e incluso de multiplicarse en el producto durante almacenamiento en refrigeración (Del Rosario y Beuchat 1995).

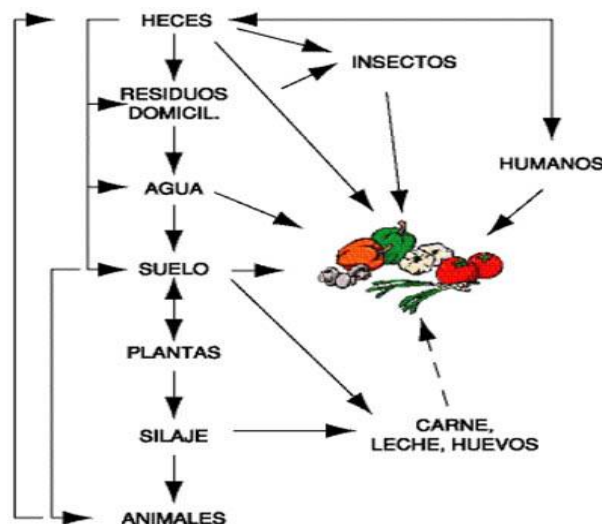


Figura 10. Mecanismo por el cual las frutas y hortalizas se contaminan (Fuente: FAO, 2003)

Las distintas etapas que un producto debe pasar desde la cosecha hasta el consumo, tanto en fresco como procesado, proveen innumerables oportunidades para incrementar el nivel de contaminación que naturalmente trae del campo. La presencia en el producto de materiales extraños, tales como: tierra, deposiciones de animales, grasas o aceites de maquinarias, cabellos humanos, insectos vivos o muertos, restos de materiales de empaque,

entre otros, son un factor importante para que este tipo de producto rechazado por los consumidores. Sin embargo, como normalmente se debe a descuidos o irresponsabilidades en la preparación o manipulación, son fáciles de detectar y eliminar (FAO, 2003).

Esencialmente, existen tres tipos de organismos que pueden ser transportados por las frutas y hortalizas, y que representan un peligro para la salud humana, estas son: virus (*Hepatitis A*), bacterias (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp y otras) y parásitos (*Giardia* spp.). Los hongos normalmente no representan un peligro en sí mismos, no obstante producen metabolitos secundarios llamados micotoxinas los cuales pueden ser un riesgo para la salud. Sin embargo, para que esto ocurra tiene que haber transcurrido el tiempo necesario para que se desarrolle. En un sistema bien manejado esto es poco probable que ocurra, pues normalmente es detectado y eliminado antes que llegue al consumidor. De todos estos organismos, las bacterias han sido responsables en la mayoría de los casos de enfermedades vehiculadas por frutas y hortalizas (FAO, 2003).

Desde el punto de vista microbiológico, las frutas y hortalizas son comparativamente más inocuas que las carnes, la leche, las aves y otros alimentos. Sin embargo, al ser consumidas sin ningún tipo de cocción, son potencialmente peligrosas en caso de que exista contaminación. Se ha demostrado que determinados patógenos tienen la capacidad de persistir en el producto lo suficiente como para constituir un peligro para el ser humano, y de hecho se han reportado (Tabla 3) numerosos casos de enfermedades asociadas al consumo de frutas y hortalizas (FAO, 2003).

Entre los casos reportados recientemente, está un brote reportado por La Agencia Británica de Protección (FSA) de la cepa *Salmonella newport*, el brote ocurrió en el Reino Unido, y esta asociado al consumo de patilla, no obstante este caso está siendo investigado por FSA. De acuerdo a lo reportado por la entidad, el brote fue detectado a principios de diciembre de 2011 y hasta el momento se han confirmado 26 casos en Inglaterra, 3 en Gales y uno en Irlanda del Norte, en personas entre los 6 meses y 85 años de edad. Otros casos asociados a la misma cepa se han confirmado en Escocia (5 casos), Irlanda (4 casos) y Alemania (15 casos).

La FSA, en Noviembre del 2011 detectó en un muestreo alimentario, la presencia de *Salmonella Newport*, en rodajas de patilla provenientes de Brasil. La FSA explicó que la contaminación de la fruta podría haber ocurrido de dos formas. La primera, que la superficie de esta haya estado contaminada y la bacteria se haya transferido al interior en el proceso de corte o, que la fruta haya sido lavada con agua contaminada y al bacteria se transfirió en el proceso de cortado. (<http://haccpconsultores.blogspot.com>., consultado el 9 de Enero 2011).

Tabla 3. Patógenos aislados de frutas y hortalizas causantes de enfermedades de origen alimentario.

Patógeno	Alimento
<i>Aeromonasspp.</i>	Brotes de alfalfa, espárrago, brócoli, coliflor, lechuga, pimiento.
<i>Bacilluscereus</i>	Brotes de distintas especies
<i>Escherichiacoli</i> <i>O157:H7</i>	Repollo, apio, cilantro, lechuga(*), ananá, sidra de manzanas(*), brotes de alfalfa(*)
<i>Listeria monocytogenes</i>	Brotes de poroto, repollo, pepino, repollo cortado(*), papa, rabanito, hongos comestibles (*), ensaladas(*), tomates y otras hortalizas
<i>Salmonella spp.</i>	Alcaucil, brotes de poroto(*), tomate(*), brotes de alfalfa("), sidra de manzanas(*), coliflor, apio, berenjena, endivias, pimiento, melón cantalupo(*), sandía(*), lechuga, rabanito y diversas hortalizas

<i>Clostridium botulinum</i>	Repollo cortado(*)
<i>Shigella</i> spp.	Perejil, hortalizas de hoja, lechuga cortada(*)
<i>Cryptosporidium</i> spp.	Sidra de manzana(*)
<i>Cyclospora</i> spp.	Frambuesa(*), albahaca(*), lechuga(*)
Hepatitis A	Lechuga(*), frutilla(*), frutilla congelada(*)

(*) Enfermedades reportadas. Adaptado de Brackett (1998) y Harris (1998). Fuente: FAO, 2003.

Otros casos de brotes por la ingesta de alimento, reportados están ligados al consumo de tomates en los que se registraron 13 brotes entre el periodo de 1996 a 2007. Durante este periodo los brotes asociados al tomate fueron responsables de 1997 casos de enfermedad y tres muertes. Todos los brotes asociados a tomate fueron de origen bacterianos. Para el 6 de julio de 2008 se habían confirmado 971 casos de salmonelosis de los cuales 189 personas tuvieron que ser hospitalizadas en 40 estados y la capital de Estados Unidos de Norteamérica. El brote está asociado al consumo de algunos tipos de tomate rojo tipo Plum, Roma y Bola. (<http://www.hortalizas.com>., consultado el 9 de Enero 2011).

3. Contaminación microbiológica en los jugos de frutas.

El consumo de jugos de frutas no pasteurizadas se ha incrementado significativamente en los últimos años, esto debido a la creciente demanda de productos sanos con bajo contenido calórico, y a sus características similares a las del producto fresco. No obstante, estos productos pueden contaminarse con microorganismos patógenos o deteriorativos por una inapropiada manipulación o almacenamiento dando lugar a riesgos de enfermedades microbianas, y deterioro el producto.

Por otro lado en los últimos años se han incrementado el número de brotes de infecciones transmitidas por el consumo de jugos de frutas no pasteurizados de expendio comercial. De hecho, en países como Estados Unidos de Norteamérica y Canadá se han reportado, desde 1990, alrededor de 15 brotes, en los cuales se aislaron patógenos tan variados como *Salmonella*, *Cryptosporidium* y *Escherichia coli* O157:H7. De estos patógenos es quizás *Escherichia coli* O157:H7 el que representa mayor peligrosidad para el consumidor, dadas sus características de patogenicidad, por cuanto puede producir cuadros que van desde púrpura trombocitopénica y anemia hemolítica, hasta colitis hemorrágica e insuficiencia renal aguda, que en ocasiones pueden producir la muerte del paciente (Rojas y Castillo, 2003).

Para el año 2003, Ponce realizó una caracterización microbiológica del jugo de patilla (*Citrus* spp.) y del jugo de piña (*Ananas* spp.) con procesamiento mínimo, expandidas en supermercados de área metropolitana de Caracas, evaluándose la incidencia de coliformes totales, coliformes fecales *E. coli*, *Salmonella*, microorganismos mesófilos, psicrófilos y aciduricos, en un total de 60 muestras de jugos de patilla y piña, las cuales fueron adquiridas a partir de un supermercado, considerado con estándares de máxima calidad. Él observo que todos los jugos poseían valores elevados de estos microorganismos, además, en las muestras evaluadas, recuperó *E. coli* y otros microorganismos que sugieren una probable fuente de contaminación fecal.

4. Métodos de conservación.

Actualmente se sabe que el principio básico de la conservación de alimentos se basa en la eliminación total o parcial de alguna de las reacciones

deteriorativas o de la pérdida de calidad que se pueden presentar en un producto alimenticio.

Las reacciones que provocan pérdida de calidad en un alimento se clasifican en 4 grupos: a) microbiológico, b) enzimático, c) químico y d) físico.

Las consecuencias de la pérdida de calidad se ven reflejadas debido a la presencia de microorganismos, reacciones de oxidación, rancidez, cambios de color sabor, entre otros (Corte, 2007).

Es por ello que para evitar estos cambios indeseables, se emplea las técnicas de preservación las cuales se basan en la aplicación de factores de estrés con el fin de inhibir y o causar la muerte de la población microbiana, así como también, prevenir el establecimiento de ciertas poblaciones microbianas (Alzamora, 1997). Dentro de los factores que se utilizan comúnmente para la conservación de alimentos, se encuentran las altas temperaturas como la pasteurización y el escaldado, las temperaturas bajas como la refrigeración y la congelación, la combinación de factores Intrínsecos del alimento a_w y pH, el empleo de antimicrobianos sintéticos como sorbato de potasio o benzoato de sodio, por citar sólo algunos ejemplos. Sin embargo, estos métodos de conservación a pesar de ser efectivos ya que permiten que permitan el aumento de la vida útil del producto en el anaquel, modifican de forma importante las características organolépticas y nutritivas del alimento.

Por otro lado, los métodos de conservación tradicionales de alimentos basados en tratamientos térmicos (escaldado, pasteurización o esterilización) conllevan en muchas ocasiones una disminución de la calidad nutricional y

organoléptica del alimento. Este aspecto, unido al hecho de que el consumidor demanda alimentos cada vez más frescos y naturales, menos procesados pero de rápida preparación y que además de tener una vida útil prolongada mantengan sus cualidades nutricionales y sensoriales, ha llevado a los investigadores y a las empresas de la industria alimentaria a perfeccionar los tratamientos térmicos y a desarrollar otros alternativos (Madigan, 2004; Corte, 2007).

Es por ello, que la búsqueda de procedimientos de conservación mejorados se enfoca hacia tecnologías en las que se combinan varios factores, algunos de ellos nuevos como el uso de antimicrobianos naturales, altas presiones, atmósferas modificadas (AM) y/o atmósferas controladas (AC), películas comestibles, uso de flora competitiva, impregnación al vacío, pulsos eléctricos, ultrasonido y pulsos de luz, cada uno de ellos en combinación con los factores tradicionales de conservación, ambos en dosis bajas con el fin de mejorar enormemente la calidad del producto asemejándolo a un producto fresco, además de minimizar los costos energéticos durante el almacenamiento. Sin embargo, debe asegurarse que el riesgo de deterioro sea igual o menor al riesgo cuando se procesa con métodos convencionales, específicamente a lo que microorganismos patógenos se refiere (Alzamora, 1997).

Es evidente que un alimento mínimamente procesado (AMP) es un buen medio de crecimiento para microorganismos y por ello representan un riesgo potencial para la salud, ya que los tipos y niveles de células bacterianas que estén presentes en el alimento se verán afectados por: a) la microflora nativa

original, b) los microorganismos contaminantes antes y después del procesamiento, c) los efectos del proceso y empaçado, d) las propiedades intrínsecas del alimento (a_w , pH, tipo de ácido, antimicrobianos, nutrientes, O_2 , potencial redox, componentes, etc.) y e) los factores extrínsecos aplicados como la humedad relativa, temperatura y presencia de luz durante el almacenamiento (Alzamora y col., 1998). Por tal motivo, diferentes investigadores han invertido un valioso tiempo en estudiar diversos métodos de conservación con el fin de preservar las propiedades nutricionales y organolépticas de las frutas y hortalizas procesadas

4.1.Tratamientos térmicos convencionales.

Los tratamientos térmicos son la tecnología de proceso más utilizada en la industria alimentaria, ya que garantizan la seguridad microbiológica de los productos. Este método se basan fundamentalmente en la generación de calor fuera del producto que se calienta, por la combustión de combustibles o por un calentador eléctrico, y su transferencia al producto a través de un mecanismo de convección y de conducción (Pereira y Vicente, 2010).

Los tratamientos térmicos se utilizan en las frutas ya que son materia prima muy perecedera, para su conservación se utilizan algunos tratamientos térmicos. Entre estos tratamientos térmicos tenemos: El blanqueo o escaldado, la pasteurización y esterilización y la refrigeración.

4.1.1.Métodos de conservación a altas temperaturas:

4.1.1.1.El blanqueo o escaldado.

El escaldado es un tratamiento que se utiliza para la inactivación de las enzimas, lo que mantiene el color, y los aspectos nutricionales de producto de fruta. El escaldado se puede aplicar por varios métodos entre los cuales tenemos escaldado por agua, el vapor, el vacío-vapor, y aire caliente. El escaldado por agua (por ejemplo 75-95°C durante 1 a 10 minutos) es el que se emplea con más frecuencia, debido a los bajos costos y funcionamiento. El escaldado se utiliza generalmente como un pretratamiento para después aplicar tratamientos de secado o congelación (Rawson y col., 2011).

4.1.1.2.La pasteurización y esterilización.

Pasteurización (en honor a Pasteur, que la introdujo en los años 1860) implica un tratamiento térmico más suave, generalmente a temperaturas por debajo del punto de ebullición del agua. Los tratamientos pasteurizantes persiguen, dependiendo del alimento, dos objetivos primarios diferentes.

En algunos productos los procesos de pasteurización están específicamente diseñados para destruir los microorganismos patógenos que pueda haber en el alimento y que tengan importancia desde el punto de vista de la salud pública. El segundo objetivo de la pasteurización, es ampliar la vida útil de un producto desde un punto de vista microbiano y enzimático (Potter, 1999).

Por ejemplo la pasteurización se utiliza en zumos y purés para destruir a los microorganismos e inactivar la pectina metilestrasa (PME), sin embargo, este tratamiento térmico puede conducir a cambios en el contenido bioactivo del producto alimenticio (Rawson y col., 2011).

4.1.1.3. Secado térmico.

Las frutas deshidratadas se usan frecuentemente, ya sea como un producto independiente o como ingredientes de otros alimentos. El proceso de secado ayuda a la extensión de la vida útil así como a la reducción en el volumen de las frutas. Existen varias formas de deshidratar las frutas y vegetales, tales como el secado al sol, flujo cruzado, lecho fluidizado, secado osmótico de aire, secado en horno, tambor, aspersion, "puff", la congelación y secado por microondas. A pesar que el secado aumenta la vida útil de los frutos todavía puede afectar a la presencia y la estabilidad de compuestos bioactivos tales como el ácido ascórbico, polifenoles y carotenoides, debido a la sensibilidad de estos al calor (Rawson y col., 2011).

4.1.2 Métodos de conservación a bajas temperaturas:

4.1.2.1. Refrigeración.

El almacenamiento en refrigeración se entiende generalmente aquél que mantiene los productos a temperaturas superiores a las de congelación, desde aproximadamente 16 °C hasta -2 °C. Los frigoríficos comerciales y domésticos habitualmente operan entre 4,5 y 7 °C. (Potter, 1999).

La refrigeración, es el método más suave de conservación de los alimentos, debido a que tiene pocos efectos adversos en el sabor, textura, valor

nutritivo y otros atributos, siempre y cuando el período de almacenamiento no sean excesivamente largos (Potter, 1999).

4.1.2.2. Congelación.

La congelación se inicia en el momento en que termina la refrigeración. Este método implica el empleo de temperaturas menores a -2 °C.

La congelación realizada adecuadamente conserva a los alimentos sin provocar grandes cambios en su tamaño, forma, textura, color, aroma y sabor.

El punto inicial de la congelación en soluciones acuosa, disminuye al aumentar la concentración de sólidos disueltos. Cuanto mayor sea la concentración de sal, azúcares, minerales o proteínas de una disolución, más bajo será su punto de congelación y más tiempo tardará en congelarse (Potter, 1999).

4.1.3 Trabajos realizados aplicando tratamiento térmico en frutas y vegetales.

Kırca y col., (2006), evaluaron la estabilidad de las antocianinas en los jugos de manzana, uva, naranja, pomelo, mandarina, limón y zanahoria, y en los néctares de albaricoque, melocotón y piña. Al aplicarle un tratamiento térmico de calor a 70 °C y 90 °C y posteriormente los almacenaron a 4 °C y 37 °C. Los resultados de este estudio mostraron que las antocianinas del jugo de zanahoria tienen una buena estabilidad durante el tratamiento térmico y el almacenamiento en comparación con los zumos de frutas de color o néctares. La mayor estabilidad de la antocianina se obtuvo en los jugos de manzana y uva durante el calentamiento a 70 °C y 90 °C. Durante el almacenamiento a 4 °C y 37 °C, los jugos de mandarina y zanahoria fueron los que presentaron

mayor estabilidad. Durante la calefacción y el almacenamiento, el jugo que fue más estable fue el de naranja.

La temperatura de almacenamiento tuvo un enorme efecto sobre la estabilidad de antocianinas en los jugos y néctares. En los jugos y néctares almacenados a 37 °C, hubo una degradación rápida en las antocianinas, mientras que los jugos almacenados a 4 °C, la degradación de antocianinas fue menor.

Zhang y col.(2011). Investigaron y compararon los efectos que tenían los tratamientos térmicos, luz UV y Altas presiones, en el jugo de patilla. Ellos obtuvieron como resultado que el tratamiento térmico ocasionaba cambios organolépticos y sensoriales, significativos en el jugo de patilla. Mientras que las altas presiones inactivaba rápidamente la pectina metilesterasa, sin ocasionar cambios apreciativos en las características fisicoquímicas del jugo de patilla.

4.2.Métodos no térmicos.

En la actualidad los consumidores prefieren los alimentos mínimamente procesados, los cuales deben tener las características de alimentos frescos, además deben ser microbiológicamente seguros y estables (Alzamora y col., 1998). Esta demanda de los consumidores ha generado el estudio y desarrollo de nuevas técnicas de conservación, en donde se garantice la inocuidad del alimento además de preservar sus características organolépticas esenciales.

Los métodos no térmicos de conservación de alimentos, están bajo investigación, evaluando su potencial como un proceso alternativo o complementario a los métodos tradicionales de conservación de alimentos.

Durante el procesado no térmico, la temperatura del alimento se mantiene por debajo de la temperatura que normalmente se utiliza en el procesado térmico y se espera que durante el procesado no térmico las vitaminas, nutrientes esenciales y aromas no experimenten cambios o que los mismos sean mínimos, además procedimientos emplean menos energía que los térmicos (Sosa, 2006).

Algunos métodos que se han desarrollado son la alta presión hidrostática, campos magnéticos oscilantes, campos de alta intensidad de pulsos eléctricos, pulsos lumínicos intensos, irradiación y tecnología de barreras (Barbosa y col., 1999).

La tecnología de barreras o tecnologías de «obstáculos» (también llamadas métodos combinados, procesos combinados, conservación por combinación, técnicas combinadas o conservación multiblancos) conservan los alimentos mediante la aplicación de factores de estrés en combinación.

La combinación deliberada e inteligente de los tratamientos para asegurar la estabilidad, inocuidad y calidad de los alimentos es un método muy efectivo para vencer las respuestas homeostáticas microbianas y al mismo tiempo retener las características nutricionales y sensoriales deseadas (Leitsner y Gould, 2002).

Uno de las tecnologías no térmicas, que se está empleando para la desinfección de alimentos es la radiación UV-C. En el año 2000, la FDA (Food and Drug Administration) aprobó el uso de la irradiación UV para reducir patógenos y otros microorganismos en jugos claros. Aunque este proceso no puede garantizar la eliminación de todos los microorganismos, no obstante esta puede lograr una reducción considerable de los mismos (Alzamora, 1997).

4.2.1. Radiación ultravioleta.

La radiación es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Para la preservación de los alimentos se utilizan, la radiación UV y la radiación ionizante. La radiación UV, o radiación ultravioleta, es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre los 400 y los 200 nm (Serway, 2000).

La luz ultravioleta se divide en UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) y UV-C (200-280 nm) (Figura 11) según Guerrero y Barbosa, (2004). La luz ultravioleta-C se considera como germicida contra los microorganismos, debido a que la muerte por radiación UV de las células se debe a su acción sobre el DNA, la radiación de 260 nm es la más efectiva como agente letal, porque las bases púricas y pirimídicas de los ácidos nucleicos absorben intensamente la luz UV, con un máximo de absorción para el DNA y RNA de 260 nm (Madigan, 2004). La longitud de onda de 254 nm, se utiliza para la desinfección de las

superficies, agua y diversos productos alimenticios líquidos como las frutas y los jugo (Guerrero y Barbosa, 2004).

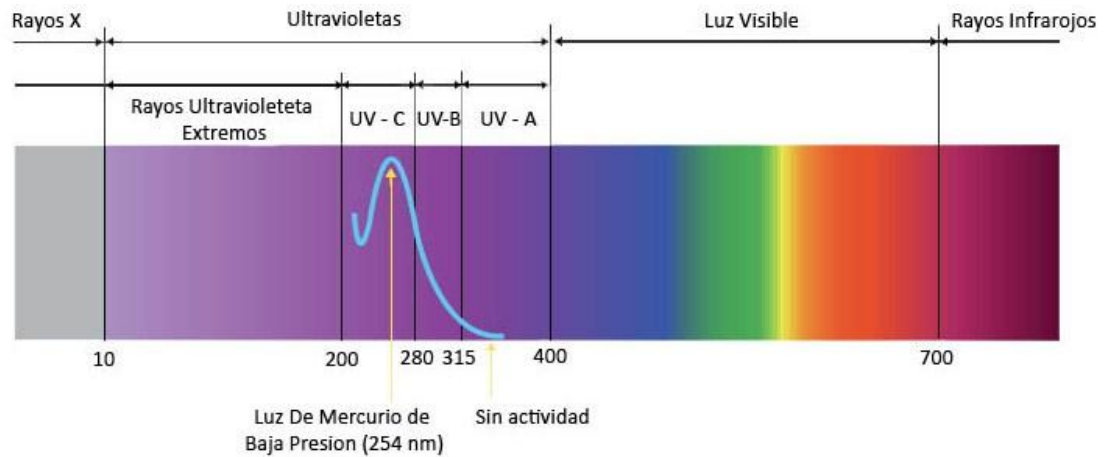


Figura 11. Espectro de la luz ultravioleta. Fuente:<http://www.nyfdecolombia.com>

La radiación UV produce cambios fotoquímicos, cuyos efectos pueden variar según la especie de microorganismo que se trate. El mecanismo de acción letal depende de su absorción por el DNA, pudiendo detener el crecimiento celular y provocar la muerte. La radiación absorbida por los nucleótidos produce cambios físicos de electrones, formando uniones cruzadas entre tiamina y citocina, (nucleótidos de bases pirimidínicas) pertenecientes a la misma cadena, lo que provoca la formación de dímeros ciclo butil pirimidina.

Esto produce distorsiones en la forma del DNA interfiriendo en el apareamiento normal de las bases. Como resultado se bloquea la síntesis de DNA y consecuentemente quedan afectadas las funciones celulares pudiendo provocar la muerte. Los efectos en los enlaces cruzados son proporcionales al tiempo de exposición e intensidad de la luz UV (Snowball y Hornsey, 1988; Sastry *col.*, 2000; citado por Domínguez y Parzanese, 2005).

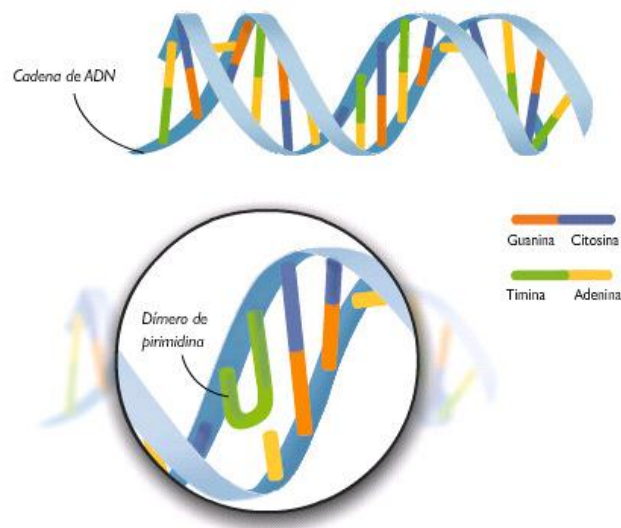


Figura 12. Daño causado al DNA por irradiación ultravioleta. Fuente: Aliment@tec. - <http://www.alimentatec.com>

No obstante, es posible que ocurra una reactivación dado que el DNA puede ser reparado por factores proteínicos, cuando las células dañadas se exponen a longitudes de onda superiores a 330 nm. Puede estimularse la separación del ácido nucleico debido a la activación de la enzima fotoliasa que monomeriza los dímeros (separación de tiaminas y otras pirimidinas) formados después del proceso de radiación. Vale aclarar que un ambiente oscuro puede evitar la foto reactivación de productos tratados con radiación UV o restaurar las células expuestas. Estas células foto reactivadas pueden ser más resistentes a la radiación UV cuando se aplica un segundo tratamiento de UV (Sastry, y *col.*, 2000; citado por Domínguez y Parzanese, 2005).

4.2.1.1. Factores que influye en la efectividad de la luz ultravioleta.

Hay que resaltar que solo los rayos ultravioletas directos son efectivos, salvo que procedan de reflectores especiales, e incluso entonces su poder está

reducido. Los siguientes factores tienen influencia sobre la efectividad de los rayos ultravioleta:

Tiempo: A una concentración dada, cuanto más prolongada es la exposición tanto más efectivo es el tratamiento.

Intensidad: la intensidad de los rayos que alcanzan un objeto depende de la potencia de la lámpara, de la distancia a que se encuentra del objeto, y la clase y cantidad de material que interfiere el paso de los rayos.

Penetración: la naturaleza del objeto o materia irradiada tiene una gran influencia en la efectividad del tratamiento. La penetración es reducida incluso por el agua clara, que también ejerce una acción protectora en los microorganismos. Las sales minerales disueltas, especialmente las de hierro, y el enturbiamiento, reducen mucho la efectividad de los rayos. Incluso una capa delgada de material graso corta los rayos (Frazier, 1981).

4.2.1.2. Uso de la radiación ultravioleta en jugos de frutas.

El año 2000, la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) aprobó el uso de la radiación UV para reducir patógenos y otros microorganismos en jugos claros, a petición de la empresa Californiana Day- FreshFruits, Inc. Este proceso no puede asegurar la eliminación de todos los microorganismos, pero, puede lograr una reducción considerable de una población bacteriana.

La posibilidad de que permanezcan microorganismos viables va a depender de la carga microbiana original, de la dosis aplicada y del microorganismo en sí. Por lo tanto, este organismo puntualizó que es

necesario que la industria usuaria indique que el tratamiento cumple con el nivel de reducción de patógenos requeridos, ya que la reducción o inactivación que está establecida es de $5 \log_{10}$. (Alzamora, 2007).

Zhang y col., (2011), estudiaron los parámetros de calidad en el jugo de patilla, al comparar, tres tipos de tratamientos, el primero fue la aplicación de calor, el segundo la aplicación de rayos ultravioleta C y el tercero la aplicación de alta presión. Para el tratamiento térmico se envasaron alícuotas de 150 ml, las cuales las colocaron en un baño de agua a 60 °C, durante 5, 20, 40 y 60 min con agitación suave. El tratamiento con UV-C se llevó a cabo en un reactor UV a 23 °C. El tercer tratamiento lo realizaron en una prensa hidráulica U101, emplearon alícuotas de 10 ml del jugo de la patilla y los presurizaron a 300, 600 y 900 MPa durante 5, 20, 40, y 60 min a 60 °C, respectivamente. Luego los enfriaron rápidamente. Los resultados de cada tratamiento, tuvieron un impacto diferente sobre los parámetros estudiados. Ellos encontraron que el tratamiento con rayos ultravioleta C, era un tratamiento rápido y eficaz para inactivar la metilesterasa pectina presente en jugo de patilla. El tratamiento de alta presión, causó los menores cambios en el color, viscosidad dinámica, grado de coloración marrón y contenido de licopeno, en comparación con el tratamiento térmico y el tratamiento con UV-C.

Artés y col., (2010), evaluaron el efecto de la radiación UV-C con el fin de mantener la calidad general de la sandía recién cortada. Aplicaron cuatro dosis de iluminación pre-ensado UV-C (1.6; 2.8; 4.8 y 7.2 KJM-2) en cubos de sandía, que luego los almacenaron, por 11 días a 5 °C. Ellos evaluaron los cambios de calidad que ocurrían, y los compararon con un control (cubos de

sandía no tratados pero almacenados por 11 días a 5 °C). Los resultados mostraron que la radiación UV-C, logro disminuir el número de microorganismos justo después de la radiación. Después de 11 días a 5 °C, las poblaciones de Psicrófilos mesófilos y enterobacterias fueron significativamente más baja en los cubo de sandía tratados con UV-C, que la muestra control. Además observaron que el contenido de licopeno no varió en los cubos de sandía tratados con UV, en comparación con la muestra control que obtuvo una disminución del 16% de licopeno. También observaron que la radiación UV-C no afectó significativamente el contenido de vitamina C mientras que la actividad catalasa y el contenido de polifenoles totales se redujeron considerablemente durante el periodo de almacenamiento. Sin embargo, la capacidad antioxidante total aumentó notablemente, independientemente de las dosis de UV-C.

Franz y col., (2009), estudiaron el efecto de la radiación UV-C para la inactivación de microorganismos en el jugo de manzana natural nublado, y el jugo de manzana comercial con un nuevo equipo de inactivación, basado en la tecnología del vórtice de Dean. El jugo paso por un dispositivo en forma de espiral, que estaba envuelto en un tubo de cristal de cuarzo que contenía una lámpara UV 9W con una intensidad de irradiación de 60 W/m² a 254 nm. El tratamiento con luz ultravioleta C, fue capaz de reducir el número de *Escherichia coli* inoculadas y *Lactobacillus brevis* por debajo de los límites detectables en el jugo de manzana natural, y el jugo comerciales, los cuales contenían una concentración inicial de aproximadamente 10⁶ UFC/ml o 10⁴ UFC/ml. Sin embargo la contaminación por levaduras y por bacterias del ácido

lácticas no fue eliminada por completo en el jugo de manzana, ya que la absorción no fue alta debido a la cantidad de materia suspendida que se encontraba en dicho jugo.

Alothman y col., (2009), investigaron el efecto de la radiación UV sobre la capacidad antioxidante de las frutas tropicales frescas-cortadas. Las frutas recién cortadas fueron expuestas a los rayos UV-C de 0, 10, 20 y 30 minutos. Luego le evaluó la actividad de los radicales libres y el poder antioxidante del reductor férrico. Encontraron que el tratamiento UV-C mejoró el perfil polifenólico de miel de piña, plátano y guayaba. Cuanto mayor fue el tiempo de tratamiento, mayor fue el incremento de los polifenoles y flavonoides contenido en las frutas, no obstante el contenido de vitamina C de las frutas tratadas disminuyó. Por otro lado el tratamiento UV-C no disminuyó la capacidad antioxidante de la piña, y los mismos resultados los obtuvo, cuando la guayaba recién cortada fue tratada con rayos UV-C durante 30 min. Tanto los valores de la actividad de los radicales libres y el poder antioxidante del reductor férrico, aumentaron significativamente con la aumento del tiempo de tratamiento para el banano. Este Tratamiento podría ser útil para mejorar el valor nutritivo de las porciones recién cortadas de estas tres frutas y desempeñar un papel positivo en la prevención de varios procesos fisiológicos y patológicos en los consumidores.

En 2008 Keyser y col., evaluaron el efecto de la radiación ultravioleta, como tratamiento no térmico para la inactivación de microorganismos en el jugo de frutas. Utilizaron un reactor UV con un sistema de flujo turbulento, por el cual se hicieron pasar los diferentes jugos (jugo de manzana, jugo de guayaba

y piña, néctar de mango, el néctar de fresa y naranja dos diferentes y jugos tropicales.) a los cuales se les aplicó radiación UV-C con una longitud de onda de 254 nm, con el fin de reducir la carga microbiana a niveles aceptables. La radiación UV fue aplicada con éxito, reduciendo la carga microbiana en los zumos de diferentes frutas y néctares. También observaron que el jugo de manzana necesitaba una menor dosis de UV para lograr una efectiva reducción de microorganismos, mientras que el jugo de naranja y el jugo tropical necesitan mayores niveles de dosis de UV para lograr las reducciones necesarias. Esto se debe a la mayor cantidad de materia sólida suspendida, que actúa como una barrera protectora para los microorganismos contra la radiación UV.

Tran y Farid en 2004, evaluaron el efecto de la radiación UV-C en jugo de naranja. Para que el proceso fuera eficiente, diseñaron un reactor de película fina, por el cual pasaron el jugo de naranja recién exprimido, que luego almacenaron, logrando alargar la vida útil durante 5 días. Por otro lado, evaluaron la degradación de la vitamina C, observando que al ser expuesto el jugo de naranja a rayos UV de 100 mJ/cm^2 , la degradación era del 17%, siendo estos resultados similares a los resultados que normalmente se encuentran en la esterilización térmica. El tratamiento resultó efectivo para la reducción de recuento total de microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras en el jugo de naranja. A pesar de que este tratamiento fue eficaz ya que aumentar la vida útil de jugo de naranja, es poco probable que reemplace completamente el proceso de térmicos de alta temperaturas, especialmente cada vez que la

esterilización completa es necesaria. No se observó cambio de color ni de pH en el jugo de naranja tratado con UV.

Desde 1985, la radiación UV se ha utilizado para la desinfección del agua y ha reemplazado a algunos de los procesos convencionales como la cloración en algunos países (Gibbs, 2000).

4.3. Tecnología de barrera.

La tecnología de obstáculos surgió a mediados de los años setenta como una alternativa para la conservación de alimentos de humedad intermedia y de alta humedad, se ha estado empleando en los últimos años para obtener AMP.

En la tecnología de obstáculos o de barreras, se combinan inteligentemente factores de conservación que representan obstáculos para el crecimiento microbiano, ya que interaccionan aditiva o sinérgicamente, lo que permite tener una estabilidad durante el almacenamiento y al aplicar los factores en dosis bajas se logra tener un efecto antimicrobiano mayor, que provoca una menor pérdida de calidad sensorial, que si se aplicara un solo factor en forma severa para lograr el mismo fin. Es claro, que esta tecnología busca deliberada e intencionalmente que la combinación de obstáculos sea tal que se asegure la estabilidad y seguridad microbiológica de un alimento, además de que las propiedades sensoriales y nutrimentales sean las óptimas (Leistner, 2000; Alzamora 1997).

Al utilizar esta preservación multiobjetivo en un alimento se logra interferir en la homeostasis de microorganismos, debido a la acción de niveles pequeños

de factores de conservación u obstáculos, los cuales usados en combinación, tienen cada uno un efecto adverso a la célula microbiana (Alzamora, 1998).

Los obstáculos comúnmente usados en la preservación de alimentos son la temperatura (alta o baja), la actividad de agua (a_w), la acidez (pH), el potencial redox (Eh), los conservadores (como nitritos, sorbatos, sulfitos) y los microorganismos competitivos (bacterias ácido-lácticas) (Leistner, 2000). La combinación de estos factores ha originado una nueva generación de productos refrigerados en los que además de incorporar múltiples barreras u obstáculos como acidificación, a_w reducida, conservadores, cambios en el envase y atmósferas añade la refrigeración como un obstáculo más (Alzamora, 1997).

4.3.1. Trabajos realizados con métodos combinados.

Torres y col., (2011), evaluaron el efecto que tiene el tratamiento de alta presión, sobre las antocianinas y ácidos ascórbico presentes en el jugo de naranja sanguina, durante su almacenamiento. El jugo de naranja sanguina, fue procesado a niveles de presión de 400, 500, 600 MPa durante un tiempo de tratamiento constante de 15 minutos.

Durante el procesamiento se observó que el 99% de antocianinas y el 94,5% ácido ascórbico, fueron retenidos. Procedieron a almacenar el jugo de naranja sanguina a temperaturas de 20 °C y 4 °C durante 10 días la evaluación se hizo cada día. Ellos observaron que la pérdida de antocianina y ácido ascórbico fueron significativamente mayores a temperatura de almacenamiento

de 20 °C en comparación con la muestra almacenada a 4 °C, lo mismo ocurrió para las muestras almacenadas sin tratamiento.

Soto (2010), evaluó los efectos individuales y combinado de la aplicación de ultrasonido de baja frecuencia y UV de onda corta en la inactivación de *Saccharomyces cerevisiae* en el jugo de durazno. Para el tratamiento con UV, probó dos aplicaciones, en la primera aplicó UV con tres lámparas y en la segunda aplicó UV con una lámpara. Con el primer tratamiento llegó a una reducción máxima de 1,93 ciclos logarítmicos de las levaduras, pero este tratamiento alteró las características organolépticas del jugo de durazno. En el segundo logró una reducción de 0,4 ciclos logarítmicos de *S. cerevisiae*, observando que este tratamiento no alteró las características organolépticas del jugo. Para el tratamiento con ultrasonido aplicó, una amplitud al 100% por 15 minutos, al jugo previamente inoculado, obteniéndose una reducción de 0,74 Log₁₀ UFC/ml del microorganismo, sin cambio de color, sabor y olor. Para el tratamiento combinado al aplicarle ultrasonido y luego UV con una lámpara, se obtuvo una reducción de 1,06 Log₁₀ UFC/ml del microorganismo. Para el tratamiento combinado donde se procedió a aplicar primero UV con una lámpara y luego ultrasonido logró una reducción de 0,92 Log₁₀ UFC/ml del microorganismo. Todos los jugos fueron almacenados a 5°C, después de aplicarles los tratamientos y el jugo con tratamiento combinado logró tener una vida útil de 10 días.

Morales y col.,(2010) evaluaron el perfil de isoflavona en jugos de frutas con leche de soja tratados con pulsos de alta intensidad de campos eléctricos, y los compararon con jugos tratados térmicamente, los jugos fueron

almacenados en refrigeración a 4 °C. Inmediatamente después de cada tratamiento, evaluaron el perfil de isoflavona, en los jugos de frutas con leche de soya tratados con pulsos de alta intensidad de campos eléctricos, todas las muestras evaluadas presentaron una mayor concentración de glucósidos de agliconas, genistina siendo este el glucósido el más abundante.

Los investigadores también observaron que las muestras con tratamiento térmico mostraban mayor concentración inicial de formas glucosídicos en comparación con las bebidas sin tratar o tratados con pulsos de alta intensidad de campos eléctricos. Después de 56 días de almacenamiento, no hubo diferencia significativa en las bebidas tratadas con pulsos de alta intensidad de campos eléctricos y bebidas frescas.

Noci y col., (2008), determinaron los efectos de los tratamientos con radiación ultravioleta (UV) y pulsos de campo eléctrico (PCE) más la combinación de ambos (UV+PCE; PCE+UV) como estrategia de obstáculo para la conservación del jugo de manzana fresco, estos tratamientos fueron comparados con el efecto que tenía la pasteurización en el jugo de manzana. El tratamiento UV se realizó en cada 800 mL de jugo de manzana, que estaban envasados en frascos de vidrios estériles, el tiempo de exposición era de 30 minutos. El PCE, aplicado al jugo de manzana se realizó en un equipo monopolar de pulsos, a una frecuencia de 15Hz y 1 μ s.

Ambos tratamientos se aplicaron para un lote de jugo de manzana. Mientras que la pasteurización del jugo de manzana se realizó por medio de un intercambiador de calor a 72 °C o 94 °C durante 26 segundos cada uno, y estos fueron utilizados como controles. Esto dio como resultado que los tratamientos

UV y PCE, lograron reducir la carga bacteriana en 2,2 y 5,4 ciclos logarítmicos respectivamente, mientras que la muestra tratada con calor se redujo en 6,0 y 6,7 ciclos logarítmicos respectivamente. Los tratamientos combinados UV+PCE y PCE+ UV, disminuyeron la carga bacteriana en 6,2 y 7,1 ciclos logarítmicos respectivamente. El color del jugo y el nivel de compuestos fenólicos se vieron menos afectados por los tratamientos alternativos que por la pasteurización por calor.

Montenegro en 1995, desarrolló un producto a base de mango (*Mangifera indica L*), el cual fue estabilizado utilizando la tecnología de obstáculos. Para ello aplicó un tratamiento térmico suave (escaldado) durante 4 min. Para obtener una a_w de 0,97 sumergió las tajadas de mango en un jarabe de sacarosa al 41,25%, a un pH de 3,0 y además le adicióno sulfito de sodio (150 ppm) y sorbato de potasio (1000 ppm) como antimicrobianos. Los resultados demostraron que el tratamiento térmico en combinación con los otros factores, disminuyó la carga bacteriana en 90%. También se observó que al inocular 10^5 UFC/g de *Z. bailii*, (microorganismo responsable de la pudrición de frutas), en las conservas de mangos tratadas por métodos combinados y almacenadas durante tres meses a temperatura ambiente, no fue capaz de crecer, manteniéndose los niveles en menos de 10 UFC/g.

González. (1992). Realizó un estudio sobre el desarrollo de productos de lechosa (*Carice papaya L*) tipo "Solo" y "Criolla" de alta a_w , estabilizados por métodos combinados. En este trabajo utilizó lechosa tipo "Solo" con una humedad de 83,98%, pH 5,33, °Brix 8,61 y actividad de agua 0,986. También se utilizó lechosa tipo "Criolla" con una humedad de 88,33%, pH 5,60, sólidos

solubles 12,08 °Brix y actividad de agua 0,987, a ambas lechosas les aplicó un escaldado a vapor por 3 minutos, y las estabilizó en jarabe de sacarosa (relación Fruta: jarabe 1:2) le ajusto el pH a 3,5 y le añadió sulfito (150 ppm) y sorbato de potasio (1000 ppm), luego se envasaron en frascos de vidrio y almacenaron a 35 °C, obteniéndose un producto estable físico-química y microbiológicamente por un tiempo de 3 meses y medio; alcanzándose la estabilidad a altos valores de humedad y actividad de agua, además de demostrar que los factores de preservación empleados prácticamente detuvieron el crecimiento de la flora bacteriana.

5. Uso de modelos matemáticos para evaluar el comportamiento de los microorganismos en jugos de frutas tratados con UV-C y Calor leve.

5.1. Modelos predictivos.

El concepto de microbiología predictiva consiste en un detallado conocimiento de las respuestas microbianas a las condiciones ambientales, lo que permite una evaluación objetiva del efecto de las operaciones de procesado y almacenamiento, en la seguridad alimentaria y en la calidad de los alimentos. Esto incluye la acumulación de conocimientos sobre el comportamiento microbiano en los alimentos y su derivación en modelos matemáticos (McMeekin y col., 2002).

Por otra parte la microbiología predictiva combina el conocimiento de las respuestas del crecimiento microbiano sobre un cierto -rango de condiciones, con el poder de la modulación matemática, para permitir predicciones del crecimiento. Con el uso de esta técnica, cuestiones sobre el deterioro

microbiano de los alimentos y sobre la seguridad alimentaria puede ser respondida, mediante análisis objetivos basados en conocimientos científicos (Presser y col., 1997). Esto es especialmente relevante en vista del aumento de la incidencia de toxi-infección alimentarias en muchos países.

Se podría situar el origen de la microbiología predictiva moderna entre la década de 1960 y 1970, cuando los modelos eran usados para tratar problemas sobre el deterioro de los alimentos (Nixon, 1971), seguido del uso de modelos de probabilidad para tratar problemas de intoxicación alimentaria, particularmente botulismo y otras intoxicaciones (Genigeorgis, 1981; Roberts y col., 1981). Desde la publicación de aquellos artículos sus autores dieron cuenta de su extensa utilidad (McMeekin y Ross, 2002). A pesar de eso, el tiempo medio para la aceptación de los modelos predictivos se mantuvo ampliamente como una actividad de orientación investigadora durante 30-40 años.

Los modelos predictivos permiten la estimación de la vida útil de los alimentos, valorar la eficiencia de la higiene, identificar los puntos críticos en el proceso de producción y distribución, y pueden guiar acerca de como las variables del medio afectan al comportamiento del microorganismo patógeno o alterante y con ello se puede determinar la seguridad microbiana del producto (McMeekin y col., 1993, Neumeyer y col., 1997 y Vanrolleghem, 1999).

Los modelos predictivos al ser modelos matemáticos permiten la interpolación entre puntos de datos, y con esto es posibles predecir respuestas para condiciones no estudiadas (Fernández y col., 1997).

5.2. Clasificación de los modelos predictivos.

Los modelos predictivos se pueden dividir en:

5.2.1. Modelos primarios.

Los modelos primarios se utilizan para describir de los cambios del número microbiano en función del tiempo (crecimiento, supervivencia, inactivación). Cuantitativamente pueden incluir unidades formadoras de colonias de colonia (ufc), biomasa, medidas de absorbancia, además de niveles de sustratos o de productos metabólicos producidos (Geeraerd y col., 2004).

Muchos de los modelos primarios desarrollados hasta ahora son modelos deterministas. En estos modelos, la evolución del número total de células de una población es descrita a través de un sencillo conjunto de parámetros como lo es la máxima densidad poblacional, velocidad de crecimiento específica, fase de latencia, entre otros (Swinnen y col., 2004).

Entre los modelos deterministas se encuentra, el modelo de crecimiento de población publicado por Baranyi y Roberts (1994); el modelo de número de masa ("mass-number") de Hill y Wright (1994), en el cual se relaciona el crecimiento de la biomasa con el aumento del número de célula viables y el modelo de poblaciones heterogéneas de Mckellar (1997), en el cual se asume que el inóculo está distribuido en dos estados fisiológicos, es decir, células que están en crecimiento y células que no están en crecimiento.

5.2.2. Modelos secundarios.

Los modelos secundarios son usados para caracterizar los parámetros que pueden aparecer en los modelos primarios en función de las condiciones del medio (Temperatura, pH, actividad de agua, etc.) y permiten considerar cómo dos o más factores interactúan sobre el crecimiento microbiano.

En el pasado, los modelos secundarios para el tiempo de latencia, solamente incorporaban el efecto del ambiente de incubación. Hoy en día se han sugerido muchos más modelos que incluyen otros factores relevantes como las condiciones de preincubación. Estos modelos se pueden agrupar en dos secciones:

a) Modelos que calculan la duración de la fase de latencia en función de las condiciones de incubación.

b) Modelos que calculan la duración de la fase de latencia en función de las condiciones de pre-incubación y de incubación (Geeraerdy col., 2004).

5.2.3. Modelos terciarios.

Los modelos terciarios varían en complejidad desde una sencilla ecuación en una hoja de cálculo a sistemas de expertos o programas de simulación de estimación del riesgo. Existen varios programas de nivel terciario. El Pathogen Modeling Program, El Seafood Spoilage Predictor, El Food MicroModel, (Geeraerd y col., 2004).

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la vida útil del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Sharad) que ha sido expuesto a un tratamiento térmico leve (45 °C), luz ultravioleta y la combinación de ambos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto del tratamientos de calor moderado (45 °C por 60 segundos) sobre los parámetros de crecimiento de la flora alterativa y las propiedades fisicoquímicas del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Sharad), durante 14 días de almacenamiento.
- Determinar el efecto de diferentes velocidades de flujo UV-C sobre los parámetros de crecimiento de la flora alterativa, y las propiedades fisicoquímicas del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Sharad).
- Determinar el efecto de la combinación de calor moderado y radiación luz UV-C sobre los parámetros de crecimiento de la flora alterativa, y las propiedades fisicoquímicas del jugo de patilla (*Citrullus vulgaris* Sharad), almacenado durante 14 días.
- Evaluar los cambios fisicoquímicos del jugo de patilla expuestos a los diferentes tratamientos mediante un análisis de evaluación sensorial.

METODOLOGÍA

1. Muestreo.

Se utilizaron frutos de patilla adquiridos en un mercado local de la ciudad de Caracas Venezuela, de la variedad *Citrullus vulgaris* Sharad.

2. Caracterización del fruto intacto.

Se determino:

2.1. Peso promedio del fruto.

2.2. Dimensiones del fruto.

Se midió el largo (longitud desde la base del pedúnculo hasta el ápice)



Figura 13. Patilla (*Citrullus vulgaris*)

3. Elaboración del jugo.

Según la Norma COVENIN 2119-84, el jugo, es el líquido no fermentado, extraído directamente de la fruta por medios mecánicos.

Una vez realizado el proceso de caracterización del fruto intacto, se procedió a lavar y esterilizar la superficie de la patilla, luego se extrajo la pulpa de la patilla y se homogenizó se tamizó para eliminar las semillas y algunos sólidos de gran tamaño. Una vez obtenido el jugo, se procedió a aplicarle los distintos tratamientos.



Figura 14. Proceso de la elaboración del jugo de patilla.

4. Análisis microbiológico realizado al jugo sin tratamiento (control) y al jugo con los distintos tratamientos.

4.1. Determinación de Aerobios Mesófilos.

Se realizó, de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 902-1987. El recuento de aerobios mesófilos se realizó por siembra en medios PlateCount Agar (PCA), utilizando el método de siembra por profundidad, incubando las placas invertidas a 35 °C por 24 a 48 horas.

4.2. Determinación de Aerobios Psicrófilos.

El recuento de aerobios psicrófilos se realizó por siembra en medios Plate Count Agar (PCA), utilizando el método de siembra por profundidad, incubando las placas invertidas a 4 °C por 5 días.

4.3. Determinación de Moho y Levaduras.

Se realizó, de acuerdo con la Norma venezolana COVENIN 1337-90. Se empleo el método de siembra por superficie, usando como medio de cultivo Agar Potato Dextrosa (PDA) acidificado con ácido tartárico al 10%, hasta

alcanzar un pH de 3, para verificar el pH se utilizó papel indicador. Posterior a la siembra las placas se incubaron en la estufa a 20 a 25 °C durante 3 a 5 días.

4.4.Determinación de la Bacterias Ácidos Lácticas (BAL)

Se realizó, de acuerdo con el método descrito por la I.C.M.S.F. (1980), se usó el método de siembra por profundidad y doble capa en placas de Petri con agar MRS (Man, Rogosa y Sharpe). Posterior a la siembra las placas se incubaron a 35-37 °C durante 24 a 48 horas.

5.Caracterización física.

5.1.Color.

La medición de color se realizó a todos los jugos tratados y sintratar (control) jugos control, para lo cual se utilizó el equipo Macbeth color-Eyes 2445 con escala CIE LAB (Hunter Associates Laboratory, Inc, reston, Va, USA) y se estandarizó con una placa blanca y una placa negra, a temperatura ambiente.

Los parámetros que se determinaron son:

L: Índice de luminosidad o claridad.

a: Matiz o longitud de onda predominante.

b: Intensidad del color.

Las mediciones de los parámetros **L**, **a**, **b** se realizaron por triplicado para cada una de las muestras analizadas.

El valor de *L* representa una mayor o menor reflectancia de la luz y sus valores pueden variar entre 0 (negro) y 100 (blanco).

Los valores **a** y **b** representan coordenadas de cromaticidad, donde hay valores en una coordenada pasando por cero, en el caso de **a**, los valores positivos indican rojo, el cero representa al color gris y los valores negativos indican verde. En el caso de la coordenada **b**, los valores positivos indican el color amarillo, cero el color gris y los valores negativos son representados por el color azul.

Los cambios del color del jugo pueden ser expresados como un simple valor numérico (ΔE), que define la magnitud de la diferencia del color total y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta E = ((L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2)^{0,5}$$

Las mediciones se realizaron a las muestras tratadas y al control durante 14 días con intervalos de 2 días para cada medición.

5.2. Viscosidad aparente.

Se determinó con un viscosímetro Brookfield, a diferentes velocidades 100, 60, 50 y 30 rpm con una aguja n° 4, durante 14 días a intervalos de 2 días por medición.

En la figura 15 se puede observar el viscosímetro, realizando unas mediciones al jugo de patilla.



Figura 15. Viscosímetro Brookfield.

6. Caracterización química.

6.1. pH.

Se determinó según el método 981.12 de la AOAC (2005). Las mediciones se realizaron a las muestras de jugo de patilla sin tratar y expuestas al tratamiento. Se realizaron tres mediciones y se empleó un potenciómetro digital (HANNA instruments USA, modelo pH 2111, USA) calibrado con solución amortiguadora "buffer" de pH 4,0 y pH 7,0. Se evaluaron tres replicas durante 14 días de almacenamiento.



Figura 16. Potenciómetro digital

6.2. Sólidos solubles.

Se determino por refractometría según el método N°. 932.12 de la A.O.A.C (2005). Se realizaron tres mediciones para cada una de la muestras de jugo de patilla (sin tratar y las expuestas a los tratamiento combinados de ultravioleta y calor), para lo cual se empleó un refractómetro de mano Baush and Lomb modelo 33.46.10.

Acidez total titulable.

Para esta determinación se empleó el método 37.1.37 propuesto por la A.O.A.C (2005).

7. Inactivación de la flora alterativa mediante un tratamiento térmico suave y luz ultravioleta (UV-C).

7.1. Muestra control.

Una vez obtenido el jugo este se envasó (muestra sin tratamiento á la que se le llamo control en recipientes de vidrio previamente esterilizados y a continuación se almacenaron a 7 °C, durante 14 días. Cabe destacar que, estas muestras fueron evaluadas simultáneamente con las muestras de jugos tratadas, a las cuales se les realizó las evaluaciones microbiológicas, físicas y químicas, durante su almacenamiento (14 días).

7.2. Tratamiento térmico suave aplicado a las muestras de jugos de patilla.

El jugo previamente preparado se envasó en botellas de vidrio estériles, posteriormente, estas botellas se colocaron en baño de maría hasta que el jugo alcanzó 45 °C y se mantuvieron a dicha temperatura durante 60 segundos, inmediatamente se procedió a enfriar las botellas colocándolas en un recipiente con agua e hielo. Finalizado el tratamiento, se procedió a analizar 2 muestra de 50 mL cada una (Tiempo cero (0)). El resto de las muestra fue almacenado a 7 °C para evaluarlas durante los siguientes 14 días.



Figura 17. Aplicación del tratamiento térmico suave al jugo de patilla en baño de María.

7.3. Tratamiento con UV-C aplicado a las muestras de jugos de patilla.

El jugo previamente preparado fue impulsado por medio de la bomba peristáltica a velocidad de flujo de 1,66 mL/segundo, a la unidad de radiación que está constituida por dos lámparas de UV-C, las cuales tiene una intensidad de 1.454 mw/cm^2 . Se mantuvo un flujo laminar dentro de los reactores para evitar la presencia de burbujas de aire. Finalmente, el jugo tratado se depositó (50 ml) en los envases de vidrios estériles, donde se procedió a realizar el análisis microbiológico y fisicoquímico (tiempo cero) a 2 de los envases con la muestra y el resto se almacenó a $7 \text{ }^\circ\text{C}$ para ser evaluados durante los siguientes 14 días.



Figura 18. Aplicación de luz ultravioleta al jugo de patilla natural.

7.4. Tratamiento térmico suave más tratamiento con UV-C aplicado a las muestras de jugos de patilla.

El jugo previamente preparado se envasó en botellas de vidrio estériles, estas botellas con el jugo se colocaran en baño de maría hasta que el jugo alcanzó 45 °C y se mantuvieron a dicha temperatura durante 60 segundos, inmediatamente se procedió a enfriar colocando las botellas en un recipiente con agua e hielo. El jugo previamente tratado con calor, fue impulsado por medio de la bomba peristáltica a velocidad de flujo de 1,66 mL/segundo, a la unidad de radiación. Un volumen de 50 mL se deposito en envases de vidrios estériles. Posteriormente, se tomaron 2 muestras y se les realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico (tiempo cero), y el resto de las muestras se almaceno a 7 °C para ser evaluados durante los siguientes 14 días.

7.5. Tratamiento con UV-C más tratamiento térmico suave aplicado a las muestras de jugos de patilla.

El jugo previamente preparado fue impulsado por medio de la bomba peristáltica a velocidad de flujo de 1,66 ml/segundo, a la unidad de radiación. A

continuación, el jugo previamente tratado con luz UV-C fue recogido en botellas de vidrios estériles, y llevado a baño de María hasta que alcanzó los 45 °C manteniendo esa temperatura por 60 minutos, transcurrido este tiempo se enfrió rápidamente en colocando las botellas en un recipiente con agua e hielo. Finalizado el tratamiento, se tomaron 2 muestras y se les realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico (tiempo cero), y el resto de las muestras se almacenó a 7 °C para ser evaluados durante los siguientes 14 días.

8. Evaluación sensorial.

Para la evaluación sensorial, se seleccionaron aquellos tratamientos individuales de luz ultra violeta y calor leve donde no se observaron cambios drásticos en el jugo de patilla y sus combinados. Se procedió a realizar la evaluación sensorial del jugo con tratamiento y sin tratamiento a un panel de 12 personas. Se utilizó una prueba trio forzada, el panelista debía evaluar dos grupos para un mismo tratamiento, el primer grupo está formado por tres muestras codificadas de las cuales una muestra es el control y las otras dos son las muestras tratadas. El segundo grupo consistía de tres muestras codificadas, de las cuales dos muestras eran el control y una muestra tratada, el panelista debió identificar en cada grupo la muestra diferente. Los grupos se colocaron según la Tabla 4. Los parámetros evaluados fueron color, viscosidad y olor.

Tabla 4. Orde para servir la prueba triangulo.

Tabla 4 Orden para server la prueba triangulo Orden balanceado		
Panelista	Orden para servir.	
	Columna 1	Columna 2
1	ABB	ABA
2	BAB	AAB
3	BBA	BAA
4	AAB	BAB
5	BBA	ABA
6	ABB	AAB
7	BAA	BAB
8	ABA	BBA
9	AAB	ABB
10	BAA	BBA
11	ABA	ABB
12	BAB	BAA
13	AAB	BBA
14	BBA	AAB
15	BAA	ABB
16	ABB	BAA
17	ABA	BAB
18	BAB	ABA

Nombre: _____ Fecha: _____

Evalúe las muestras de izquierda a derecha e indique cuál es la muestra diferente mediante un círculo alrededor del código respectivo.

Solo observar color, viscosidad y olor. NO TOMAR.

627 531 401

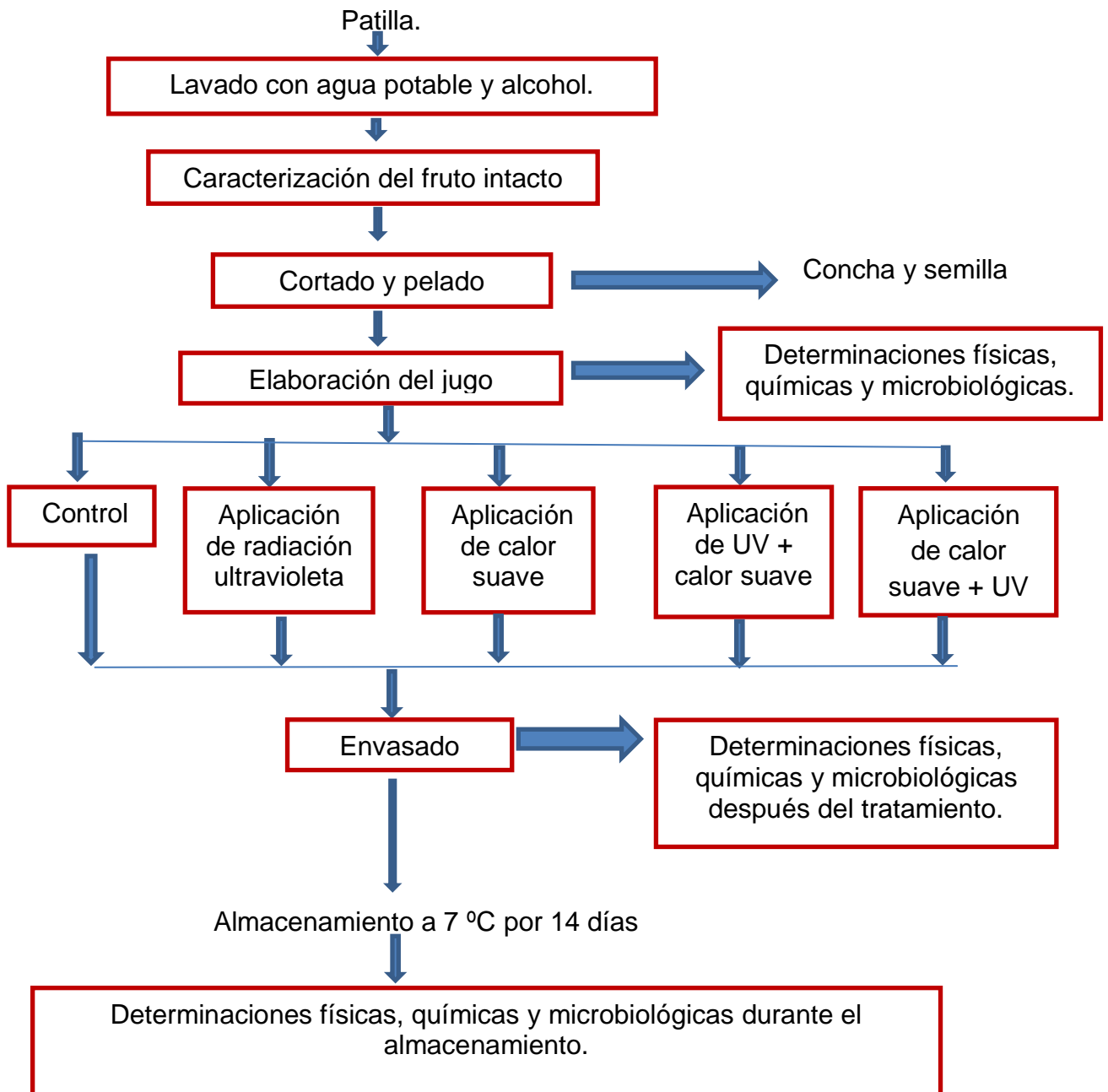
Figura 19. Planilla para la evaluación de la aceptabilidad de las muestras de jugo tratada con ultrasonido y ultravioleta y con los tratamientos combinados.

9. Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos en la evaluación fisicoquímica y microbiológica durante el almacenamiento, fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de ANOVA de dos vías utilizando el software de Statgraphics® (Versión 5.1), con la finalidad de determinar si los tratamientos de calor leve 45 °C, Radiación ultravioleta y las combinaciones de ambos tratamientos afectaron las reducciones logarítmicas de los microorganismos y parámetros fisicoquímicos evaluados, seguido por la prueba de Rango múltiples para determinar cuáles medias fueron diferentes. El nivel de significancia utilizado fue de 95% ($\alpha = 0,05$).

Para determinar la Evaluación Sensorial, se empleó la tabla estadística para la estimación significativa de las pruebas preferencia-pareada, diferencia-pareada, duo-trio y de triangulo propuesta por Rosessler y col., 1978. (Anexo 1, tabla 2).

ESQUEMA TECNOLÓGICO.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización del fruto intacto.

El procesamiento de frutas y hortalizas, es una alternativa de conservación para este tipo de productos, los cuales son ricos en elementos nutritivos muy valiosos, como vitaminas, minerales y fibra, por lo que se hace necesario poner a disposición del procesador materias primas con características fisicoquímicas y sensoriales óptimas y preferiblemente que cumplan con los requerimientos necesarios para obtener productos alimenticios de excelente calidad (Villalba y col., 2006).

Por lo antes dicho, antes de comenzar el trabajo experimental se procedió a recolectar el fruto de patilla (*Citrullus vulgaris*) en un mercado local del Distrito Capital, tomando una muestra representativa de las mismas (30). Cada una de estas piezas se peso, para obtener el peso neto de cada fruta, para así obtener un dato de referencia para calcular el rendimiento y también se tomó la medida del largo (Tabla 5).

Las frutas se trasladaron al laboratorio de forma adecuada con el fin de preservar sus características. Cada una de las frutas se lavó con agua destilada y un agente germicida (hipoclorito de sodio), y posteriormente se dejó secar a temperatura ambiente.

Tabla 5. Peso promedio y longitud (largo) promedio de la patilla (*Citrullus vulgaris sharad*).

Peso del fruto (Kg)	Longitud (cm)
8,95 ± 2,16	91,3 ± 15,96

Números de replicas, n: 30.

Rendimiento: Se determinó el peso inicial de la muestra, que constituye el peso total del fruto, luego se retiró la cáscara y semillas, quedando solamente la parte comestible o apta para ser procesada industrialmente, se tomó el peso final de esa parte y con estos valores se aplicó la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Peso pulpa}} \times 100$$

Obteniéndose, que por cada Kilogramo de fruta aproximadamente 600 mL de jugo, lo que da un rendimiento de 60%.

Los resultados obtenidos concuerdan con las características exigidas por los mercados y el gusto del consumidor, ya que las sandías cultivadas para la exportación deben poseer un peso comprendido entre 3 y 8 kg.

1.1. Caracterización fisicoquímica del jugo de patilla sin tratamiento.

Las características fisicoquímicas, reflejan las propiedades particulares de cada frutas, como lo es el aroma, el sabor, el color, la viscosidad, el pH entre otros. Estas características identifican a cada fruto, de los además, y pueden variar de acuerdo a la especie. Estas

características varían con la transformación de la frutas en sus derivados (jugos, jaleas, etc).

Los valores de las características fisicoquímicas de la fruta evaluada sin tratamiento se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados del pH, Acidez total y solidos solubles del jugo de patilla sin tratamiento.

pH	5.23 ± 0.38
% Acidez total titulable*	0.058 ± 0.01
Sólidos solubles (°Brix)	8.35 ± 0,48

Números de replicas, n: 10

*El % de acidez está representado como él % de ácido cítrico por cada 100ml de pulpa.

1.1.1.pH del jugo de patilla sin tratamiento.

El pH es una medida analítica, que expresa la concentración de iones de H⁺ en un medio. Según Frazier (1981), los alimentos se pueden clasificar de acuerdo a su pH en:

- (1). Alimentos muy ácidos con pH inferiores a 3,7.
- (2). Alimentos ácidos que van de un pH 3,7 a 4,5.
- (3) Alimentos de acidez media cuyo pH se comprende entre 4,5 y 5,3.
- (4) Alimentos ácidos bajo con un pH superior a 5,3.

Según los resultados obtenidos la patilla, esta entre los alimentos ácidos bajos, según Frazier (1981).

Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Pereira (2006), Issa (1986) y López (2003), donde el pH reportado fue de 5,41 para Pereira; 5,6 para Issa y 5,3 para López, en los jugos naturales de patilla. Estas diferencias

se deben a que hay variaciones en el contenido de nutrientes, compuesto bioactivos, etc, entre las mismas especies, que depende del lugar de siembra la cantidad de agua disponible, el tipo de suelo y otros factores.

1.1.2.Acidez titulable del jugo de patilla sin tratamiento.

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en las vacuolas de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable), representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide titulando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, hasta neutralizar. Para reportar la acidez, se considera al ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante (Bosque, 2006).

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los obtenidos por Pereira (2006), quien reportó un valor de 0,06% de acidez y el obtenido en este trabajo fue de 0,058%.

1.1.3.Sólidos solubles del jugo de patilla sin tratamiento.

Sólidos solubles, es un estimador del contenido de azúcar (sacarosa) en los jugos de frutas (Bosque, 2006), ya que representa más del 90% de la materia soluble en la mayoría de las frutas.

El valor de los sólidos solubles que se obtuvo fue de 8,35 °Brix, muy próximo al obtenido por López (2003) el cual fue de 8,10 °Brix.

1.1.4. Color del jugo de patilla sin tratamiento.

El color en los alimentos, ya sean procesados o naturales, es uno de los principales atributos sensoriales. El color, además de la textura y el sabor, juegan un papel muy importante en la aceptación del producto por el consumidor, ya que este es un indicador de calidad. Además, un cambio de color en los alimentos es uno de los principales indicativo de que cambios químicos han ocurrido o están ocurriendo en el producto.

El color, es el resultado de la energía radiante en términos de correlación visual, y está basado en las propiedades del ojo humano. Un color puede ser descrito subjetivamente por la experiencia del observador y objetivamente, de acuerdo a su longitud de onda, parámetros **L***, **a*** y **b*** y cromaticidad, entre otros (Badui, 2006).

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos de los parámetros **L***, **a*** y **b*** para el jugo natural de patilla.

Tabla 7. Parámetro de color para el jugo de patilla sin tratamiento.

L*	+26.75 ± 0.76
a*	+33.122 ± 3.22
b*	+17.896 ± 2.06

Número de replicas, n:5, todas las mediciones se realizaron por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. **L***, **a*** y **b*** son promedios.

En esta tabla, se observa valores altos de **a** que indican el color rojo. La pigmentación rojo característico de las frutas de sandía está determinada por la acumulación del pigmento carotenoide, principalmente el licopeno (Tadmor y col, 2005). También, se observan valores altos de **b**, que representa al color amarillo. Estudios genéticos realizados a la patilla por Las Vegas y col., (1998

citado por Lewinsohna y col., 2005), describen cinco colores de patilla, estos fenotipos son: amarillo canaria, salmón amarillo, naranja, rojo y blanco. Las relaciones genéticas entre estos fenotipos corresponden a la base de segregación de las poblaciones. Esto quiere decir, que dependiendo de las variedades de patilla se puede encontrar que el color en su pulpa puede ser rojo, rosado, fucsia, anaranjado y amarillo, así que se puede obtener desde valores altos en el parámetro **b** y bajos en el parámetro **a** para patillas de color amarillo, como valores altos en **a** y bajos en **b** para patillas de color rojo, como valores de **a** y **b** altos para patillas que se acerquen a colores rojo-anaranjado. Con respecto al estudio realizado en esta investigación se determinó que los valores **a** y **b** son altos por lo que el color de la patilla se encontraría en un rango de color rojo-anaranjado.

1.1.5. Viscosidad aparente para el jugo de patilla sin tratamiento.

La viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del fluido. Dicho concepto se introdujo anteriormente en la Ley de Newton de la viscosidad, que relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación (Barbosa, 2005).

Existen tres tipos de viscosidad: la viscosidad dinámica, la viscosidad cinemática y la viscosidad aparente.

La viscosidad aparente: se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Este término es el que se utiliza al hablar de “viscosidad” para fluidos no newtonianos.

En la tabla 8 se presenta los valores de la viscosidad aparente, obtenidos en el jugo de patilla natural.

Tabla 8. Viscosidad aparente del jugo de patilla sin tratamiento.

Velocidad (rpm)	Viscosidad (cPs)
100	270.67 ± 8.08
60	300 ± 34.64
50	342 ± 15.59
30	426.67 ± 133.17

Número de replicas n: 5, todos los análisis fueron hechos por triplicado.
Cada valor representa la media más la desviación estándar.

La viscosidad aparente fue medida en 4 velocidades y se utilizó la aguja número 4. Se puede observar que la viscosidad disminuye a medida que se aumenta la velocidad. Estos resultados son muy parecidos a los obtenidos por Pereira (2006), quien para la velocidad de 60 rpm obtuvo un valor de 250,00 ± 50,00 (cPs) y para la velocidad de 30 rpm obtuvo valores de 500,00 (cPs). Este comportamiento de datos, concuerda con los fluidos no newtonianos pseudoplástico, en donde la viscosidad aparente se reduce con el gradiente del esfuerzo cortante, (Tabla 8) (Barbosa, 2005).

1.2. Análisis microbiológico del jugo de patilla sin tratamiento.

La patilla es un sustrato adecuado para el crecimiento de varios microorganismos, incluyendo *Pseudomonassp.*, *Escherichiacoli*, *Enterobacteriassp.*, micrococos (Rosario y Beuchat, 1995), así como también *Salmonela sp.*, (Golden, 1999; Citado por Fonseca, 2006). En la tabla 9, se muestran los resultados obtenidos del conteo microbiano en el jugo de patilla sin tratamiento, se puede observar que la carga inicial de aerobios mesófilos es de 2,95 Log UFC/mL, resultado muy parecido al obtenido por Artés y col., 2010,

en los cubos de patilla recién cortados donde la carga inicial para aerobios mesófilos fue de 2,4 Log UFC/gr. Además, es de hacer notar que los valores iniciales de los microorganismos evaluados son pequeños. Si se comparan los con los datos aportados por las Normas AVA (Agri-Food & Veterinary Authority of Singapore) para alimentos listos para consumir, los aerobios mesófilos no debe ser mayor de 5,0 log UFC/g y para mohos y levaduras los resultados deben ser inferiores a 2.3 log UFC/g (Seow y col., 2012). Por lo tanto, los resultados arrojados en este estudio, indican que la pulpa de patilla sin tratamiento se encuentra por debajo del límite sugerido por las normas AVA.

Tabla 9. Microbiología inicial del jugo de patilla sin tratamiento.

Microorganismos	Log ufc/ ml
Aerobios mesófilos	2,95
Bacterias ácido lácticas	2,35
Levaduras	1,08
Mohos	<10

2. Caracterización fisicoquímica de los jugos sometidos a un tratamiento térmico suave 45 °C por 60 segundos (T.T) y un tratamiento de luz ultravioleta a diferentes flujos (UV-C).

2.1. Análisis fisicoquímicos de los jugos de patilla expuestos a un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 s)(T.T) y almacenados durante 14 días.

2.1.1. pH del jugo de patilla expuesto a un tratamiento T.T.

En la figura 20, se muestra el comportamiento del pH en los jugos de patilla, tratados con calor leve (45 °C), almacenado a 7 °C. Se puede observar que hay un aumento de pH después de aplicar el tratamiento térmico, sin embargo, la variación de este es leve durante el tiempo de almacenamiento, además, se puede observar, que este tiende a incrementarse lentamente hasta el día 11 donde comienza a disminuir. Al aplicarle el análisis estadístico no se encontró diferencia significativas ($p \leq 0.05$), entre el control y el jugo tratado térmicamente.

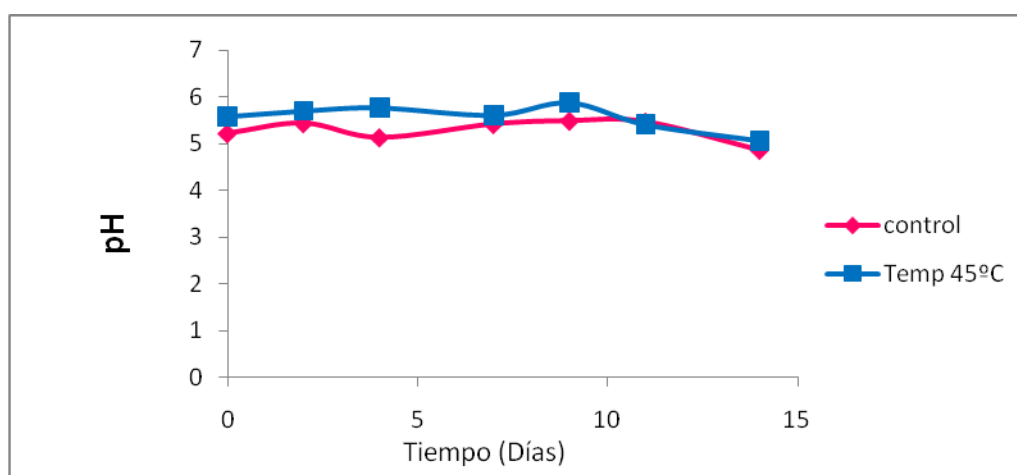


Figura 20. Variación del pH en jugos de patilla tratados con calor suave a 45 °C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Hay que recordar que el pH, es una medida de protones libres Wagner, (2005).

Parker y col (2010)., reportaron un incremento en el pH de la lechosa tipo Arcoiris, después de ser expuesta ha un tratamiento térmico suave (80 °C por 5 min), el valor inicial de pH fue de 4,9 y el resultado final después del calentamiento fue 5,1. Estos resultados muestran una misma tendencia que los

obtenidos en este trabajo, el pH inicial fue de 5,22 y después de aplicar el tratamiento térmico, el pH aumento a 5,58. Este incremento pudo ser originado por el crecimiento de las bacterias aerobias mesófilas (tabla 19). El aumento de estos microorganismos pudo deberse al tiempo que transcurrió desde el tratamiento hasta que se realizo el análisis fisicoquímico, tiempo en el cual las bacterias aerobias mesófilas pudieron recuperarse y crecer lo que originó el cambio de pH. Ya que estas bacterias pueden producir metabolitos básicos lo cual pudo influir en el leve aumento del pH en el jugo. No obstante el incremento es muy pequeño como para influenciar las propiedades del jugo.

2.1.2.Acidez titulable del jugo de patilla expuesto a un tratamiento T.T.

En la tabla 10, se observa que el ácido orgánico presente en las muestra de jugo de patilla tratada con calor suave es similar a los valores reportados en el control, durante los primeros cuatros días de almacenamiento no se observa variación del contenido del acido orgánico, sin embargo, a partir del séptimo día comienza una leve disminución de la acidez (aunque esta no existe diferencia significativa entre la acidez titulable durante el almacenamiento), hasta alcanzar un valor de 0,26%.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pereira (2006), donde observo que la acidez titulable iba disminuyendo, a medida que transcurría los días de almacenamiento.

La acidez puede variar durante el almacenamiento de los alimentos, esto va a depender de la madurez y la temperatura. Otro factor que puede disminuir la acidez está asociado con la actividad de los microorganismos.

Tabla 10. Variación de la acidez titulable en las muestras de jugos de patilla expuestas a un tratamiento térmico de 45 °C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Días	Acidez Titulable	
	Control	Temperatura (45°C)
0	0,058 ± 0,01a	0,058 ± 0,0a
2	0,058 ± 0,01a	0,058 ± 0,0a
4	0,058 ± 0,01a	0,058 ± 0,0a
7	0,058 ± 0,01a	0,041 ± 0,0b
9	0,054 ± 0,01a	0,032 ± 0,1 c
11	0,041 ± 0,01ab	0,032 ± 0,1 c
14	0,026 ± 0,01b	0,026 ± 0,0 d

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Los microorganismos presente en el alimento, utilizan primero los azúcares, después los alcoholes y después los ácidos. Ya que el primer requerimiento para la actividad microbiana es la energía.

Cabe mencionar, que la acidez titulable no está correlacionada directamente con el pH de un producto elaborado industrialmente, una fruta no puede sentirse tan ácida pero si tener pH alto y viceversa, esto depende de la capacidad buffer de la pulpa a un pH bajo y de la combinación de ácidos presentes en el producto.

2.1.3. Sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a un tratamiento T.T.

En la tabla 11, se muestran los resultados de los sólidos solubles (SS) del jugo de patilla, luego de someterlo a un tratamiento térmico leve (45 °C por 60 seg.). Los resultados estadísticos, mostraron que no hay diferencia significativas ($p \leq 0,05$) entre los SS evaluados durante el almacenamiento. En

la misma tabla, se puede observar que la variación entre el control y la muestra tratada no es muy diferente, además, es notorio que los primeros 4 días no hubo una disminución de los SS, pero a partir del séptimo día se aprecia un leve descenso de los mismos. Esta variación podría estar asociada con la actividad microbiana presente en el jugo de patilla, ya que las bacterias necesitan azúcares para su crecimiento. Entre los azúcares presentes en el jugo de patilla, se tienen la glucosa, fructosa, sacarosa entre otros. Hay que recordar que los sólidos solubles es un estimador del contenido de azúcar (sacarosa) en los jugos de frutas (Bosque, 2006), ya que representa más del 90% de la materia soluble en la mayoría de las frutas.

Rojas en el 2004, Evaluó la estabilidad fisicoquímica de jugo de patilla, observando que los sólidos solubles de las muestras refrigeradas a 8 °C se mantenían constante hasta el quinto día de almacenamiento, a partir de esta día ocurrió una disminución, estos resultados concuerda con los obtenidos en este trabajo.

Pereira (2006), en su trabajo aprovechamiento integral de la patilla, encontró que no hubo diferencia significativa en los sólidos solubles de los néctares, durante los 5 días que duro el estudio de estabilidad. Esta misma tendencia se observo en los resultados obtenidos en este estudio, sin embargo a partir del cuarto día los sólidos solubles presentes en el jugo de patilla comienza a disminuir.

Ye lui y col., 2009, obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este trabajo, al exponer el jugo de patilla, a una temperatura de 90 °C durante un minuto no observaron cambios en los carbohidratos (por ejemplo, glucosa,

fructosa, sacarosa) que eran la composición principal de los sólidos solubles del jugo.

Este posible comportamiento puede ser atribuido al consumo de azúcares debido a la respiración y producto de su degradación debido al crecimiento de microorganismo.

Tabla 11. Variación de los Sólidos solubles en las muestras de jugos de patilla expuestas a un tratamiento térmico de 45 °C por 60 segundos, durante al almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Días	Sólidos solubles (°Brix)	
	Control	Temperatura (45°C)
0	8,25 ± 1,06a	8,0 ± 0,71 ^a
2	8,0 ± 0,71a	8,0 ± 0,71 ^a
4	8,0 ± 0,71a	8,0 ± 0,71 ^a
7	7,5 ± 0,0a	7,75 ± 0,35 ^a
9	7,5 ± 0,0a	7,75 ± 0,35 ^a
11	7,5 ± 0,0a	7,38 ± 0,53 ^a
14	7 ± 0,0a	6,75 ± 0,35 ^a

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.1.4. Color del jugo de patilla expuesto a un tratamiento T.T.

En la Figura 21, se muestra como varia el ΔE del jugo cuando se le ha aplicado un tratamiento térmico suave (45 °C). Se puede observar que el ΔE tiene una ligera disminución, pero estadísticamente ($p \leq 0,05$) no hay variación significativa.

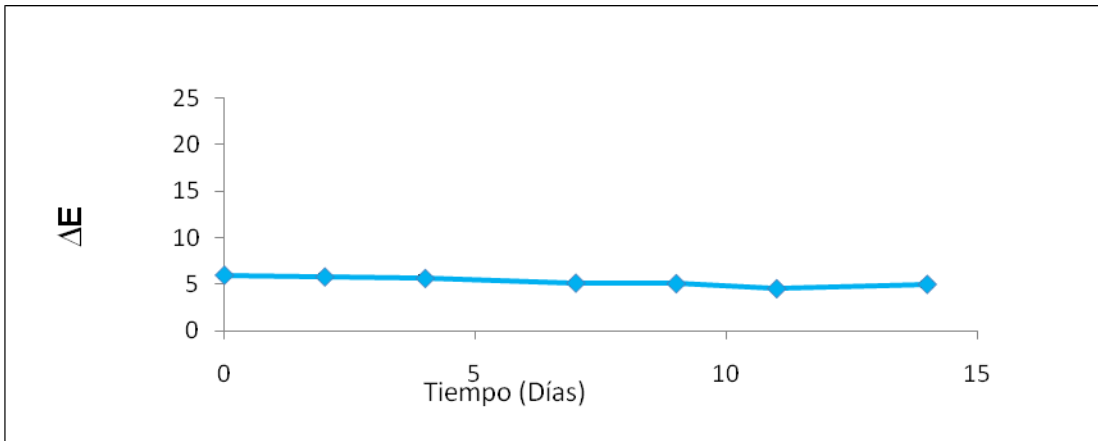


Figura 21. Variación del ΔE del jugo de patilla, al aplicarle un tratamiento térmico suave 45 °C, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Parker y col (2010), reportaron una disminución ΔE en el jugo de lechosa, cuando esta fue expuesta a un tratamiento de calor leve (80 °C por 5 min). Los valores obtenidos por Parker fueron para la lechosa tipo Arcoíris, control **L**: 28,48, **a**: 6,92 y **b**: 44,20. Al exponer el jugo de lechosa al tratamiento térmico, obtuvo los siguiente resultado: **L**: 25,55, **a**: 5,16 y **b**: 41,79 obteniendo un ΔE : igual a 4,89. Para la lechosa tipo *Sun Up* obtuvo los siguientes valores, (control) **L**: 23,83, **a**: 13,19 y **b**: 37,78, luego de aplicarle el tratamiento térmico los valores que obtuvo fueron **L**: 22,56, **a**: 11,17 y **b**: 37,10 con un ΔE : 2.49. Los resultados obtenidos por estos investigadores se asemejan a los obtenidos en este trabajo, aunque se debe acotar que se trabajo con materias diferentes. Los valores arrojados para el jugo de patilla sin tratamiento (control) fueron los siguientes: **L**: 29,4; **a**: 39,95 **b**: 27,01 después de aplicarle el tratamiento térmico suave (45°C) se obtuvo una disminución en los parámetros, los valores obtenidos fueron **L**: 26,56; **a**: 37,3 y **b**: 26 Ver (tabla 12) con un ΔE : 4.01, Esta disminución se debe a que los carotenoides son fácilmente destruidos por el

calor (Badui, 2006). También, se observa en la grafica que durante el almacenamiento disminuye el ΔE .

Se ha comprobado que los procesos de oxidación son más acusados cuando se pierde la integridad celular, de forma que en alimentos vegetales triturados, la pérdida de compartimentación celular pone en contacto sustancias que se pueden modificar estructuralmente, e incluso destruir los pigmentos. No todos los tipos de tratamientos térmicos afectan en la misma medida a los carotenoides, de forma que la pérdida de estos pigmentos aumenta en el siguiente orden: cocinado con microondas < cocinado al vapor < hervido < salteado. (Rodríguez-Amaya, 1999; citado por Meléndez y col., 2004).

2.1.5. Viscosidad aparente para el jugo de patilla expuesto a un tratamiento T.T.

En la tabla 12., se muestran los valores de viscosidad aparente en el tiempo, al aplicarle un tratamiento térmico suave (45 °C). Se puede observar que los valores iniciales no varían con respecto al control. Con el tiempo la viscosidad se incrementa, y para el día 7, no se puede determinar, esto debido a que el jugo de patilla se divide en dos fases, la primera transparente y la segunda roja, lo cual se debe a la precipitación de los sólidos suspendidos (figura 22).



Figura 22. Diferencia de fases del jugo de patilla con 7 días de almacenamiento

Tabla 12. Variación de la viscosidad aparente del jugo de patilla tratado con un tratamiento térmico suave 45 °C por 60 segundos, durante el almacenamiento a 7 °C durante 14 días.

	Jugo sin tratar (Control)		Jugo tratado a 45°C por 60s.	
	Parámetros		Parámetros	
Días de almacenamiento	Velocidad (rpm)	Viscosidad (cPs)	Velocidad (rpm)	Viscosidad (cPs)
0	100	280a	100	280a
	60	300a	60	300a
	50	333a	50	333a
	30	480a	30	480a
2	100	280a	100	280a
	60	300a	60	300a
	50	333a	50	333a
	30	480a	30	480a
4	100	360a	100	330a
	60	400a	60	400a
	50	540a	50	610a
	30	720a	30	700a
7	100	-	100	-
	60	-	60	-
	50	-	50	-
	30	-	30	-

En los primeros dos días de tratamiento, no se observa variación de la viscosidad, lo mismo ocurrió en el trabajo realizado por Aguiló y col., (2010), donde la viscosidad del jugo de patilla, tratada térmicamente no varió en el primer día del tratamiento, no obstante, si se observaron diferencias durante el periodo de almacenamiento.

El aumento de viscosidad en los jugos tratados, se puede al rompimiento o a perturbaciones de las pectinas solubles al elaborar el jugo y aplicarle los tratamientos: calor leve y radiación UV (Hayes, y col., 1998). Por lo tanto una solución de pectina coloidal muy concentrada, da como resultado un producto de mayor viscosidad. A partir del día 7 la viscosidad cae, estos cambios de viscosidad pueden estar afectados por la actividad de enzimas pectolíticas como Pectina metilesterasa (PME) y pectina galacturonasa (PG). El éster metílico de la pectina es hidrolizado por la PME y el resultado de esto, es el ácido poligalacturónico que se rompe por la acción de la PG, dando como resultado la disminución de la viscosidad en los productos (Wong, 1995).

2.2. Análisis fisicoquímicos de los jugos de patilla expuestos a un tratamiento de luz ultravioleta (UV-C) a diferentes flujos y almacenados a 7 °C por 14 días.

A: Jugo de patilla sin tratamiento. (Control)

B: Jugo de patilla expuesto a luz ultravioleta con una lámpara a un flujo de 1,66 mL/ seg. (UVR1)

C: Jugo de patilla expuesto a luz ultravioleta con dos lámpara a un flujo de 1,47 mL/ seg. (UVR2)

D: Jugo de patilla expuesto a luz ultravioleta con una lámpara a un flujo de 0,86 ml/ seg. (UVM1)

E: Jugo de patilla expuesto a luz ultravioleta con dos lámparas a un flujo de 1,06 ml/seg. (UVM2)

2.2.1. pH del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de UV-C a diferentes flujos.

Se puede observar que al aplicar luz ultravioleta varía ligeramente el pH, también se aprecia, que el pH tiende a aumentar, durante el tiempo de almacenado en refrigeración a 7 °C, en todos los casos, con excepción del jugo de patilla al cual se le aplicó luz ultravioleta con una lámpara a un flujo de 1,47 mL/ s., (UVM1) donde el pH disminuye a partir del onceavo día, alcanzando un pH final de 3,82. (Figura 23).

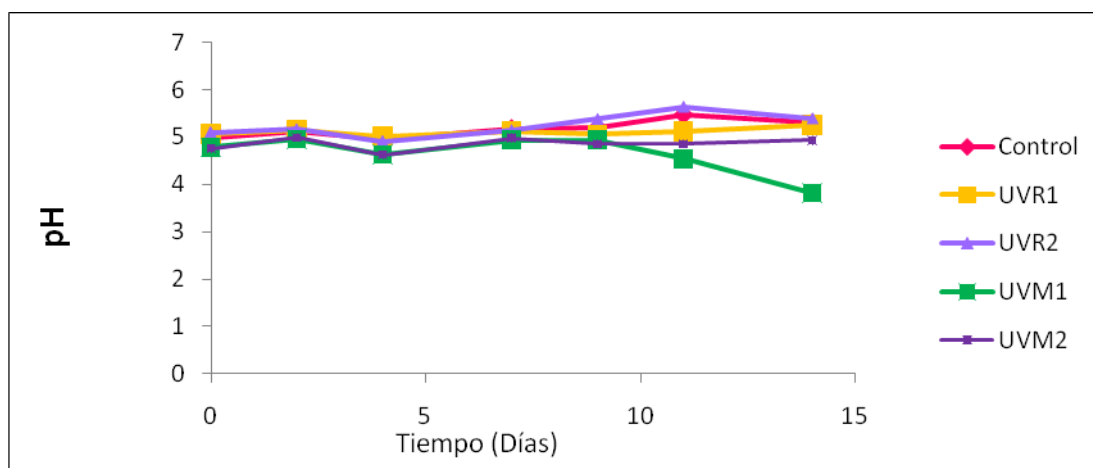


Figura 23. Variaciones del pH en el jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

2.2.2. Acidez titulable del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de UV-C a diferentes flujos.

En la tabla 13, se muestran los resultados de acidez titulable (AT) para las muestras expuestas a diferentes flujos de luz Ultra Violeta. Como puede observarse, los diferentes tratamientos no afectan a la AT, sin embargo, el tiempo de almacenamiento sí tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la AT del jugo tratado.

Tabla 13. Variaciones de la acidez titulable del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Día	Acidez titulable				
	Control	UVR1	UVR2	UVM1	UVM2
0	0,057 ± 0,010a	0,057 ± 0,01a	0,057 ± 0,01a	0,064 ± 0,0a	0,064 ± 0,0a
2	0,057 ± 0,010a	0,057 ± 0,01a	0,057 ± 0,01a	0,064 ± 0,0a	0,064 ± 0,0b
4	0,057 ± 0,010a	0,057 ± 0,01a	0,057 ± 0,01a	0,064 ± 0,0a	0,064 ± 0,0b
7	0,057 ± 0,010a	0,052 ± 0,02ab	0,057 ± 0,01a	0,064 ± 0,0a	0,064 ± 0,0b
9	0,052 ± 0,017ab	0,052 ± 0,02ab	0,052 ± 0,017ab	0,064 ± 0,0a	0,064 ± 0,0c
11	0,03 ± 0,000bc	0,031 ± 0,00ab	0,03 ± 0,001bc	0,054 ± 0,0b	0,032 ± 0,0c
14	0,026 ± 0,008c	0,026 ± 0,01b	0,026 ± 0,01c	0,032 ± 0,0c	0,032 ± 0,0c

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.2.3. Sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de UV-C a diferentes flujos.

Se puede observar, que no hay una variación significativa de los sólidos solubles, después de aplicar los diferentes flujos de luz ultravioleta al jugo de patilla, aunque estos tienden a disminuir levemente en el tiempo. Estos resultados tienen un patrón similar a los resultados obtenidos en el jugo de patilla expuesto a un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 s) (Tabla 14).

Se puede observar que los tratamientos, no influyen notablemente en la variación de los sólidos solubles, aunque estos tienden a disminuir en el tiempo, un patrón muy similar se observó en los resultados obtenidos con el tratamiento térmico suave (45 °C por 60 s).

Tabla 14. Variaciones de los sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Día	Sólidos solubles (°Brix)				
	Control	UVR1	UVR2	UVM1	UVM2
0	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a	8,5 ± 0,0a	8,0 ± 0,0a
2	8,25 ± 0,35a	8,00 ± 0,00ab	8,25 ± 0,35a	8,3 ± 0,0b	7,75 ± 0,0b
4	8,5 ± 0,0a	8,25 ± 0,35ab	8,25 ± 0,35a	7,75 ± 0,0c	7,75 ± 0,0b
7	7,5 ± 1,41a	7,75 ± 0,35ab	7,5 ± 1,41a	7,5 ± 0,0d	7,75 ± 0,0b
9	7,5 ± 1,41a	7,75 ± 0,35ab	7,5 ± 1,41a	7,5 ± 0,0d	7,25 ± 0,0c
11	7,5 ± 0,71a	7,63 ± 0,18b	7,5 ± 0,71a	7,3 ± 0,0e	7,25 ± 0,0c
14	7,5 ± 0,71a	7,00 ± 0,00c	7,5 ± 0,71a	7 ± 0,0f	7,0 ± 0,0c

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.2.4. Color del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de UV-C a diferentes flujos.

En cuanto al color de las muestras tratadas con diferentes flujos de luz UV-C, se puede observar que dependiendo del tratamiento, hay variaciones en el ΔE inicial, se observar que el ΔE de las muestras con tratamientos UVM1 y UVM2 tiende a disminuir en el tiempo de almacenamiento, mientras que las muestras tratadas con UVR1 y UVR2 aumentan el ΔE en el tiempo de almacenamiento. Estas variaciones en el color, se deben a que los tratamientos UVM1 y UVM2 fueron muy abrasivos, la luminosidad se incremento en todos los tratamientos. En el control se reporto un **L**: 25,92; no obstante, después de aplicar los tratamientos se obtuvieron los siguientes valores de **L**, para: UVM1:

31,16; UVM2: 27,9; UVR1: 28,24 y UVR2: 28,53. Bath y col., (2010), observaron un aumento, del L en el jugo de carambola después de aplicar luz ultra violeta C. Este aumento pudo ser atribuido a la degradación de los compuestos de color producidos después de aplicar luz ultravioleta, haciendo al zumo más transparente.

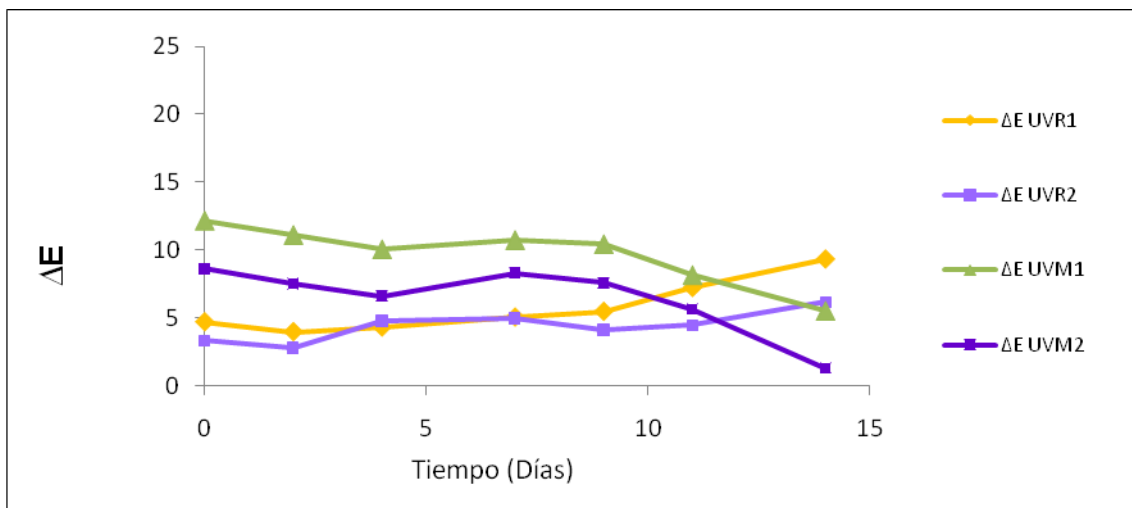


Figura 24. Variación del ΔE del jugo de patilla al aplicarle diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Sin embargo los parámetros a y b , después de aplicar los tratamientos con luz ultravioleta, variaron de la siguiente forma para UVR1 (a : 37,77) UVR2 (a : 37,77) el parámetro a se incremento (control, a : 37,3), es decir hubo formación de licopeno, lo que aumenta el color rojo del jugo de patilla, mientras que para el parámetro b , disminuyo, para UVR1 (b : 25,06) UVR2 (b : 24,82) el y el control era (b : 27,0), . Para los tratamientos UVM (1 y 2) ambos parámetros a y b disminuyeron (UVM1, a : 27,88 y b : 19,08. UVM2, a : 30,55 y b : 20,21). Bath y col., (2010), también obtuvieron que los parámetros a y b mostraban una tendencia decreciente, que correspondía al tiempo de exposición con luz ultra violeta (UV), esto lo atribuyen a la destrucción de los compuestos poliméricos

de colores, lo que ocasiona el pardeamiento en los jugos de frutas. También, se obtuvo un aumento significativo ($<0,05$) en el ΔE , después de la aplicación de UV. Esto se debe a que la degradación del color para los tratamientos UVR (1 y 2), es más lenta que el control, lo que da como resultado un aumento en el ΔE , mientras que para los tratamientos UVM (1 y 2), la degradación del color fue más rápida que el control, lo que ocasiona un descenso en el ΔE . Así mismo Zhang y col., (2011) reportaron que el ΔE del jugo de patilla, expuestos a un tratamiento de UV-C incremento, cuando incremento el tiempo la dosis del tratamiento.

2.2.5. Viscosidad aparente para el jugo de patilla expuesto a un tratamiento de UV-C a diferentes flujos.

En la tabla 15, se muestran los resultados de la viscosidad aparente, después de aplicarle luz ultravioleta a distintos flujos, se puede observar que tiende a incrementarse en el tiempo, para luego decaer en el día 7. Estos resultados, tienen un comportamiento similar a los jugos expuestos al tratamiento térmico suave ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 60s).

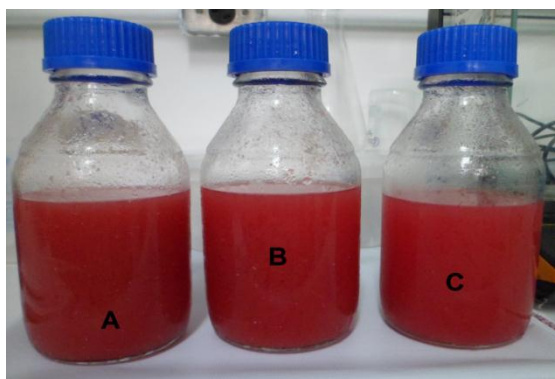


Figura 25. Jugos de patilla después de aplicar tratamiento UV- C, donde B es el control, A y C las muestras tratadas.

Tabla 15. Variaciones de la viscosidad aparente, del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos de luz ultravioleta, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Días de almacenamiento	Viscosidad (cPs)					
	Velocidad (rpm)	Control	UVR1	UVR2	UVM1	UVM2
0	30	266a	266a	133a	266a	266a
	50	280a	280a	360a	360a	360a
	60	333a	333a	466a	466a	466a
	100	340a	360a	600a	340a	340a
2	30	266a	266a	133a	266a	266a
	50	280a	280a	360a	360a	360a
	60	333a	333a	466a	466a	466a
	100	1800a	1200a	1420a	1162a	980a
4	30	400a	333a	280a	333a	333a
	50	760a	580a	400a	660a	540a
	60	866a	866a	760a	866a	760a
	100	-	-	-	-	-

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media \pm la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.3. Análisis fisicoquímicos de los jugos de patilla expuestos a un tratamiento de luz ultravioleta con dos lámparas y un flujo de 1,06 mL/s (UVR2) en combinación con un tratamiento térmico suave (45 °C por 60s.) (T.T), (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2) almacenados por 14 días.

2.3.1. pH del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2)

En la figura 26, se puede observar que el pH del jugo no fue afectado durante el almacenamiento por ninguno de los dos tratamientos.

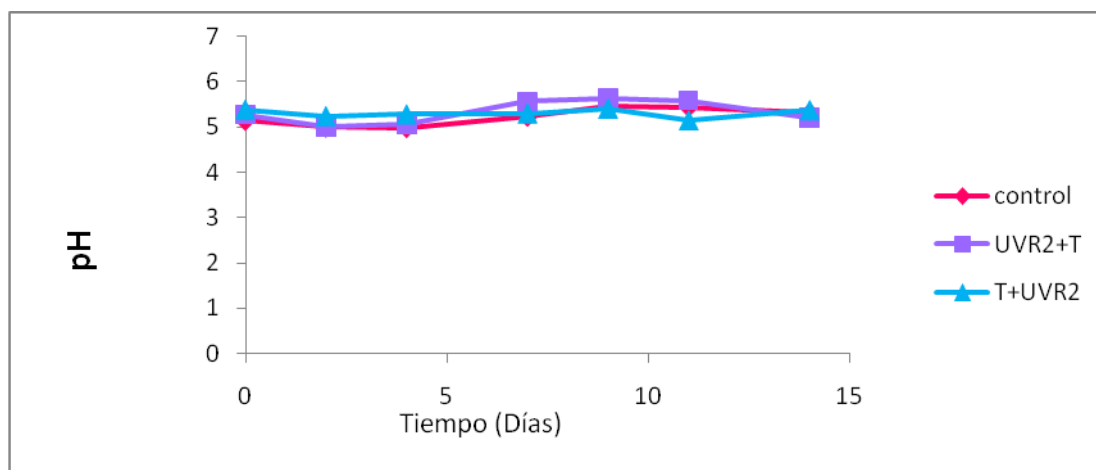


Figura 26. Variación del pH, del jugo de patilla al aplicarle tratamientos combinados de luz ultra violeta con calor leve (45°C por 60s), durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.

2.3.2. Acidez titulable del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2).

En la tabla 16 se puede observar, que los tratamientos no tienen mucha influencia en la variación de los acidez titulable, y esta tiende a disminuir en el tiempo, un patrón muy similar a los resultados obtenidos con el tratamiento térmico suave a 45 °C por 60s.

Tabla 16. Variación de la acidez titulables, del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos combinados, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Día	Acidez titulable		
	Control	UVT	TUV
0	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,0a
2	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,0a
4	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,01a	0,051 ± 0,0a
7	0,051 ± 0,0a	0,051 ± 0,01a	0,051 ± 0,0a
9	0,051 ± 0,0b	0,051 ± 0,0b	0,045 ± 0,01b
11	0,051 ± 0,0c	0,045 ± 0,01b	0,045 ± 0,01b
14	0,051 ± 0,0c	0,039 ± 0,01b	0,039 ± 0,01C

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.3.3. Sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2).

En la tabla 17, se puede observar que inicialmente no hay variación entre los resultados de los tratamientos combinados con respecto al control. Sin embargo, a partir del séptimo día se aprecia que comienza a disminuir los sólidos solubles. Como se explicó anteriormente, esta disminución debe estar asociada con la actividad microbiana presente en el jugo de patilla después de aplicarle el tratamiento térmico suave, ya que estas bacterias metabolizan los azúcares para su crecimiento (Bosque, 2006).

Tabla 17. Variaciones de los sólidos solubles del jugo de patilla expuesto a diferentes tratamientos combinados de luz ultravioleta y tratamiento térmico suave 45 °C por 60s, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Día	Sólidos solubles (°Brix)		
	Control	UVR2+T	T+UVR2
0	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a
2	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a
4	8 ± 0,0a	8,25 ± 0,35a	8,25 ± 0,35a
7	7,25 ± 0,35b	8,0 ± 0ab	8,25 ± 0,35a
9	7,25 ± 0,35b	8,0 ± 0ab	8,25 ± 0,35a
11	7 ± 0,0b	7,5 ± 0c	8,0 ± 0a
14	7 ± 0,0b	7,0 ± 0bc	7,75 ± 0,35a

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media ± la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

2.3.4. Color del jugo de patilla expuesto a un tratamiento de (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2).

En la figura 27, se presentan los resultados del cambio neto de color en el jugo de patilla tratado con luz ultravioleta con dos lámparas y un flujo de 1,06 mL/seg combinado con un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 seg.) (UVR2+T.T), y un tratamiento térmico suave (45°C por 60 seg) combinado con el tratamiento de luz ultravioleta con dos lámpara con un flujo de 1.06 mL/seg (T.T+UVR2).

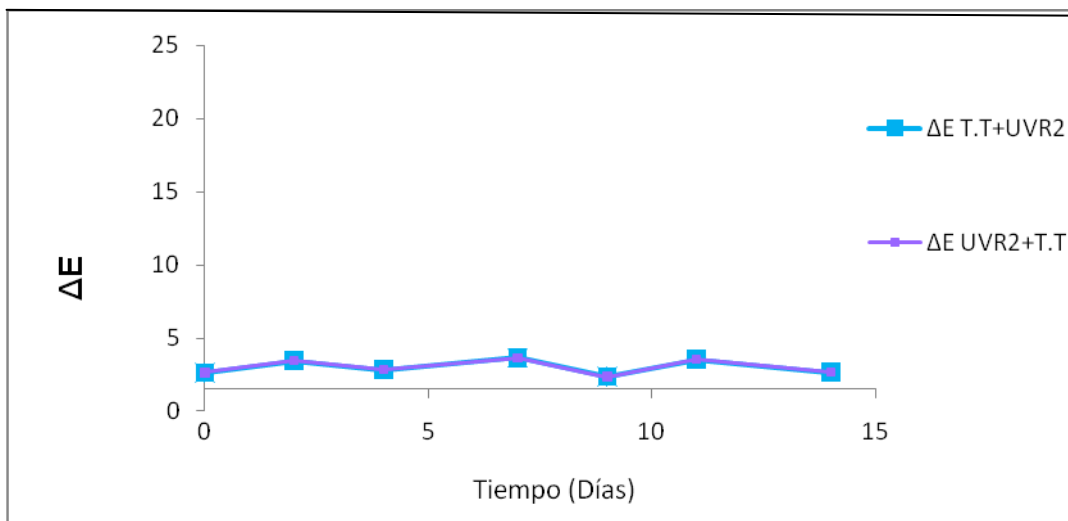


Figura 27. Variación del ΔE de los diferentes tratamientos combinados, UVR2+T.T y T.T+UVR2, del jugo de patilla, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Se puede observar, que el cambio neto de color varía para ambas combinaciones que presentan picos y valles. Es de hacer notar que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre los mismos. Ochoa y col., (2010) aplicaron luz ultravioleta C, al jugo de pitaya (*Stenocereus griseus*), a diferentes flujos y tiempos ellos observaron que el cambio neto de color, era afectado por el tiempo de exposición y la velocidad del flujo. Este efecto se aprecia de manera importante a mayor (0,46 mL/s) y a menor (30.3 mL/s), velocidad de flujo, siendo en la mayor velocidad donde se obtiene el menor cambio neto de color. Por otra parte, también observaron una tendencia en el aumento del cambio de color, con el incremento en el tiempo de tratamiento con luz UV-C. Esto puede deberse probablemente a la relación directa entre mayor tiempo de retención y mayor daño a los pigmentos del jugo. Guerrero y col., (2009) citado por Ochoa y col., (2010) reportaron que al incrementar la velocidad de flujo en jugo de uva tratado con luz UV-C al contacto con la lámpara el daño de los pigmentos es menor.

2.3.5. Viscosidad aparente para el jugo de patilla expuesto a un tratamiento de (UVR2+T.T) y (T.T+UVR2).

Se puede observar en la tabla 18 que para el primer día, la variación en la viscosidad aparente de las muestras tratadas es leve, al compararlo con el control, sin embargo, al realizar el análisis estadístico este indicó que no había diferencia significativa ($p > 0,05$). No obstante, al aumentar el tiempo de almacenamiento, aumento la viscosidad aparente, además se observa que para el día 7, la viscosidad aparente del control no pudo ser medida, ya que se produjo separación en dos fases (Figura 22, ver página 71) pero sí pudo ser medida en las muestras expuestas a los tratamientos combinados. Este comportamiento puede deberse a que la combinación de tratamientos (T.T+UVR2 y UVR2+T.T) afecta las enzimas proteolíticas y a su vez reduce el conteo inicial de microorganismo en el tiempo, lo que se traduce en una mejora de este aspecto fisicoquímico del jugo de patilla.



Figura 28. Jugos de patilla tratados con luz ultravioleta. El primero es calor suave mas luz UV, el segundo es el control y el tercero es luz UV mas calor suave.

Tabla 18. Variación de la viscosidad aparente de los jugos de patilla, expuestos a diferentes tratamientos combinados, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Días de almacenamiento	Viscosidad (cPs)			
	Velocidad (rpm)	Control	UVR2 + T	T + UVR2
0	30	280a	266a	266 ^a
	50	340a	280a	280 ^a
	60	360a	360a	333 ^a
	100	580a	400a	580 ^a
2	30	400a	280a	280 ^a
	50	533a	340a	340 ^a
	60	833a	360a	360 ^a
	100	900a	580a	640 ^a
4	30	1167a	333ab	333ab
	50	1160a	540ab	540ab
	60	1200a	250ab	580ab
	100	1400a	1333ab	1400ab
7	30	-	900b	900b
	50	-	1200b	1160b
	60	-	1400b	1280b
	100	80a	1833b	1833b

Todos los análisis fueron hechos por triplicado. Cada valor representa la media \pm la desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

3. Caracterización microbiológica de los jugos sometidos a un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 s) y un tratamiento con luz ultravioleta (UV-C) a diferentes flujos.

Uno de los objetivos de aplicar un tratamiento térmico leve y tratamiento de luz ultravioleta en jugos de frutas, es reducir la carga microbiana inicial, ya

sea la flora nativa o las bacterias que puedan adicionarse a la fruta durante la elaboración de subproductos, lo que permite mantener las propiedades organolépticas inalteradas, preservando así, por más tiempo, las características iniciales del jugo.

Para evaluar el crecimiento microbiano, se ajustaron los datos obtenidos experimentalmente, empleando un modelo predictivo de primer orden, diseñado por Baranyi y Roberts en (1994). Este modelo, describe una curva bacteriana sigmoidea. El modelo de Baranyi y Roberts, 1994 tiene cuatro parámetros principales (valor inicial, el retraso / hombro, velocidad máxima, valor final) y dos parámetros de curvatura mCurv y nCurv que describen la curvatura de la curva sigmoidea respectivamente al principio y al final de la fase de crecimiento.

Para aplicar este modelo se utilizó el programa DMFit, que es una aplicación que adapta las curvas bacterianas. Esta aplicación es muy utilizada en los institutos de investigación alimentaria para producir curvas de crecimiento microbiano en cultivos discontinuos, prediciendo el comportamiento en la variación logarítmica de la concentración de bacterias en el tiempo.

3.1. Evaluación de los aerobios psicófilos presentes en jugo de patilla expuesto a los tratamientos Térmico leve a 45 °C por 60s (T.T); al tratamiento de luz ultra violeta con una lámpara a un flujo de 1,66 mL/s (UVR1) y al tratamiento de luz ultravioleta con dos lámparas a un flujo de 1,47 mL/s (UVR2).

En este estudio se observó que las bacterias aerobios psicrófilos fueron inactivadas a un nivel no detectable en el jugo de patilla cuando este fue expuesto a los diferentes tratamientos.

3.2. Evaluación de los aerobios mesófilos presentes en jugo de patilla expuestos a los tratamientos T.T; UVR1 y UVR2, almacenados a 7 °C por 14 días.

Se puede observar que las figura 29, que todos los tratamientos aplicados, disminuyeron la actividad microbiana inicial de los aerobios mesófilos.

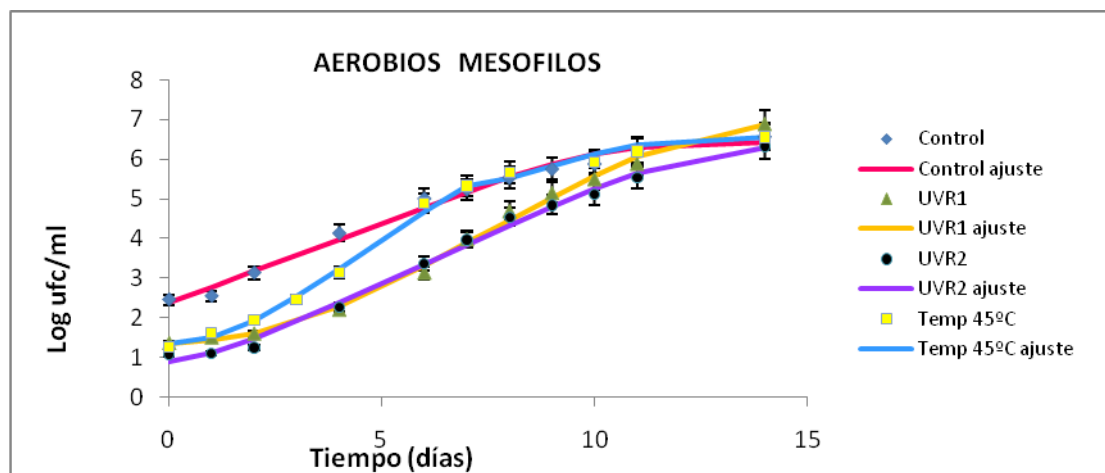


Figura 29. Efecto sobre los aerobios mesófilos presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4 °C por 60s, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

El recuento de microorganismo aerobios mesófilos, incluye la flora total, pero sin especificar tipos de bacterias. Esta determinación refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además las condiciones higiénicas de la materia prima y la forma como esta fue manipulada durante su elaboración. Sin embargo, la presencia de esta flora tiene valor limitado ya que no puede indicar la presencia de microorganismos patógenos o sus toxinas. Un recuento total de aerobios mesófilos bajo, no asegura que un alimento este exento de patógenos o sus toxinas; tampoco un recuento total alto, significa, inevitablemente, presencia floral patógena (Rosario, 2000).

En la figura 29, se puede observar que la cantidad de aerobios mesófilos disminuyó en 1,05 ciclos log con la aplicación del tratamiento térmico suave a (45°C por 60s). Noci y col., (2008), obtuvieron la misma tendencia al aplicar un tratamiento térmico de 76 °C por 26 seg., en jugo de manzana fresco, ellos obtuvieron una reducción microbiana de 6 ciclos log., y al aplicar una temperatura de 94 °C por 26 seg., se obtuvo una reducción de 6,7 ciclos log. Esto se debe a que la pasteurización causa daños en los microorganismo, tales como la desnaturalización de las proteínas, así que a mayor temperatura y tiempo de exposición, será mayor la reducción de los microorganismo presente en el jugo. La desventaja de este tipo de tratamiento es el cambio en las características fisicoquímicas y sensoriales del jugo de patilla .

También, se puede observar en la grafica 29, que al aumentar el tiempo de exposición del jugo a la luz UV, hay una mayor reducción de microorganismos. Tran y Farid (2004), observaron que la cantidad de aerobios mesófilos disminuía, en jugo de naranja reconstituido, al aumentar la dosis de

luz ultravioleta aplicada, esto es ocasionado porque a mayor tiempo de exposición hay más probabilidad de dañar mayor número de células microbianas.

Por otro lado, Franz y col., (2009) observaron, que al aplicar luz ultravioleta lograban reducir en 2 ciclos log a *E.coli* y en 3 ciclos log *Lactoacillus brevis*, este microorganismo que fueron inoculados en jugo de manzana natural. Gomez y col., (2010) observaron una reducción de los aerobios mesofilos de 57 UFC/g, a 0,3 UFC/g al aplicar luz ultravioleta a cubos de manzana, y al evaluarlos al séptimo día notaron que la carga de aerobios mesofilos en los cubos de manzana era de 72 UFC/g, prolongando de esta forma la vida útil del producto.

En la figura 30. Se puede observar colonias de aerobios mesófilos del jugo de patilla, en medio PCA.

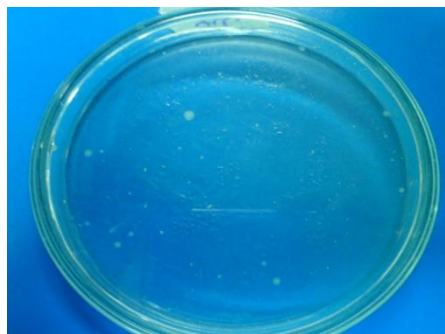


Figura 30. Colonias de Aerobias mesófilas, del jugo de patilla sembrado en medio PCA.

3.3.Evaluación de las Bacteria Ácidos Lácticas (BAL) presentes en jugos de patilla expuesto a los tratamientos T.T; UVR1; UVR2.

En la figura 31, se muestran tres de los tratamientos aplicados (T.T; UVR1; UVR2) sobre jugo de patilla. En esta grafica se puede observar como los distintos tratamientos aplicados al jugo de patilla, afectaron el crecimiento de las bacterias ácidos lácticas. Se puede ver que a mayor tiempo de exposición a la luz ultravioleta, mayor es la reducción de estos microorganismos, también, es de notar que el calor suave, produce una reducción similar en las BAL.

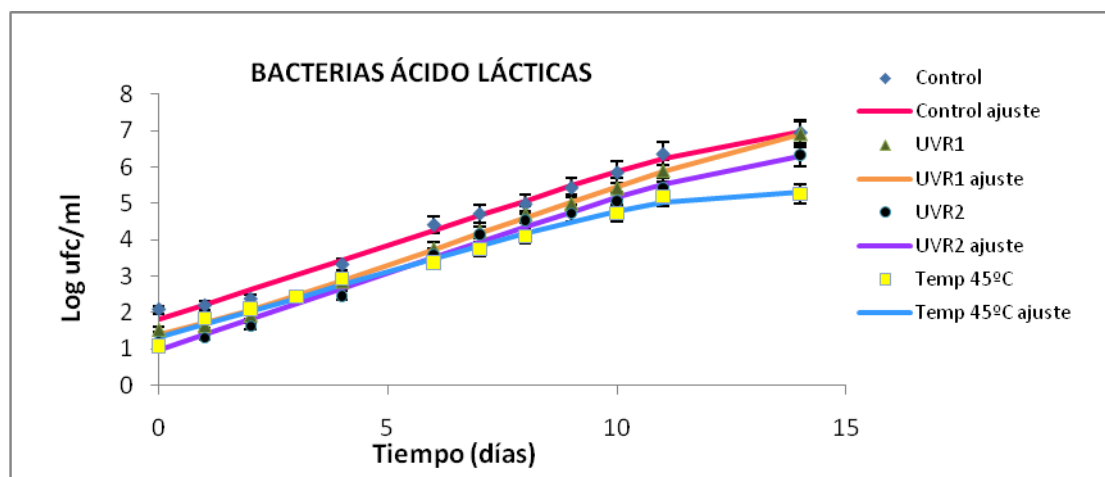


Figura 31. Efecto sobre las bacterias ácido lácticas, presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4 °C por 60s, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son un grupo de organismos desarrollados, que durante cientos de años han desempeñado un papel importante, entre las funciones que tienen, se encuentran: a) el efecto antimicrobiano contra otras bacterias, b) generan una competencia por el sustrato y los sitios de colonización y c) sus productos derivados de la fermentación resultan inhibitorios para muchos patógenos.

La fermentación realizadas por las BAL, reduce la cantidad de carbohidratos disponibles y produce diversas moléculas orgánicas de bajo peso

molecular que pueden presentar actividad antimicrobiana, siendo las más comunes el ácido láctico, acético y propiónico. No obstante, también se conoce que las bacterias ácido lácticas producen otras sustancias antagónicas, como son el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), reuterina, dióxido del carbono (CO_2), diacetilo (2,3-butanodiona), acetaldehído y compuestos de alto peso molecular como las bacteriocinas (Ouwehand, 1993 citado por Ramírez, 2005).

En cuanto a los aspectos negativos, las BAL están implicadas en la descomposición o deterioro de la carne, las verduras, vinos, la leche y otros productos de consumo diario, originando cambios en la composición de algunos alimentos provocando un mal sabor, olores desagradables, acidez y turbidez. Algunos son el agriado en productos lácteos, frutas y alimentos perecederos, espesamiento en productos que contienen líquidos azucarados (almíbares), mucosidad y enverdecimiento de embutidos (Fernández, 2000, citado por Ramírez, 2005).

La figura 32 nos muestra unas colonias de BAL, en jugo de patilla, sembrada en Medio RMS.



Figura 32. Colonias de BAL en jugo de patilla, sembrada en Medio RMS.

En la figura 31, también se observa una reducción de las bacterias ácidos lácticas, después de aplicar los tratamientos. Para el tratamiento T.T la reducción fue de 0,49 ciclos log, para el tratamiento UVR1 fue de 0,4 ciclos log y para el tratamiento UVR2 fue de 0,84 ciclo log. Hay que señalar que las reducciones para estos microorganismos fueron menores en comparación con las obtenidos para aerobios mesófilos. Esta diferencia se debe al tipo de microorganismo, ya que existen muchos géneros de BAL, que son termorresistente, y crecen en intervalos de temperatura óptimas que van de 20 °C hasta 45 °C, las que crecen a 45 °C como temperatura óptima son las llamadas termófilas y pueden crecer a temperaturas mayores a 45 °C (Parra, 2010).

3.4.Evaluación de los Mohos y Levaduras presentes en jugos de patilla expuesto a los tratamientos T.T; UVR1; UVR2.

Se puede observar en la figura 33, que los tratamientos aplicados al jugo de patilla tuvieron un efecto sobre la población de levaduras, el conteo inicial de estas fue 1,12 log UFC/mL. Después de aplicar los tratamientos el conteo fue: Para el tratamiento T.T se redujo en 1,09, ciclos log, para el tratamiento UVR1 en 0,64 ciclos log y para el tratamiento UVR2 en 0,26 ciclo log. Para el tratamiento térmico no se apreció una disminución considerable de levaduras en el día cero.

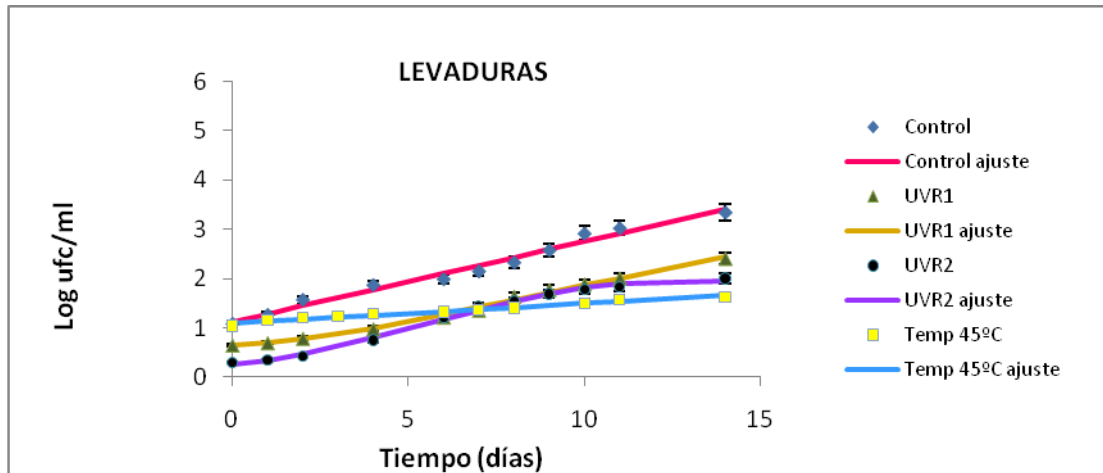


Figura 33. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4°C por 60s, almacenado a 7 °C por 14 días.

Comúnmente se le da el nombre de moho a ciertos hongos multicelulares filamentosos, dotados de un micelio verdadero, microscópicos y cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso.

En la figura 33, se muestra, como el tratamiento T.T no tiene un efecto significativo sobre la carga inicial de levaduras.

Franz y col (2009), aplicaron luz ultra violeta a jugo de manzana recién extraído, ellos observaron que hubo una leve disminución de mohos, levaduras y bacterias ácidos lácticas, esta reducción fue $< 10^1$ ciclo log. Ellos dedujeron, que esto se debió a las partículas presentes en el zumo, las cuales podría formar grumos y así proteger a las levaduras y otras bacterias de la luz ultravioleta durante la inactivación. Así mismo, Tran y Farid (2004), observaron que la cantidad de mohos y levaduras disminuía, en jugo de naranja reconstituido, al aumentar la dosis de luz ultravioleta aplicada. Se puede

observar en la figura 32, que dependiendo de el tiempo de exposición a luz ultra violeta, la disminución de las levaduras varia. Al igual que la figura 29, el tratamiento UVR2 resulto más eficiente, que el tratamiento UVR1, en la disminución de microorganismos en tiempo cero.

Keyser y col., para el 2008, observaron una baja reducción de 0,3 unidades logarítmicas para aerobios mesófilos, mohos y levaduras, en jugos de naranjas después de aplicar una dosis de radiación superior ($1607 \text{ J} \cdot \text{L}^{-1}$). Estos resultados se deben a la gran cantidad de materia en suspensión (tales como células de color naranja y fibra) presente en el jugo de naranja, que actúan como una barrera protectora a los microorganismos contra la radiación ultra violeta.

En los resultados obtenidos en este estudio, se observo que la carga inicial de mohos fue $<10 \text{ UFC/mL}$. Frazier (1981) cita que aunque los mohos pueden crecer y de hecho lo hacen, en la superficie de jugos exprimidos o por prensado, macerados o triturados expuestos al aire, sin embargo su alto contenido en humedad favorece a las levaduras y bacterias, que crecen más rápidamente. Además, la eliminación de las partículas solidas de los jugos por extracción y tamizados aumenta el potencial de óxido reducción y favorece el crecimiento de las levaduras. La mayoría de los jugos de frutas son los suficientemente ácidos y tienen la cantidad de azúcar necesaria para favorecer el crecimiento de las levaduras dentro del intervalo de temperatura propicio, principalmente de $15,6$ a $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Las levaduras son hongos que crecen generalmente en forma de agregados sueltos de células independientes, que pueden ser globosos,

ovoides, periformes, alargados o casi cilíndricos, la figura 33 nos muestra las levaduras encontradas en el jugo de patilla, son de color blanco y rosado.

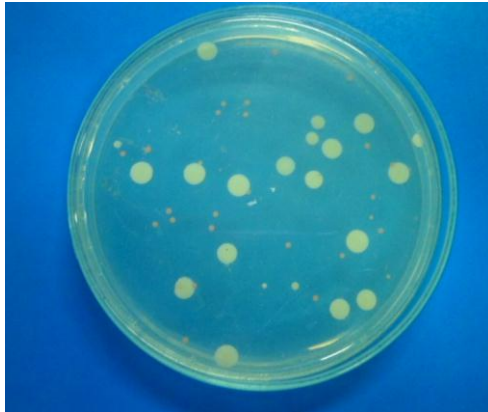


Figura 34. Levaduras del jugo de patilla, sembradas en medio PDA, acidificado.

3.5.Evaluación de los aerobios mesófilos presentes en el jugo de patilla expuestos a los tratamientos de luz ultravioleta con una lámpara a un flujo de 1,06 mL/s (UVM1) y luz ultravioleta con dos lámparas y un flujo de 0,86 mL/s (UVM2).

Se puede observar en la figura 35, que en los tratamientos aplicados al jugo de patilla en el tratamiento UVM2 se obtuvo una mayor reducción de aerobios mesófilos que en el tratamiento UVM1. La reducción inicial después de aplicar los tratamientos fue para el tratamiento UVM1 de 0,82 ciclos log y para el tratamiento UVM2 se obtuvo una reducción de 1,45 ciclos log.

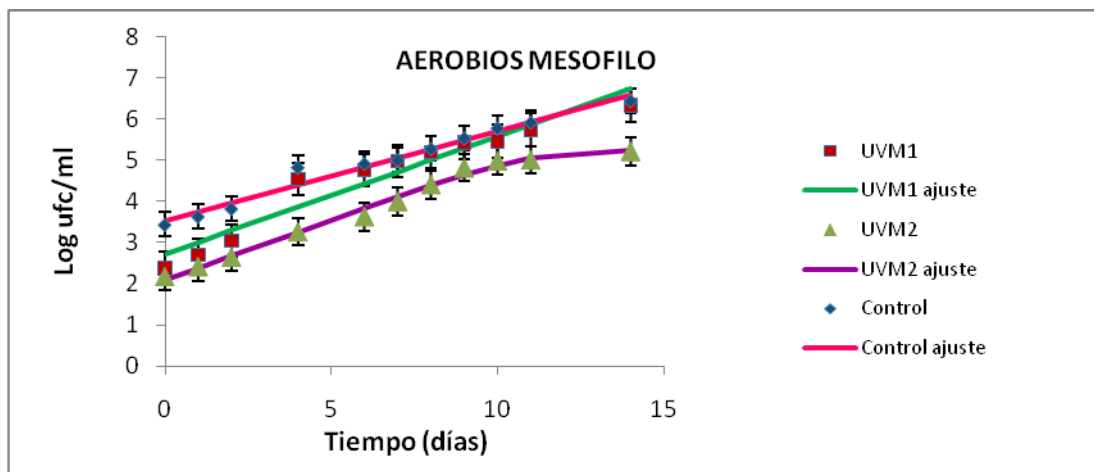


Figura 35. Efecto sobre los aerobios mesofilos presente en jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

3.6. Evaluación de las Bacteria Ácidos Lácticas presentes en jugos de patilla expuesto a los tratamientos UVM1 y UVM2.

Se puede observar en la figura 36, que en los tratamientos aplicados al jugo de patilla, el tratamiento UVM2 obtuvo una mayor reducción de las BAL que en el tratamiento UVM1. La reducción inicial después de aplicar los tratamientos fue para el tratamiento UVM1 de 0,4 ciclos log y para el tratamiento UVM2 se obtuvo una reducción de 0,83 ciclos log.

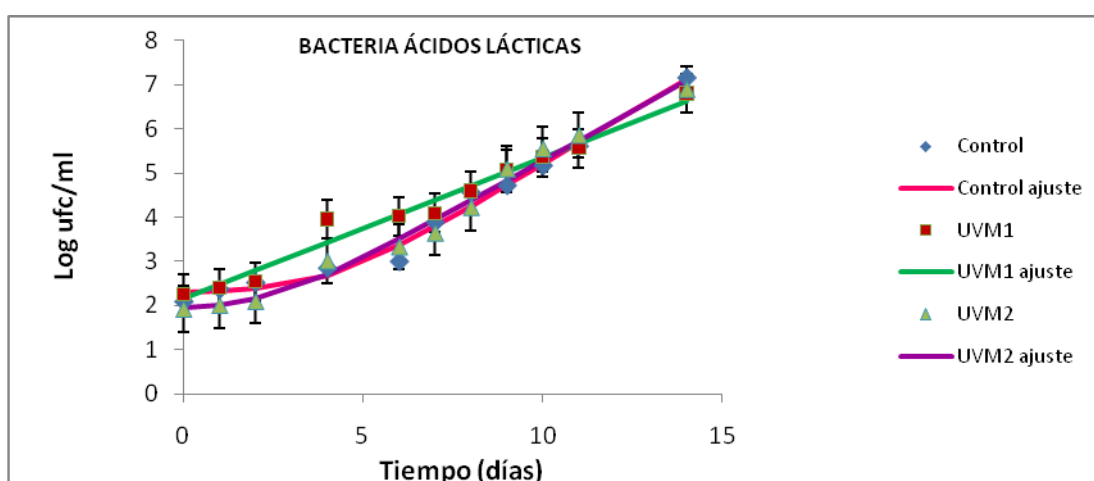


Figura 36. Efecto sobre las bacterias ácido lácticas, presente en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, durante el almacenamiento a 7°C por 14 días.

3.7. Evaluación de los Mohos y Levaduras presentes en jugos de patilla expuestos a los tratamientos UVM1 y UVM2.

En la figura 37, se observa que al aplicar los tratamiento de luz ultravioleta al jugo de patilla, el tratamiento UVM1, obtuvo una menor reducción en Las levaduras que el tratamiento UVM2, las reducciones iniciales después de aplicar los tratamientos fueron para UVM1 de 0,48 ciclos log, y para el tratamiento UVM2 una disminución de 0,96 ciclos log.

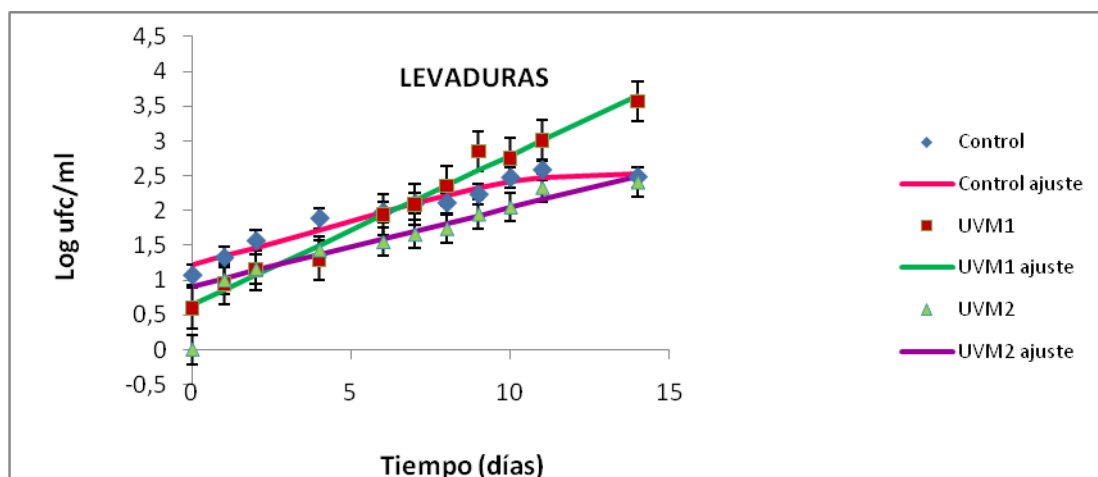


Figura 37. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos de luz ultravioleta C, almacenado a 7°C por 14 días.

En la figura 35, 36 y 37, se puede observar que el tratamiento UVM2 fue mas efectivo que el tratamiento UVM1, al disminuir las cargas iniciales de los microorganismos evaluados.

Los tratamientos (UVM1 y UVM2) fueron eficaces ya que redujeron la carga microbiana, no obstante, alteraban las propiedades fisicoquímicas del jugo de patilla. Estos resultados tienen la misma tendencia que los obtenidos por Gómez y col., (2010), al irradiar discos de manzana con luz ultravioleta, ellos obtuvieron como resultados una reducción significativa de la carga microbiana

nativa, donde se observó una disminución que varió entre 1,0 y 1,9 ciclos logarítmicos.

Al transcurrir el tiempo de almacenamiento, la flora inicial del producto irradiado con luz ultra violeta fue incrementándose, la carga inicial después de irradiada era 0,52 Log UFC/g, y llegó a valores de 1,85 Log UFC/g, para aerobios mesófilos a los 7 días de almacenamiento a 5 °C. en cuanto a las levaduras la carga inicial después de irradiada con luz ultravioleta fue de 0,69 Log UFC/g, posterior al almacenamiento (7 días) alcanzó un nivel de 2,609 Log UFC/g. En la figura 34, se puede observar que para el tiempo cero, los valores del jugo sin tratar es de 3.09 log UFC/mL para aerobios mesófilos y después de 14 días de almacenamiento alcanza 6,58 Log UFC/mL, para levaduras los valores iniciales de la muestra son de 1,08 Log UFC/ mL, alcanzando valores de 3,3 Log UFC/ mL.

Al igual que los resultados obtenidos por Gómez y col., (2010), los microorganismo al inicio se lesionaron después de la aplicación del tratamiento ultravioleta, pero una vez recuperados incrementaron la tasa de crecimiento (Ver tabla 19) alcanzando valores finales (14 días) muy parecido a la muestra control.

La presencia de solutos orgánicos disueltos y de compuestos, en los alimentos líquidos conduce a una fuerte atenuación de los efectos producidos por la luz ultravioleta. Fan y Geveke (2007) encontraron que los principales componentes del jugo de manzana y la sidra son los azúcares, incluyendo fructosa, sacarosa, glucosa y seguido por ácidos orgánicos, principalmente ácido málico y una muy baja cantidad de ascórbico ácido. Los tres azúcares

adsorben la luz ultravioleta en un intervalo de 240-360nm. Aunque la solución de fructosa tenía mayor absorbancia en el intervalo de 260 - 280 nm que las soluciones de glucosa y sacarosa. El ácido málico absorbe principalmente en la longitudes de onda inferior a 240 nm mientras que el ácido ascórbico tenía una fuerte absorbancia entre 220 y 300 nm, incluso a una concentración muy baja (0,001%). Los factores antes mencionados pueden afectar la eficacia del tratamiento luz UV.

De acuerdo como afecten los tratamientos empleados a los microorganismos, y varíen la fase de latencia y la tasa de crecimiento presentado retardos, La vida útil del producto desde el punto de vista microbiológico se prolongará (Gómez y col., 2010).

4. Caracterización microbiológica de los jugos sometidos a un tratamiento térmico suave (45 °C por 60 s) en combinación con luz ultravioleta de dos lámparas a un flujo de 1,47 mL/s, (UVR2+T.T y T.T+UVR2).

4.1. Evaluación de los aerobios mesófilos presentes en jugo de patilla expuesto a los tratamientos UVR2+T.T y T.T+UVR2.

La figura 38, muestra los resultados obtenidos en la reducción de los microorganismos aerobios mesófilos después de aplicar los tratamientos combinados (T.T+UVR2 y UVR2+T.T). Se observa en esta grafica que hubo una reducción en la carga microbiana inicial, donde el tratamiento T.T+UVR2, fue el que origino una mayor reducción de la cargar bacteriana, además cabe destacar que la curva de crecimiento presenta, una fase de latencia pronunciada. Esto es indicativo de que las bacterias sufrieron una grave lesión,

lo cual hace que requieran más tiempo para alcanzar su máxima velocidad de crecimiento (Tabla 19).

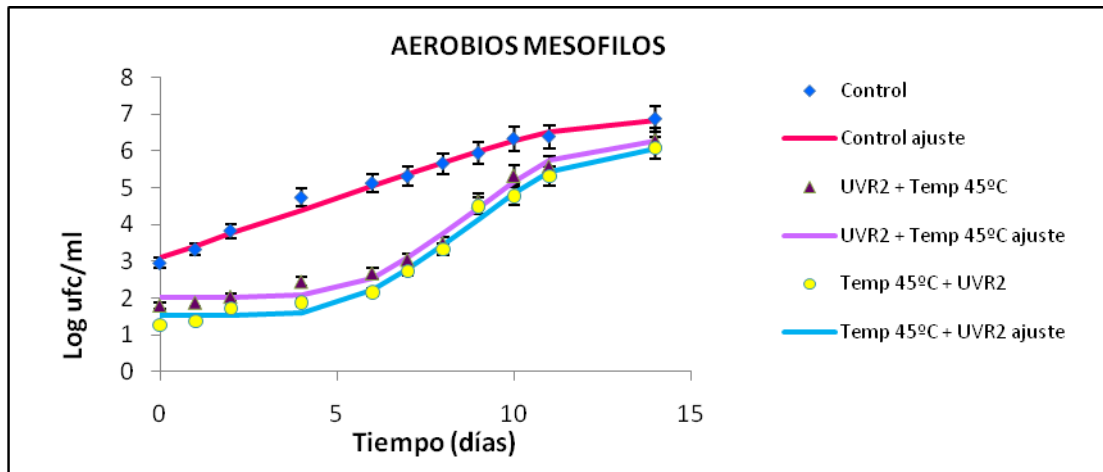


Figura 38. Efecto sobre los aerobios mesófilos presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4 °C por 60s, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

4.2. Evaluación de las Bacteria Ácidos Lácticas presentes en jugos de patilla expuesto a los tratamientos UVR2+T.T y T.T+UVR2.

La figura 39, muestra los resultados obtenidos en la reducción de las BAL, después de aplicar los tratamientos combinados (T.T+UVR2 y UVR2+T.T). Se observa en esta grafica que hubo una reducción en la carga microbiana inicial, donde el tratamiento T.T+UVR2, fue el que origino una mayor reducción de la carga bacteriana, además cabe destacar que la curva de crecimiento presenta, una fase de latencia pronunciada, alcanzándose la máxima velocidad de crecimiento aproximadamente a los 7 días de almacenamiento.

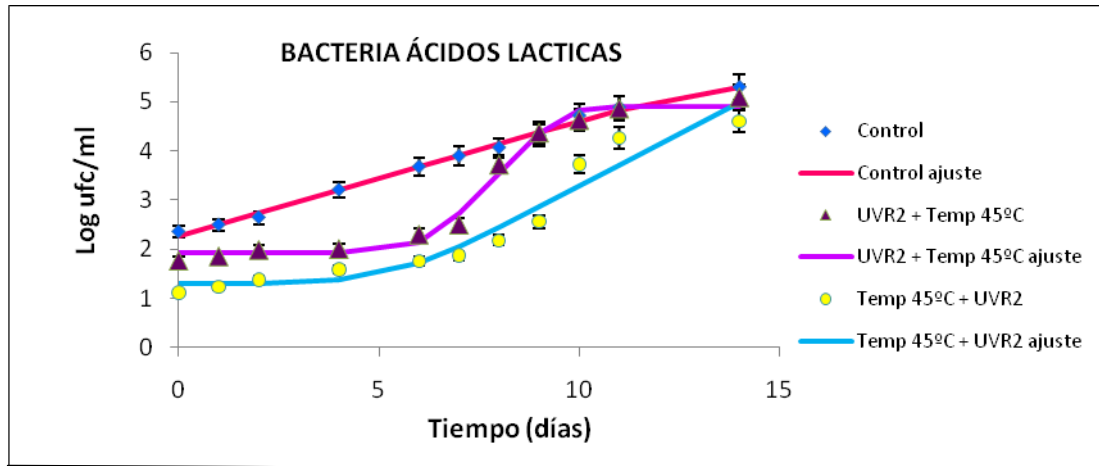


Figura 39. Efecto sobre las bacterias ácidos lácticos, presentes en el jugo de patilla al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4 °C por 60s, durante el almacenamiento a 7 °C por 14 días.

4.3. Evaluación de los Mohos y Levaduras presentes en jugos de patilla expuesto a los tratamientos UVR2+T.T y T.T+UVR2.

La figura 40, muestra los resultados obtenidos en la reducción de las levaduras, después de aplicar los tratamientos combinados (T.T+UVR2 y UVR2+T.T). Se observa en esta grafica que hay un retraso en el crecimiento de la carga microbiana inicial, donde ambos tratamientos (T.T+UVR2 y UVR2+T.T), favorecieron este retardo.

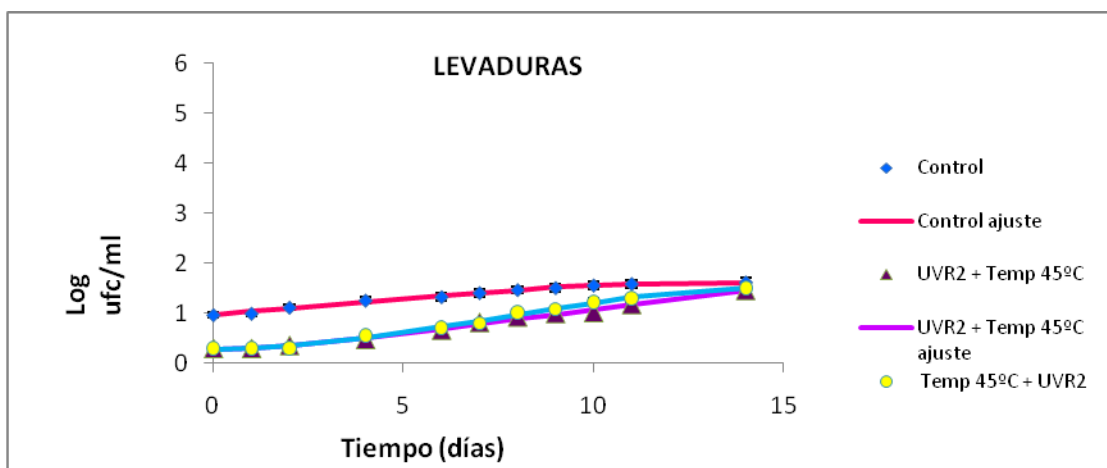


Figura 40. Efecto sobre las levaduras presentes en el jugo de patilla, al aplicar los tratamientos combinados, de luz ultravioleta C y el tratamiento térmico suave 4 °C por 60s, almacenado a 7 °C por 14 días.

Los resultados obtenidos en los tratamientos combinados, muestran un retraso en el crecimiento en la población de levaduras, probablemente debido a que este microorganismo se encuentra en un número inicial muy bajo o al daño causado a las células por los tratamientos, lo que logro extender la vida útil del producto a 7 días.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Parker y col., (2010), en donde observaron que los tratamientos combinados de irradiación y calor leve a 80 °C por 5 min, disminuyeron en mayor cantidad a los microorganismos *Listeria innocua* y *Clostridiumsporogenes*, e inactivaron a *E.coli*, y *S. typhimurium*, además, observaron que la combinación de tratamientos (calor + UV-C) no producían cambios en el sabor y el perfil nutricional del jugo de lechosa, manteniendo estas características más cercanas a las muestras controles (muestra no tratada).

5. Vida útil del jugo de patilla después de los tratamientos.

Tabla 19. Fase de latencia y velocidad de crecimiento, de los controles y a los siete tratamientos aplicados al jugo de patilla natural.

Microorganismo	Tratamiento	Velocidad de crecimiento (μ_{max}) ($\Delta\log_{10}(\text{CFU/mL})/\text{día}$)	Fase de latencia (λ) días.
Mesófilos	Control	0,43	*
	T.T (45°C)	0,74	1,46
	Control	0,40	*
	UVR1	0,58	2,63
	UVR2	0,50	1,05
	Control	0,22	*
	UVM1	0,29	*
	UVM2	0,29	*
	Control	0,33	*
	UVR2+T.T	0,72	5,63
	T.T+ UVR2	0,70	5,25
Bacterias ácido lácticas (BAL)	Control	0,48	*
	T.T (45°C)	0,36	*
	Control	0,41	*
	UVR1	0,44	0,71
	UVR2	0,42	*
	Control	0,48	3,96
	UVM1	0,32	*
	UVM2	0,45	2,59
	Control	0,24	*
	UVR2+T	0,85	6,09
	T+ UVR2	0,43	5,34
Levaduras	Control	0,14	*
	T.T suave 45°C	0,04	*
	Control	0,16	*
	UVR1	0,15	1,81
	UVR2	0,19	1,19
	Control	0,13	*
	UVM1	0,21	*
	UVM2	0,11	*
	Control	0,06	*
	UVR2+T	0,10	1,69
	T+ UVR2	0,12	2,30

*no hay fase de latencia.

En cuanto a la estabilidad microbiológica, esta fue evaluada, de acuerdo a la fase de latencia que presentaron los microorganismos evaluados (Aerobios Mesófilos, Bacteria Acido Lácticas y Levaduras), al ser expuestos a los diferentes tratamientos (T.T; UVR1; UVR2; UVM1: UVM2; T.T+UVR2 y UVR2+T.T). Se puede observar en la tabla 19, que en las muestras controles todos los microorganismo evaluados no presentaron fase de latencia, esto se debe a que el jugo de patilla ya presentaba una inoculación inicial, que es su flora nativa. A diferencia de las muestras controles, en las muestras tratadas (T.T; UVR1; UVR2; UVM1: UVM2) los aerobios mesófilos y las BAL presentaron una fase de latencia de 1 a 3 días de acuerdo al tratamiento. Por otro lado, las levaduras, presentaron una fase de crecimiento retardada, lo cual pudo deberse al bajo número inicial presente de las mismas en el jugo de patilla. Esta fase de latencia, lo que indica es que no hubo un aumento inmediato de la población, lo cual puede ser atribuido a que se está produciéndose la síntesis de nuevos componentes para el inicio de la síntesis celular, seguidamente, a partir del tercer día se observo la fase de crecimiento exponencial hasta el día 14, durante el cual hubo un incremento de la población, lo cual trajo consigo cambios evidentes en las características fisicoquímicas y sensoriales del jugo.

En cuanto a los tratamientos combinados, se observo que al aplicarlos al jugo de patilla inducia un incremento de la fase de latencia de 6 días para todos los microorganismos evaluados, excepto para las levaduras donde a los catorces días ellas todavía continuaban en fase de latencia, probablemente debido al daño celular o al nivel inicial bajo de la población.

Los tratamientos combinados aplicados al jugo de patilla y la temperatura de almacenamiento (7 °C) limitan eficazmente el crecimiento de los microorganismos causante del deterioro aumentando la vida útil en el producto final hasta séptimo día de almacenamiento.

Artes y col., (2010), obtuvieron la prolongación de la vida útil de los cubos de patilla después de ser irradiados con luz ultra violeta de onda corta, reduciendo la carga microbiana en 2 ciclos log, ellos no observaron indicios de descomposición después de 11 días de almacenamiento.

6.Evaluación sensorial aplicado al jugo de patilla con los tratamientos

T.T; UVR2; UVR2+T.T y T.T+UVR2 en tiempo cero.

Se evaluaron las muestras que no presentaban cambios fisicoquímicos, mediante la prueba trio forzada. Los parámetros evaluados fueron color, olor y viscosidad de los jugos expuestos a diferentes tratamientos (T.T; UVR2; T.T+UVR2 y UVR2+T.T). Esta prueba se aplicó a un total de 12 panelistas de acuerdo a la tabla 4, la primera columna indica el panelista, la segunda y tercera columna señalan el orden de cómo se sirven las muestras. En ella se pueden observar los códigos (ABB, BAA, etc), que indicaban la posición de la muestra evaluada. Para ambas filas la letra A indicaba la muestra control y la letra B indicaba la muestra tratada. Cada tratamiento se evaluó de la siguiente forma:

- 1) a cada panelista se le sirvió dos rondas, en la primera se colocaron dos controles y una muestra con tratamiento (columna 2), y en la segunda ronda se colocaron dos muestras tratadas y una muestra control (columna 3). Estas muestras fueron servidas guiándose por los códigos de la tabla 4, para una

misma fila. Al final se obtuvieron 24 evaluaciones para cada muestra tratada (Tabla 20).

Tabla 20. Evaluación sensorial para evaluar el jugo de patilla, con diferentes tratamientos.

Tratamiento	Respuestas correcta (respondió acertadamente la muestra diferente)	Respuestas incorrectas (no respondió acertadamente la muestra diferente)
T.T	8	16
UVR2	9	15
UVR2+T.T	15	9
T.T+UVR2	11	13

Para calcular el nivel de significancia, se utilizó la tabla dos del anexo, (Tabla 2 Numero mínimo de panelistas que respondieron correctamente para establecer el nivel de significancia a varios niveles de probabilidades para la prueba de triangulo (una cola, $p= 1/3$)). El nivel de probabilidad utilizado fue 0,05.

Según la prueba aplicada, en función del número de panelista (12), la cantidad de respuestas correctas debe ser mayor o igual a 13 de las 24 respuestas conseguidas. Así, en la tabla 20 se puede observar que los tratamientos, T.T; UVR2 y T.T+UVR2, no presentaron diferencia significativas,

($p > 0,05$), lo que indica que las muestras tratadas son similares al control, en cambio para la muestra UVR2+T.T, se observa que si hay diferencias significativas ($p < 0,05$), lo cual sugiere que esta muestra es diferente al control. Según estos resultados, los tratamientos T.T; UVR: UVR+T.T y T.T + UVR no originan cambios en los parámetros de color, olor y viscosidad en el jugo de patilla.

CONCLUSIONES

- El tratamiento térmico suave (45 °C por 60 segundos) reduce la carga microbiana del jugo patilla, pero no extiende la vida útil del producto. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del jugo de patilla, después de un día de almacenamiento.
- El tratamiento con luz ultravioleta con una y dos lámparas (UVM1) reduce la carga microbiana del jugo patilla, pero no extiende la vida útil del producto. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del jugo de patilla, durante dos días de almacenamiento.
- El tratamiento con luz ultravioleta con una lámpara y dos lámparas con distintos flujos (UVR1 y UVR2) reduce la carga microbiana y prolonga la vida útil del producto por 3 días. El jugo de patilla no presentó cambios estadísticos significativos ($p < 0,05$) en sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales durante tres días de almacenamiento.
- El tratamiento combinado de luz ultravioleta más tratamiento térmico suave (45°C por 60 segundos) (UVR2+T.T) reduce la carga microbiana y prolonga la vida útil del jugo de patilla durante 7 días. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en las propiedades fisicoquímicas del producto, sin embargo, las características sensoriales evaluadas después de aplicado el tratamiento, fueron diferentes a las del control.

- El tratamiento térmico suave (45 °C por 60 segundos) en combinación con luz ultravioleta (T.T +UVR2) redujo la carga microbiana del producto y prolongó la vida útil del mismo durante 7 días. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en las propiedades fisicoquímicas y características sensoriales después de aplicado el tratamiento.
- Los tratamientos combinados causan una mayor lesión a los microorganismos, alargando la fase de latencia y prolongando así la vida útil del jugo de patilla.
- Los tratamientos combinados junto con la refrigeración evitan eficazmente el crecimiento de la flora alterativa presente en el producto, lo cual produce el aumento de la vida útil del mismo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar la flora nativa de la patilla, para saber que microorganismo están presente en ella, y así poder predecir cual tratamiento favorecería la disminución de la misma.

- Se recomienda aplicar este tratamiento a jugos de patilla clarificados, para evaluar el tiempo de exposición a los tratamientos, el cual podría reducirse.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.A.O.A.C. 2005. "Official Method of Analysis of A.O.A.C Internacional". 18th Edition. Gaithersburg, Maryland.USA.
- 2.Aguiló, I. Soliva, R. Martín, O. 2010. Color and viscosity of watermelon juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat. *Innovative Food Sci Emerg Technologies*. 11: 299–305
- 3.Alothman, M. Bhat, R. y Karim, A. 2009. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innov Food Sci Emerg*.10:512–516.
- 4.Alzamora S.M. 2007. La radiación ultravioleta: una alternativa para la pasteurización en jugos. Ingeniería Alimentaria. [Pagina web en línea]. Disponible en <http://www.edigarnet.com/publicaciones>. Consultados el 14 de Enero de 2012.
- 5.Alzamora SM. 1997. Preservación I. Alimentos conservados por factores combinados. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*. Ed. JM Aguilera. México, D.F., CYTED, IPN, Vol.1.
6. Alzamora, S. Tapia, M y Welti, J. 1998. New strategies for minimal processing of foods: the role of multi-target preservation. *Food Sci technolint*. 4: 353-361.
- 7.Alzamora, S.M., Castro, M.A., Nieto, A.B., Vidales, S.L., Salvatori, D.M., 2000. The role of tissue microstructure in the textural characteristics of minimally processed fruits. In: Alzamora, S.M., Tapia, M.S., López-Malo, A. (Eds.), *Minimally Processed Fruits and Vegetables*. Aspen Publishers Inc., Maryland, pp. 153–171.

8. Artés, F., Robles, P., Gómez, P., Tomás, A. 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biol Tec.* 55:114–120.
9. Badui S. 2006. Química de alimentos. 6ta edición. Editorial Lasna Graphics, S.A. México.
10. Barbosa C. 2005. Operaciones unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Editorial Aedos s.a. Disponible en [http://books.google.co.ve/books?id=EnymzxtnscYC&pg=PA815&lpg=PA815&Año 2004, Volumen 54 - Número 2](http://books.google.co.ve/books?id=EnymzxtnscYC&pg=PA815&lpg=PA815&Año%202004%2C%20Volumen%2054%20-%20Número%202)
11. Barbosa, G. Góngora, M. Pothakamury, U. y Swanson, B. 1999. Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. Academic Press, San Diego.
12. Barbosa, G.V., Sepulveda, D.R., 2005. Present status and the future of PEF technology. In: Barbosa-Cánovas, G.V., Tapia, M.S., Cano, M.P., Belloso, O.M., Martínez, A. (Eds.), *Novel food processing technologies*. Marcel Dekker, New York, USA.
13. Bhat, R. Binti, S. Ching, H. Karim, A. Min, L. 2010. Quality attributes of starfruit (*Averrhoacarambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. *Food Chem* 127:641–644
14. Bosquez E. M. 2006. Fisiología y Tecnología Postcosecha de Frutas y Hortalizas. práctica de laboratorio núm. 2 aplicaciones de parámetros de madurez y calidad.
15. Butz, P., & Tauscher, B. 2002. “Emerging technologies: Chemicals aspects”. *Food Research International*, 35: 279–284.

16. Carrillo, L. 2003. Vida y muerte de los microorganismos. Microbiología Agrícola. Capítulo 2. Página web.
17. Cortes, C., Esteve, M.J., Frígola, A., 2007. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*.19:151–158.
18. COVENIN (1984). Norma Venezolana: 2119-84. “Jugo concentrado de fruta consideraciones generales”. Ministerio de fomento. Caracas-Venezuela.
19. COVENIN (1987). Norma Venezolana: 902-1987. “Métodos para recuento de aerobios mesófilos”. Ministerio de fomento. Caracas-Venezuela.
20. COVENIN (1990). Norma Venezolana: 1337-90. “Métodos para recuento de mohos y levaduras”. Ministerio de fomento. Caracas-Venezuela.
21. Del Rosario, B.A., y L.R. Beuchat, 1995. “Survival and growth of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in cantaloupe and watermelon,” *Journal of Food Protection*, 58: 105-107.
22. Domínguez , L y Parzanese, M. “Luz ultravioleta en la conservación de alimentos, 2005”. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Alimentos Argentinos-MinAgri. www.alimentosargentinos.gob.ar consultado el viernes 27 de enero
23. Fan, X., y Geveke, D. 2007. Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *Journal of Agricultural and Food Chem*, 55(19):7816–7821.

- 24.FAO. 2003. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Prioridad mundial al consumo de fruta y hortalizas. Disponible en <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/fruitveg1.htm>. Consultado el 20 de mayo de 2011.
- 25.FAO. 2009. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Disponible en <http://www.faostat.org/spanish/newsroom/focus/2003/fruitveg1.htm>
- 26.Fernandez, P, George S. y Peck, M. 1997. Predictive model of the effect of CO₂, pH, temperature and NaCl on the growth *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Microbiology* 37: 37-55.
- 27.Fonseca, J. y Rushing, J. 2006.Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*. 40: 256–261
- 28.Franz, C. Specht, I. Cho, G. Graef, V. Stahl, M. 2009. UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. *Food Control* 20: 1103–1107.
- 29.Frazier W. C. 1981. Microbiología de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia Zaragoza. España.
- 30.Geeraed, A. Valdramidis, V. Devlieghere, F, Bernaert H y Van I. 2004. Development of a novel approach for secondary modelling in predictive microbiology: incorporation of microbiological knowledge in black box

- polynomial modeling. *International Journal of Food Microbiology* 91: 229-244.
31. Genigeorgis, C. 1981. Factors affecting the probability of growth of pathogenic microorganisms in foods. *Journal of American Veterinary Medicine Association*. 179: 1410-1417.
32. Gibbs, C. 2000. UV disinfection. *Soft Drinks International*, 32-34.
33. Gómez, P. Alzamora, S. Castro, M. Salvatori, D. 2010. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. *Journal of Food Engineering*. 98: 60–69.
34. González y col. 2004. “EL ESTUDIO PROSPECTIVO EUROPEO SOBRE CÁNCER Y NUTRICIÓN” *Rev. Esp. Salud*. 78
35. González, I. 1992. Desarrollo de productos de lechosa (*Carice papaya* l) tipo “Solo” y “Criollo” de alta actividad de agua, estabilizados por métodos combinados. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.
36. Guerrero. J., y Barbosa, G. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*, and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Food Process Engineering*. 28: 437–452.
37. Guerrero B y Barbosa G. 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Sci Technol Int*. 10:137–147.
38. Guzman, P. Eduardo J. 1985. “Cultivo de Hortalizas y Frutales” Editores Espasande, Caracas-Venezuela.

- 39.Hansen, S.L. Purup, S y Christensen, L.P. 2003. Bioactivity of falcarinol and its content in carrots. *J Sci Food Agr.* 83:1010-1017.
- 40.Hayes,W.A, Smitth, P y Morris, A. 1998. The production and quality of tomato concentrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 573-564.
- 41.I.C.M.S.F. (1980) “Microorganismos de los Alimentos. Técnicas de Análisis Microbiológico 1. Vol. II. Editorial ACRIBIA”
- 42.Instituto Nacional de Nutrición. (2001). “Tabla de composición de alimentos para uso práctico”. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Instituto Nacional de Nutrición. Dirección técnica. División de investigaciones en alimentos. Publicación N° 54. Serie cuadernos azules Caracas. Venezuela.
- 43.ISSA, M. (1986). “factibilidad tecnológica para la utilización de la patilla (*Citrullus vulgaris*), Variedad Charleston Grey”. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.
- 44.Jacoby. E. 2004.“La epidemia de obesidad en las Américas: lograr que las elecciones más sanas sean las más fáciles” *Rev Panam Salud* 15:4
- 45.Jayaprakasha. G, Chidambara. K, W. Bhimanagouda, S. Patil. 2011. “Rapid HPLC-UV method for quantification of L-citrulline in watermelon and its potential role on smooth muscle relaxation markers”. *Food Chemistry.* 127:240–248.

46. Keyser M, Müller I, Cilliers F, Nel W, Gouws P. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innov Food Sci Emerg.* 9:348–354.
47. Kirca, I. Özkan, M. y Cemeroglu, B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chem.* 97:598–605.
48. Leistner L. 2000. Hurdle Technology in the Design of Minimally Processed Foods. En: *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications*. Eds. SM Alzamora, A. López-Malo y MS Tapia. Gaithersburg, Maryland, *An Aspen Publication*
49. Leitsner, L. y Gould, G.W. 2002. Combination treatments for food stability, safety and quality. *Hurdle technologies*.
50. Lewinsohna, E. Sitritb, Y. Bara, E. Azulaya, Y. Ibdaha, M. Meira, A, Yosefbc, E. y col., 2005. Not just colors—carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. *Food Science & Technology* 16 : 407–415
51. López, Mani .E. 2003. Conservación de jugo de sandía aplicando irradiación ultravioleta de onda corta. Tesis Licenciatura. Universidad de las Américas. Puebla. México.
52. Madigan, M.; Martinko, J. Y Parker, J. (2004). “Brock. Biología de los Microorganismos”. Décima Edición. Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid-España.

53. Mai Thu Thi Tran y Mohammed Farid. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 495– 502.
54. McMeekin, T, and Ross T. 2002. Predictive microbiology: providing a knowledge – based framework for change management. *International Journal of Food Microbiology* 78: 133.153.
55. McMeekin, T, Olley, J. Ross, T y Ratkowsky, D.A. 1993. Predictive Microbiology: Theory and Application research studies Press, taunt or, UK. 340.
56. McMeekin, T,A. Olley, J. Ratkowsky, D.a y Ross T. 2002. Predictive microbiology; towards the interface and beyond. *Internacional of Food Microbiology*. 73: 395-407.
57. Meléndez, A. Vicario, I. Heredia, F.2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN). Universidad de Sevilla- Sevilla, España.
58. Montenegro, G. 1995. Desarrollo de un producto de mango (*Mangifera indica l*) de alta humedad estabilizado por tecnología de métodos combinados. Tesis de Pos-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.
59. Morales, M. Salvia, L. Rojas, M y Martín, O. 2010. Isoflavone profile of a high intensity pulsed electric field or thermally treated fruit juice-soymilk beverage stored under refrigeration. *InnovFoodSciEmerg*.11:604–610.
60. Moroto, J.V. 1983. “Horticultura Herbácea Especial”. Ediciones Mundi-Prensa, impreso en España.

61. Neuneyer, K., Ross, T and McMeekin, T.A 1997. Developmet of a predictive model to describe the effects of temperature and water activity on the growth of spoilage pseudomonads. *International Journal of Food Microbiology* 38: 45-54.
62. Nixon, P.A. 1971. Temperature integration as a means of assessing storage conditions. Report on quality in fish precuts, seminar N°3, fishing Indistry Board, Welligton, New Zeland. 34-44.
63. Noci, F. Riener, J. Walkling-Ribeiro, M. Cronin, D. A. Morgan, D. J. y Lyng, J. G. 2008. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *J Food Eng.* 85:141–146.
64. Ochoa, C. Luna, J y Guerrero, J. 2010. Jugo de PITAYA (*Stenocereusgriseus*) tratado con luz ultravioleta. Doctorado en Ciencia de Alimentos. Universidad Autónoma de Puebla, México.
65. Parker, T. Esgro, S. Miller, S. Myers, B. Meister, R. Toshkov, Engeseth, J. 2010. Development of optimized papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. *Food Chem* 118:861–869.
66. Parra, R. 2010. “Bacterias acido lácticas: papel funcional en los alimentos”. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Revista 8:93-105.
67. Pereira, E. 2006. Aprovechamiento integral de la patilla (*Citrullus lanatus* (Thunb)). Desarrollo a partir de la pulpa de formulaciones de néctares estabilizados por ultrasonido. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.

68. Pereira, R. y Vicente, A. (2010). Environmental impact of novel thermal and non – thermal technologies in food processing. *Food Research International*. 43:1936-1943.
69. Pinto, S. 2006. Aprovechamiento integral del copoasú (*Theobromagrandiflorum*). Desarrollo a partir de la pulpa de copoasú un alimento de tipo néctar estabilizado por ultrasonido. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.
70. Ponce, M. 2003. Caracterización microbiológica y fisicoquímica de frutas con procesamiento mínimo (*Citrus ssp* y piña *ananas ssp*). Expendidas en supermercados de área metropolitanas de caracas. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.
71. Ramírez, M. 2005. Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos. Tesis de grado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. España.
72. Rawson, A. Patras, B. Tiwari, F. Noci, N. Brunton, T. Koutchma. 2011. Effect of thermal and non-thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products. *Review of recent advances*. 11: 155-164.
73. Rimando. A, Perkins. P. 2005. “Determination of citrulline in watermelon rind”. *Journal of Chromatography A*, 1078: 196–200.

74. Rojas, M. 2004. procesamiento de la sandía (*Citrullus vulgaris*) por tratamientos mínimos. Tesis de pregrado. Instituto Tecnológico de Merida. México.
75. Rojas, T y Castillo, Z. 2003. Supervivencia de un aislado de *Escherichiacoli* 0157:H7 en jugos de naranja no pasteurizados de expendio comercial. Revista de la sociedad Venezolana de Microbiología. 23:1-10.
76. Rosario, M; Pascual, A. Calderón, V. 2000. Microbiología alimentaria. Metodología para alimentos y bebidas. 2da edición. España. Sitio Web. Google book. Consultado el 23 de Enero de 2012.
77. Seow, J. Ágoston, R. Phua, L. Yuk, H. 2012. Microbiological quality of fresh vegetables and fruits sold in Singapore. *Food Control* 25:39-44.
78. Serway, J. 2000. Física. 4ta edición. Editorial panamericana.
79. Sosa, D. 2006. Pulsos eléctricos de alta tensión para la conservación de alimentos y esterilización médica. XIV Seminario de Ing. Biomédica. Facultades de Medicina e Ingeniería – Universidad De la Republica. Oriental del Uruguay.
80. Soto, Ninosmar. 2010. Evaluación de los efectos individuales y combinados de la aplicación de ultrasonido de baja frecuencia y ultravioleta de onda corta en la inactivación de *Saccharomyces cerevisiae* en jugo de durazno. Tesis de Pre-Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.

81. Tadmor, T. King, Y. Levi, S. Meir, D. Wasserman, A. Hirschberg, B. Lewinsohn, E. 2005. Comparative fruit colouration in watermelon and tomato. *Food Research International* 38:837–841
82. Torres, B. Tiwari, B. Patras, A. Cullen, A. Brunton, N y O'Donnell, P. 2011. Stability of anthocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. *Innov Food Sci Emerg.* 12:93–97.
83. Tran, M. y Farid, M. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innov Food Sci Emerg.* 5: 495– 502
84. Vásquez, S. Suárez, H. Zapata, S. Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por Bacterias Ácido Lácticas en la conservación de la carne. 2010. Revista de seguridad alimentaria. México. Mundo Lácteo y Cárnico Mayo/Junio 2010 info@mundolacteoycarnico.com
85. Velez, fermin. De Velez, Graciela. 1990. Plantas alimenticias de Venezuela autóctonas e introducidas. Monografía N° 37. Fundación Bigott. Caracas, Venezuela. Pag 172.
86. Villalba, M. Yepes I y Arrozola, G. 2006. Caracterización físico y química de frutas de la zona de Sino para su agroindustrialización. *Temas agrarios.* 11:15-23.
87. Wagner Mauricio. 2005. Acidez y pH. Página Web.
88. Wong, D. 1995. Pectic enzymes. *Food enzymes.* 212-230.
89. Ye Liu, Xiaosong Hu, Xiaoyan Zhao, Huanlu Song. 2012. “Combined effect of high pressure carbon dioxide and mild heat treatment on overall

quality parameters of watermelon juice". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 13:112–119

90. Zhang, C. Trierweiler, W. Butz, P. Xu, Y. Rufe, C. Ma, Y. y Zhao, X. 2011. Comparison of thermal, ultraviolet-c, and high pressure treatments on quality parameters of watermelon juice. *Food Chem.* 126:254–260.

ANEXO