



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**EFFECTO DE LA RADIACIÓN UV-C SOBRE PULPA, NÉCTAR Y
BEBIDA DE NARANJILLA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA DE
ALIMENTOS**

DANIELA ALEJANDRA FLORES RIVERA

DIRECTORA: ING. CARLOTA MORENO

Quito, Octubre, 2011

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2011
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

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

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

Daniela Alejandra Flores Rivera
C.I. 1719673491

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Efecto de la Radiación UV-C sobre pulpa, néctar y bebida de naranjilla.**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera de Alimentos** fue desarrollado por **Daniela Flores Rivera**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Carlota Martina Moreno Guerrero

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I. 1713755336

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedicó a mis padres, en especial a mi madre, Patricia Rivera, por todo su amor, apoyo, cuidado, comprensión, por inculcarme valores como el empeño, la responsabilidad, el respeto, entre otros, que me han ayudado a culminar con éxito todo lo propuesto y a formarme como persona.

A mi ñaño y mi sobrino Gabrielito, un niño lleno de ternura, alegría que demuestra sus ganas de aprender día a día sobre todo lo que le rodea, por hacerme sonreír con sus caritas y ocurrencias.

A mi abuelita, Blanca, por su apoyo, cariño y sus bendiciones.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por todo el apoyo moral y económico que han brindado durante todo el transcurso de la vida, especialmente a mi madre por enseñarme que la mejor herencia que me puede dejar es la educación que me ha forjado en la persona que soy.

A mi ñaño, Gabriel Flores por sus consejos y su cariño.

A mis amigas, Andre y Belén que nos apoyamos en las buenas y malas aportando con un granito de arena estamos culminando una etapa de nuestras vidas.

A los maestros de la Universidad Tecnológica Equinoccial por infundir sus conocimientos, a la Bioq. María José por su ayuda en el laboratorio y a la Ing. Carlota Moreno por todo su apoyo y dirección durante el trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. NARANJILLA (Solanum quitoense Lam.)	3
2.1.1. ORIGEN	3
2.1.2. DISTRIBUCIÓN O LOCALIZACIÓN	4
2.1.3. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	5
2.1.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	6
2.1.5. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	7
2.1.6. VARIEDADES E HÍBRIDOS COMERCIALES	10
2.1.6.1. Variedades comunes tradicionales	10
2.1.6.2. Nueva variedad común o de jugo mejorada	11
2.1.6.3. Híbridos	12
2.1.7. COSECHA	12
2.1.8. PRODUCCIÓN EN ECUADOR	14
2.1.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL FRUTO DE NARANJILLA.	15
2.1.10. USOS Y BENEFICIOS DE LA NARANJILLA	16
2.2. PULPA DE NARANJILLA	17
2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA	17
2.3. BEBIDA DE NARANJILLA	18
2.4. NÉCTAR DE NARANJILLA	20
2.5. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	21
2.5.1. RADIACIÓN UV-C	22
2.5.1.1. Ventajas de la Radiación UV-C	23
2.5.2. RADIACIÓN UV-C EN ALIMENTOS LÍQUIDOS	23

	PÁGINA
2.6. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL	25
3. METODOLOGÍA	28
3.1. MATERIAL VEGETAL	28
3.2. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PULPA Y SELECCIÓN DEL TIEMPO DE ESCALDADO	28
3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA, NÉCTAR Y BEBIDA DE NARANJILLA	28
3.3.1. PULPA	29
3.3.2. BEBIDA DE NARANJILLA	32
3.3.2.1. Balance de masa de la bebida de naranjilla	32
3.3.3. NÉCTAR DE NARANJILLA	33
3.3.3.1. Balance de masa del néctar de naranjilla	34
3.4. TRATAMIENTO CON RADIACIÓN UV-C Y SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA	35
3.4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	36
3.4.1.1. Determinación del color	36
3.4.1.2. Medición de pH	37
3.4.1.3. Determinación de Sólidos Solubles	37
3.4.1.4. Determinación de Acidez Titulable	37
3.4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	37
3.4.2.1. Recuento de mohos y levaduras	38
3.4.2.2. Recuento de aerobios mesófilos	38
3.4.2.3. Recuento de E.coli/coliformes	38
3.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	39
3.6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL POR EL MÉTODO DEL DPPH	39
3.7. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. RENDIMIENTO Y SELECCIÓN DEL TIEMPO DE ESCALDADO DE LA NARANJILLA	41

4.1.1.	Rendimiento de la naranjilla en pulpa	41
4.1.2.	Selección del tiempo de escaldado	41
4.2.	SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN UV-C.	42
4.2.1.	EFEECTO DE LA RADIACIÓN UV-C SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS PRODUCTOS	42
4.2.1.1.	Efecto de la Radiación UV-C sobre el color	42
4.2.1.2.	Efecto de la radiación UV-C sobre el pH	48
4.2.1.3.	Efecto de la Radiación UV-C sobre los Sólidos Solubles	48
4.2.1.4.	Efecto de la Radiación UV-C sobre la Acidez Titulable	49
4.2.1.5.	Efecto de la Radiación UV-C sobre Análisis Microbiológicos	51
4.3.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	54
4.3.1.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	54
4.3.1.1.	Color del néctar y bebida de naranjilla	54
4.3.1.2.	pH, sólidos solubles y acidez titulable del néctar y bebida de naranjilla	58
4.3.1.3.	Análisis Microbiológicos del néctar y bebida de naranjilla	60
4.3.1.4.	Análisis Sensorial	61
4.4.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DE LOS PRODUCTOS	62
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1.	CONCLUSIONES	65
5.2.	RECOMENDACIONES	66

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Factores ambientales para el cultivo de naranjilla	6
Tabla 2. Superficie, producción y rendimiento a nivel nacional serie histórica 2000 – 2010	14
Tabla 3. Características químicas de los frutos de variedades comerciales de naranjilla.	15
Tabla 4. Características físicas y químicas de los frutos de la nueva variedad INIAP Quitoense-2009	16
Tabla 5. Formulación jugo/bebida de naranjilla	33
Tabla 6. Formulación del Néctar de naranjilla	35
Tabla 7. % de rendimiento de la naranjilla en pulpa	41
Tabla 8. pH de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla	48
Tabla 9. Sólidos solubles de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla	49
Tabla 10. Acidez titulable en % de ácido cítrico de los productos	50
Tabla 11. pH del néctar y bebida de naranjilla con la dosis seleccionada	58
Tabla 12. Sólidos solubles del néctar y bebida de naranjilla pasteurizada e irradiada	59
Tabla 13. Acidez Titulable (% ácido cítrico) del néctar y bebida de naranjilla	59
Tabla 14. Características sensoriales del néctar de naranjilla irradiado	61
Tabla 15. Características sensoriales de la bebida de naranjilla irradiada	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Mapa de Zonificación de Cultivo de Naranja a Nivel Nacional	5
Figura 2. Planta de naranja	7
Figura 3. Ejemplo de raíz pivotante	8
Figura 4. Tallo de naranja ramificado con espinas.	8
Figura 5. Hoja de naranja sin espinas	9
Figura 6. Flores de la planta de la naranja	9
Figura 7. Frutos maduros	10
Figura 8. Frutos de la naranja INIAP Quitoense-2009	11
Figura 9. Estados de madurez de frutos de naranja	13
Figura 10. Forma correcta de cosechar los frutos de naranja para evitar pérdidas.	13
Figura 11. Espectro del ultravioleta	21
Figura 12. Círculo de color según el ángulo Hue	25
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pulpa de naranja	29
Figura 14. Frutos seleccionados, lavados y desinfectados	30
Figura 15. Despulpadora Proingal modelo DS-P001	31
Figura 16. Pulpa de naranja empacada	31
Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida de naranja	32
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de néctar de naranja	34
Figura 19. Cámara de radiación UV-C con el agitador y bandeja	36
Figura 20. Pulpa de naranja en diferentes tiempos de escaldado	42
Figura 21. Luminosidad de la pulpa de naranja	43
Figura 22. ° Hue de la pulpa de naranja	43
Figura 23. Saturación de la pulpa de naranja	44
Figura 24. Luminosidad del néctar de naranja	45

Figura 25. Ángulo Hue del néctar de naranjilla	45
Figura 26. Saturación del néctar de naranjilla	46
Figura 27. Luminosidad de la bebida de naranjilla	46
Figura 28. Ángulo Hue de la bebida de naranjilla	47
Figura 29. Saturación de la bebida de naranjilla	47
Figura 30. Crecimiento de mohos y levaduras en pulpa, néctar y bebida de naranjilla.	51
Figura 31. Crecimiento de mohos y levaduras de los productos en $\log (UP/cm^3)$	51
Figura 32. Luminosidad del néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m^2	54
Figura 33. Ángulo Hue de néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m^2	55
Figura 34. Saturación de néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m^2	56
Figura 35. Luminosidad de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m^2	56
Figura 36. Ángulo Hue de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m^2	57
Figura 37. Saturación de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m^2	57
Figura 38. Curva de calibración para néctar y bebida de naranjilla irradiados	62
Figura 39. Curva de calibración para néctar y bebida pasteurizadas.	62
Figura 40. Capacidad antiradical $\text{mmol trolox}/100 \text{ ml}$ de bebida de naranjilla	63
Figura 41. Capacidad antiradical $\text{mmol trolox}/100 \text{ ml}$ néctar de naranjilla	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
FICHA TÉCNICA DEL EMPAQUE	77
ANEXO II	
ANÁLISIS SENSORIAL	79
ANEXO III	
CRECIMIENTO DE MOHOS Y LEVADURAS EN LOS PRODUCTOS	81
ANEXO IV	
CÁLCULO DE LA PENDIENTE DE LA RECTA	85

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se evaluó el efecto de una de las tecnologías emergentes como es la radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) sobre la pulpa, néctar y bebida de naranjilla, utilizando la nueva variedad INIAP-Quitoense 2009 que presenta un menor grado de oxidación (pardeamiento) que las otras variedades.

El estudio se realizó en tres etapas. En la primera parte de la investigación se seleccionó el tiempo de escaldado, sumergiendo la naranjilla en agua a temperatura de ebullición durante 3, 5, 10 y 15 minutos. Se escogió 5 minutos de tiempo de escaldado; y se determinó el rendimiento de la naranjilla en pulpa.

En la segunda etapa para seleccionar la dosis efectiva de radiación UV-C, se analizó las características físico-químicas (color, pH, sólidos solubles y acidez titulable) y microbiológicas (recuento de mohos y levaduras, de aerobios mesófilos y de coliformes) de dos muestras control (escaldado/sin pasteurizar y pasteurizado) y tres muestras tratadas con diferentes dosis de radiación UV-C (14.9, 22.3 y 27 kJ/m²) tanto de pulpa, néctar y bebida de naranjilla

Al realizar los análisis sobre las características antes mencionadas en los tres productos, se determinó que la radiación UV-C no afectó los parámetros físico-químicos, se evidenció una reducción de mohos y levaduras, y no hubo crecimiento de aerobios mesófilos y coliformes. En la pulpa por contener gran cantidad de sólidos solubles no hubo reducción de mohos y levaduras, mientras que en el néctar y bebida se redujo su crecimiento con una dosis de 27 kJ/m² y 14.9 kJ/m² respectivamente.

Finalmente se evaluó cada dos días la estabilidad microbiológica y físico química del néctar y bebida almacenados a 5 °C.

La estabilidad de los productos fue de dos días. También se determinó la capacidad antioxidante de los productos y se comparó con una muestra control de los productos pasteurizados.

ABSTRACT

In this work degree, the effect of emerging technologies such as the short-wave ultraviolet radiation (UV-C) on the pulp, nectar and drink naranjilla using the new variety INIAP-Quitoense 2009 that has a lower degree of oxidation (browning) than other varieties.

The study was conducted in three stages: the first part of the research selected the blanching time, soaking in water naranjilla at boiling temperature for 3, 5, 10 and 15 minutes, observing the color change was chosen 5 minutes of blanching, and determined performance naranjilla pulp.

In the second stage to select the effective dose of UV-C, we analyzed the physical and chemical characteristics (color, pH, soluble solids and acidity) and microbiological (mold and yeast count, total plate count and coliform count) of two control samples (blanching / unpasteurized and pasteurized) and three samples treated with different doses of UV-C (14.9, 22.3 and 27 kJ/m²) both pulp, nectar and drink naranjilla.

In performing the analysis on the above characteristics in the three products, we determined that UV-C radiation did not affect the physical and chemical parameters, is evidence of reduced yeast and mold, and there was no growth of aerobic mesophiles and coliforms. The pulp contains a large amount of soluble solids there was no reduction of mold and yeast, whereas drinking nectar and their growth was reduced with a dose of 27 kJ/m² kJ/m² and 14.9 respectively.

Finally was assessed every two days microbiological stability and physical chemistry and drink nectar stored at 5 ° C every two days. The stability of the products was 2 days. We also determined the antioxidant capacity of products and compared with a control sample of pasteurized products.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La naranjilla es una fruta tradicional del Ecuador que ha sido cultivada en la zona oriental del país, su cultivo es destinado mayoritariamente para el consumo en el mercado interno (CONCOPE, 2011). Se la consume en fresco y es utilizada como materia prima para la elaboración de jugos, concentrados, helados, mermeladas, conservas, salsas, postres y dulces (Cáliz & Duarte, 2007), productos que han sido sometidos a varios procesos de transformación como troceado, escaldado, etc., y métodos de conservación como la pasteurización, con el fin de prolongar su vida útil y ofrecer al consumidor una gama de productos a partir de la misma materia prima (Carrillo, 2008). Este proceso térmico, puede producir reacciones indeseables en el alimento que provocan cambios en el gusto y sabor, o incluso pueden incidir en los contenidos nutricionales y diversas propiedades sensoriales que afectan negativamente la calidad del alimento tratado (López-Malo & Palou, 2005). Esto ha llevado a que se investiguen nuevos procesos de conservación de alimentos que garanticen inocuidad microbiana con amplia vida de almacenamiento, manteniendo sus características y propiedades nutricionales.

Uno de estos procesos es la radiación UV-C que es una tecnología que ha sido empleada para la desinfección de agua y se ha utilizado para reducir la carga microbiana en algunos alimentos líquidos como lo hicieron Wright, Sumner, Hackney, Pierson y Zoecklein (2000), en jugo de manzana sin pasteurizar inoculado con *Escherichia Coli*, logrando una reducción favorable de éstos microorganismos (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004).

La acción letal de la radiación UVC sobre microorganismos ha sido demostrada y, a diferencia de otras tecnologías, es segura, amigable con el medio ambiente y requiere de costos de instalación y operación más bajos que otros métodos. Sin embargo, por su poca profundidad de penetración,

se usa generalmente para esterilizar aire y capas delgadas de líquido (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004).

Por otro lado, la FDA (Food and Drug Administration) de los EE.UU desde 1999 considera los tratamientos con radiación UVC como una alternativa para eliminar microorganismos patógenos de jugos de frutas, reteniendo sus niveles de vitaminas y llamando al producto “ligeramente procesado”

Este trabajo de titulación tuvo como objetivo principal elaborar pulpa, néctar y bebida de naranjilla usando la radiación UV-C como método de conservación.

Los objetivos específicos de este trabajo de titulación fueron:

- Determinar la dosis de radiación UV-C efectiva que no altere las características de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla.
- Determinar las características físico-químicas de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla: pH, sólidos solubles, acidez titulable y color.
- Establecer el tiempo de vida útil de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla tratados con radiación UV-C mediante evaluación microbiológica de mohos y levaduras, coliformes totales y recuento de aerobios totales.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. NARANJILLA (*Solanum quitoense* Lam.)

La naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), llamada por los incas “*lulum*”, es una especie de la familia Solanácea, nativa de las estribaciones de los Andes del Ecuador, donde se la conoce como *naranjilla de Quito* o “*nuqui*” y en Colombia se la llama *lulo*, *naranjilla* o *toronja* (Villacís & Lénin, 2005).

La naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) o lulo es una fruta tropical de forma redonda que al estar madura su cáscara presenta un color amarillo o anaranjado y está cubierta de minúsculas espinas. Al cortarla se puede diferenciar que está dividida por particiones membranosas en cuatro compartimentos los mismos que albergan a la jugosa pulpa de color verdoso cuyo sabor es ácido y a numerosas semillas de color blanco- cremosas. Es una fruta con alto contenido de vitamina C y minerales (SIGAGRO-MAGAP, 2001).

2.1.1. ORIGEN

En un principio, el origen de esta solanácea fue destinado al Abra del Pastaza, en la cordillera Oriental Ecuatoriana (Reina, Perdomo, & Manrique, 1988). Evidencias posteriores de su existencia en otras latitudes, la describen como una planta originaria de los bosques de la región subtropical húmeda, en las faldas hacia el Oriente y aún al Occidente de la cordillera de los Andes en Ecuador, Colombia y Perú (Revelo et al., 2010).

En la época colonial esta fruta fue descrita como naranjilla o naranjita de Quito, en referencia a la Real Audiencia de Quito, de donde se desprende el nombre de *quitoense* dado por Lamark quién la describió taxonómicamente (Vivar, 1968).

En Ecuador la naranjilla fue cultivada comercialmente a partir de los años cincuenta en el cantón Mera, provincia de Pastaza y sus alrededores. Las primeras semillas se las obtuvo de plantas nativas con un rendimiento promedio de 50 t/ha/año. El período de plantaciones cultivadas con tranquilidad terminó a mediados de los setenta ya que aparecieron plagas y enfermedades que las fueron desapareciendo (ECORAE, 2001). Por lo que el Ministerio de Agricultura y Ganadería, hoy en día llamado Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) junto con el INIAP empezaron a realizar estudios genéticos de la naranjilla para atacar a las plagas y enfermedades (ECORAE, 2001); de esta forma tras años de investigación, con grandes logros obtenidos y con gran variedad e híbridos de naranjillas, en el año 2009 tras ocho años de investigación se difunde las semillas de la nueva variedad de naranjilla INIAP quitoense-2009, la cual es utilizada en el presente trabajo por la oxidación mínima de la pulpa (INIAP, 2009).

2.1.2. DISTRIBUCIÓN O LOCALIZACIÓN

Los principales productores mundiales de esta fruta exótica por orden de importancia en volumen son: Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; existen cultivos en menor escala en Panamá, Costa Rica y Guatemala (Urbina, 2008).

En Ecuador las principales zonas de producción de esta especie se encuentran distribuidas desde la frontera con Colombia, hasta el Sur de la provincia de Loja (Fiallos, 2000). Su producción se encuentra en mayor escala en las provincias de Napo, Pastaza Morona Santiago, Pichincha e Imbabura; en menor escala se cultiva en Sucumbíos, Zamora Chinchipe, Orellana y Bolívar (Amores, 1992; Revelo, et al., 2010). En la Figura 1 se observa el mapa del Ecuador del cultivo de naranjilla.

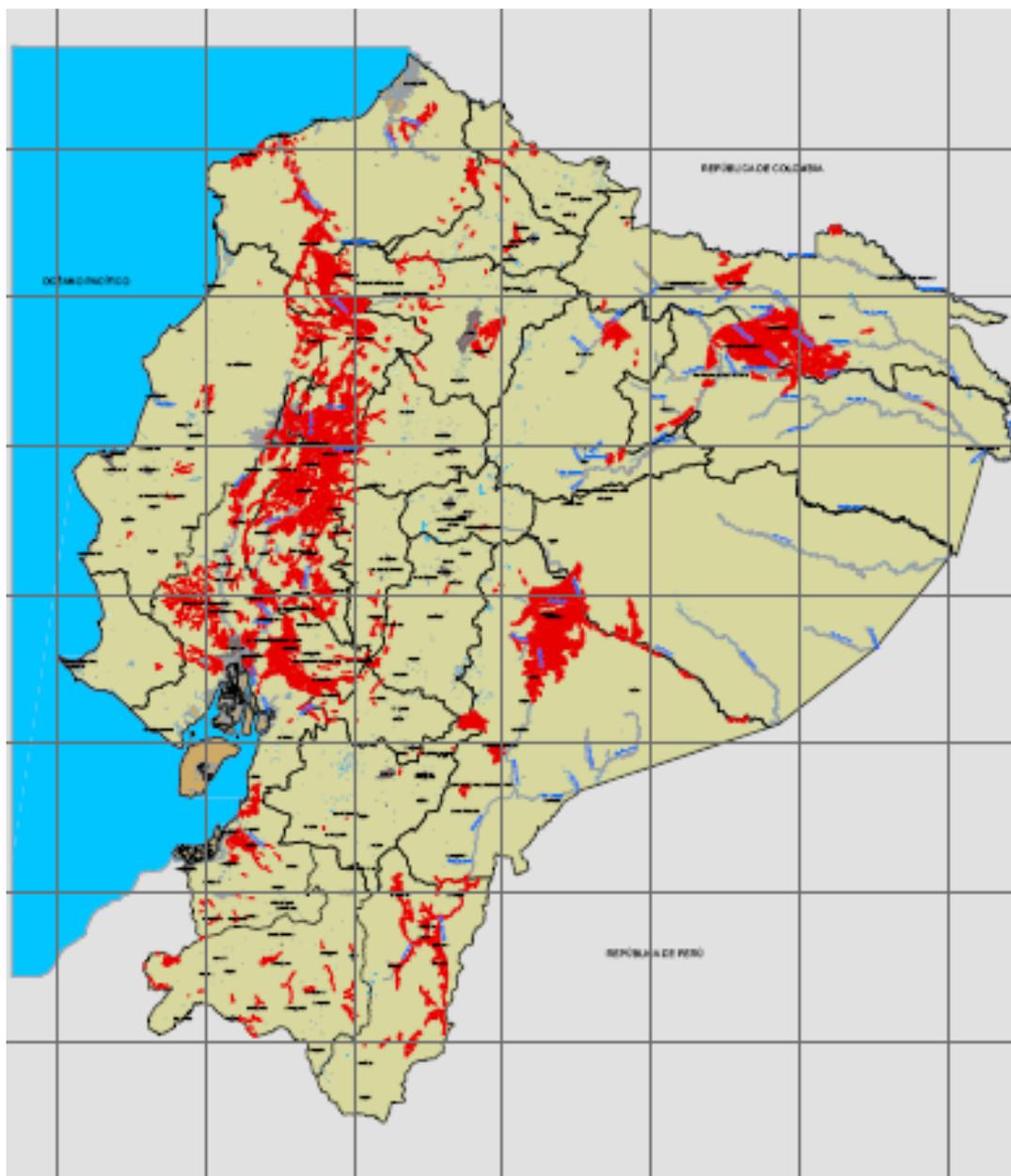


Figura 1. Mapa de Zonificación de Cultivo de Naranja a Nivel Nacional (SIGAGRO-MAGAP, 2009)

2.1.3. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

Las plantas de naranja para desarrollarse correctamente necesitan de los factores ambientales que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores ambientales para el cultivo de naranjilla

Factor Ambiental	Parámetro
Clima	Tropical y subtropical húmedo
Altitud	600 - 1700 m.s.n.m
Temperatura	17 - 29 ° C
Precipitación	1500 - 4000 mm/año
Humedad relativa	78 – 92 %
Vientos	No resiste lugares ventosos

(INIAP, 2009)

2.1.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según ECORAE (2001) e IICA (2007), la clasificación taxonómica de la naranjilla es la siguiente:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Espermatophyta
División:	Angiosperma
Subdivisión:	Dicotiledónea
Familia:	Solanácea
Género:	Solanum
Especie:	quitoense
Variedad:	quitoense (sin espinas) septentrionale (con espinas)
Nombre científico:	<i>Solanum quitoense</i> Lamark.
Nombre vulgar:	Naranjilla en Ecuador y Perú Lulo en Colombia Naranjilla de castilla o toronja en España Quito orange en EEUU Morelle de Quito en Francia Gele terong en Holanda

2.1.5. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La naranjilla o lulo es una baya perteneciente a la familia de las solanáceas, más exóticas que se desarrolla en los Andes, las características de su planta y fruto son:

a. Planta: La planta es herbácea, robusta, de 1,30 a 2,0 m de altura, corteza color gris y hojas grandes, como se observa en la Figura 2. Toda la planta, excepto el haz de las hojas, tiene pubescencia lanosa y todas sus partes son espinosas, excepto las flores (IICA, 2007).



Figura 2. Planta de naranjilla

b. Raíz: La raíz de la planta de naranjilla es pivotante; la Figura 3 es un ejemplo de éste tipo de raíz. Presenta una raíz principal y numerosas ramificaciones secundarias y terciarias, es fibrosa y superficial, no profundizan más de 1 m (ECORAE, 2001).



Figura 3. Ejemplo de raíz pivotante (IICA, 2007).

c. Tallo: Es robusto, semileñoso, cilíndrico, veloso y vertical, dependiendo de la variedad presenta o no espinas, de color verde cuando esta joven y al estar adulto presenta un color café. En la Figura 4 se indica un ejemplo de un tallo ramificado con espinas (FAO, 2006).



Figura 4. Tallo de naranjilla ramificado con espinas. (Medina, Sánchez, Camayo, Lobo, & Martínez, 2008)

d. Hojas: Son grandes miden entre 30 a 40 cm de largo, tienen una forma oblonga-ovalada, el haz es de color verde oscuro y el envés de color violáceo, con nervaduras principales y secundarias de color violáceo, como se aprecia en la Figura 5. Presentan o no espinas a lo largo de la nervadura de las hojas (Revelo, et al., 2010).



Figura 5. Hoja de naranjilla sin espinas

e. Flores: Son de color blanco o lila claro, como se observa en la Figura 6; agrupadas en racimos de hasta diez flores, son pentámeras (cinco pétalos), tiene cinco estambres de color amarillo y un pistilo (Alvarado, 2000).



Figura 6. Flores de la planta de la naranjilla

f. **Frutos:** Según la variedad los frutos son grandes o pequeños, su peso oscila entre los 40 a 100 g, su coloración es amarilla o anaranjada y al estar maduros pueden ser rojizos, su pulpa es verde, en la Figura 7 se observa frutos maduros con pulpa verde y su cáscara de color anaranjado (ECORAE, 2001).



Figura 7. Frutos maduros
(INEN, 2009)

g. **Semillas:** La pulpa de la naranjilla común contiene 1000 semillas fértiles y la de los híbridos no supera las 500 semillas fértiles (ECORAE, 2001). Son de color amarillo pálido y/o blanco - cremosas (Amores, 1992).

2.1.6. VARIEDADES E HÍBRIDOS COMERCIALES

2.1.6.1. Variedades comunes tradicionales

Variedad “agria” (*Solanum quitoense* Lam var. *quitoense*): Fruto redondo, de color amarillo, corteza delgada, variedad muy apreciada en el mercado ecuatoriano, pulpa de sabor ácido y color verde. Resistente al transporte (Navarrete, 2009).

Variedad Baeza “dulce” (*Solanum quitoense* Lam var. *quitoense*): Fruto grande y redondo, de color rojo-anaranjado, corteza gruesa, menos resiste al transporte y almacenamiento. En el Ecuador es menos apetecible que la naranjilla agria (Pacheco & Jiménez, 1996).

Variedad “espinosa” (*Solanum quitoense* Lam var. *septentrionale*): Esta variedad se cultiva mayoritariamente en Colombia y en Ecuador es poco cultivada. Fruto esférico, de color rojizo, su tallo, ramas, y hojas presentan espinas. Es apetecible en el mercado pero su cultivo representa apenas el 5% del área total (Revelo, et al., 2010).

2.1.6.2. Nueva variedad común o de jugo mejorada

La Variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam var. *quitoense*) es el resultado de ocho años de investigación y fue creada con el fin de evitar la marchitez vascular causado por algunas plagas y disminuir el uso excesivo de pesticidas que afectan tanto al productor como al medio ambiente, ésta naranjilla proviene de la variedad Baeza (Cuidadano, 2009).

Según Revelo y colaboradores (2010) la planta de la nueva variedad alcanza los 2 m de altura, los tallos y hojas carecen de espinas; los frutos son redondos como se observa en la Figura 8, la pulpa es verde con bajos niveles de oxidación



Figura 8. Frutos de la naranjilla INIAP Quitoense-2009

2.1.6.3. Híbridos

Híbrido Puyo: Obtenida en la provincia de Pastaza, es el resultado del cruzamiento entre la naranjilla jíbara del Oriente o cocona (*Solanum sessiliflorum*) y la naranjilla común variedad “agria”; su fruto es pequeño, la cáscara es de color anaranjado brillante y pulpa verde amarillenta. La semilla es infértil y se produce únicamente por vía vegetativa (Heiser, 1993).

Híbrido INIAP Palora: Es el resultado del cruzamiento ínter específico entre la variedad Baeza roja (*Solanum quitoense* Lam var. *quitoense*) y *Solanum sessiliflorum* variedad cocona Yantzaza (Heiser & Anderson, 1999). Las plantas son arbustivas, con frutos grandes, redondos, pulpa amarillenta; resistentes al manipuleo y transporte. Este híbrido constituye el 40% de la superficie cultivada en el país (Revelo, et al., 2010).

2.1.7. COSECHA

La cosecha se inicia entre los 8 y 9 meses después de la siembra, los frutos se cosechan de forma manual con guantes y tijeras, en estado pintón, es decir, 75% de color amarillo, con el fin de que el fruto resista el transporte, limpieza, clasificación y empaclado (Moreno, 1998). En la NTE INEN 2303:2009 se puede apreciar los distintos estados de madurez de la naranjilla como se observa en la Figura 9.

Ecorae (2001) menciona que la naranjilla debe ser cosechada con el pedúnculo para una correcta maduración, evitar la deshidratación y podredumbre de la misma. Como se puede apreciar en la Figura 10 se observa la forma correcta de cosechar los frutos para evitar pérdidas.

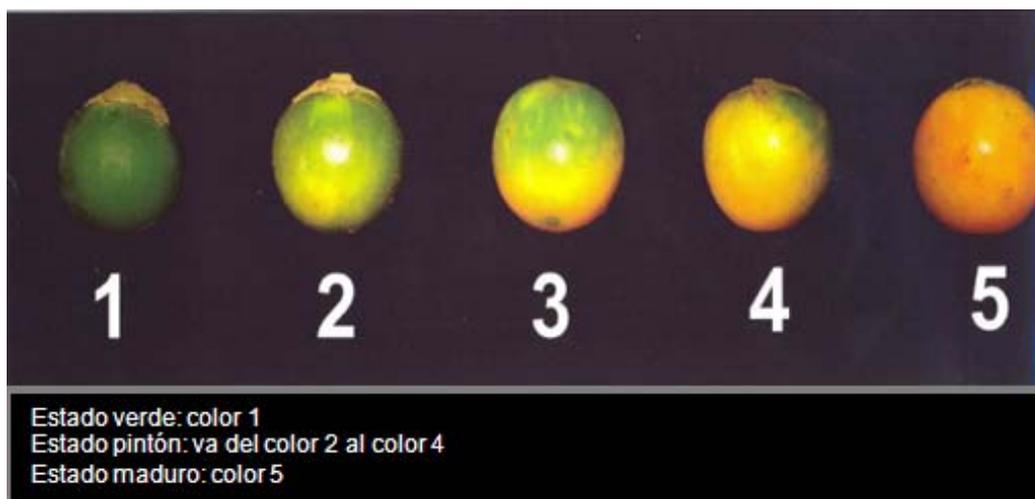


Figura 9. Estados de madurez de frutos de naranjilla
 (INEN, 2009)



Figura 10. Forma correcta de cosechar los frutos de naranjilla para evitar pérdidas.
 (Revelo, et al., 2010)

2.1.8. PRODUCCIÓN EN ECUADOR

Como se mencionó en el literal 2.1.2 entre las provincias que producen naranjilla están: Napo, Pastaza, Morona Santiago, Pichincha, Imbabura, etc.

En la Tabla 2 se indica la superficie cosechada, la producción y rendimiento de la naranjilla en Ecuador, de los 10 últimos años.

Tabla 2. Superficie, producción y rendimiento a nivel nacional serie histórica 2000 – 2010

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción en fruta fresca (t)	Rendimiento (t/ha)
2000	5 866	16 014	2.73
2001 ¹	5 773	16 726	2.90
2002	5 678	16 030	2.82
2003	6 529	19 787	3.03
2004	5 393	17 218	3.19
2005	5 195	16 651	3.21
2006	5 368	20 054	3.74
2007	5 197	22 079	4.25
2008	5 025	22 596	4.50
2009	4 001	19 955	4.99
2010 ²	3 643	20 005	5.49

¹ Los datos del año 2001 corresponden al promedio de los años 2000 y 2002.

² Los datos del año 2010 son provisionales, estos han sido calculados considerando el promedio de las variaciones porcentuales observadas durante los 3 últimos años.

(SIGAGRO & ESPAC, 2011)

2.1.9. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL FRUTO DE NARANJILLA.

En Tabla 3 se indican las características químicas de las variedades comerciales de naranjilla.

Tabla 3. Características químicas de los frutos de variedades comerciales de naranjilla.

Características	Híbrido Palora	Híbrido Puyo	Variedad Agria
Humedad (%)	91,62	90,18	85,88
Ceniza (%)	0,52	0,51	0,82
Proteínas (%)	0,41	0,66	1,31
Fibra (%)	1,22	1,69	3,25
Acidez (%)	2,22	1,56	0,95
Alcaloides (%)	0,05	0,05	0,05
Sólidos solubles (%)	5,70	5,00	6,00
Sólidos totales (%)	8,38	14,12	9,82
Azúcares totales (%)	1,93	2,83	2,19
Vitamina C (mg/100g)		83,50	83,70

(INIAP, 2005; Proaño, 2008)

En la Tabla 4 se presentan las características físicas y químicas de la nueva variedad de naranjilla de jugo. La naranjilla INIAP Quitoense-2009. La fruta presenta un peso que oscila entre 80 y 139 g, el color de la pulpa es verde, característica organoléptica que demanda el consumidor.

Por otro lado, ésta nueva variedad puede ser almacenada por 15 días a temperatura ambiente y por 30 días en frigoconservación (INIAP, 2009).

Tabla 4. Características físicas y químicas de los frutos de la nueva variedad INIAP Quitoense-2009

Características	Promedio
Físicas	
Peso del fruto (g)	109,50
Largo del fruto (cm)	58,60
Diámetro (cm)	55,60
Rendimiento de fruta	
Pulpa (%)	58,80
Cáscara (%)	24,70
Semilla (%)	16,40
Químicas	
pH	2,42
Acidez titulable (% ácido cítrico)	2,51
Sólidos solubles (° Brix)	9,60
Color de pulpa	Verde

(INIAP-DNC-EESC, 2009)

2.1.10. USOS Y BENEFICIOS DE LA NARANJILLA

La naranjilla, fruta exótica, tiene gran aceptación a nivel mundial por su sabor agradable y aroma exquisito, se la utiliza en la elaboración de: pulpa, jugo, mermeladas, helados, salsas, yogurt, concentrados, entre otros (Hamada & Ramírez, 2006).

Según Revelo y colaboradores (2010) la naranjilla tiene un alto contenido de vitamina C, incluso mayor que el de los cítricos por lo que ayuda a:

- La fijación del hierro en el cuerpo evitando la anemia.
- Fortalece el sistema inmune.
- Previene enfermedades respiratorias
- Ayuda al buen desarrollo de dientes, huesos, cartílagos y encías.
- Previene el envejecimiento prematuro de las células por ser un buen antioxidante.

2.2. PULPA DE NARANJILLA

Según la Norma Técnica Ecuatoriana 2337:2008 y Norma Venezolana COVENIN 1030:1995, la *pulpa (puré) de fruta*, en este caso naranjilla, es el producto carnosos y comestible de la fruta sin fermentar susceptible de fermentación, obtenido por procesos tecnológicos adecuados por ejemplo, entre otros: tamizado, triturado o desmenuzado, conforme a buenas prácticas de manufactura; a partir de la parte comestible y sin remoción del jugo, de frutas y/o vegetales enteros o pelados en buen estado, debidamente maduras o, a partir de frutas conservadas por medios físicos.

2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA

Abril, Enríquez & Vásconez (2004) y FAO (2006), establecen que para obtener pulpa de fruta se realizan los siguientes procesos:

- a. **Pesado:** consiste en cuantificar la materia prima que entra al proceso para determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta.
- b. **Selección:** se selecciona las frutas sanas y con el grado de madurez adecuado.
- c. **Lavado:** se lava la fruta con chorros de agua y se desinfecta sumergiéndola en un tanque con agua clorada.
- d. **Escaldado:** es un tratamiento térmico de corta duración y a temperatura moderada, consiste en mantener el producto algunos minutos a una temperatura próxima a 95 – 100 °C (Vanaclocha & Requena, 2003), destinado a inactivar las enzimas propias de los alimentos de forma que se detenga su actividad metabólica y cese la degradación del alimento. Entre las enzimas que producen estas

degradaciones se encuentran la catalasa, y la peroxidasa (Sevilla, 2004).

Se realiza un choque térmico con agua fría a una temperatura de 10 – 15 °C para evitar la cocción de la fruta y garantizar que las enzimas y microorganismos se mantengan inhibidos (Bastidas & Hurtado, 2011).

- e. **Extracción de la Pulpa:** es la operación en la que se logra la separación de la pulpa de los demás residuos como las semillas y cáscaras.
- f. **Pasteurización:** es un tratamiento térmico de baja intensidad, su objetivo en los alimentos ácidos es conseguir la estabilidad del producto, respetando sus cualidades organolépticas y la conservación del mismo mediante la combinación con otros métodos de conservación como la refrigeración y congelación. La temperatura es de 75 °C por 15-60 segundos (Paltrinieri & Figuerola, 1993; Vanaclocha & Requena, 2003).
- g. **Llenado y sellado:** la pulpa caliente se traslada a la llenadora donde se empaqueta en bolsas de polietileno de alta densidad, antes de sellar se debe eliminar el aire atrapado dentro de la bolsa y se debe dejar un borde libre o pestaña de 1.5 cm aproximadamente (Abril, Enriquez, & Vásquez, 2004).
- h. **Congelación:** se coloca las pulpas empacadas en congelación para que exista un choque térmico.

2.3. BEBIDA DE NARANJILLA

La adición de agua a un jugo de frutas u otros frutos o de hortalizas de composición normal o la adición de agua a un jugo (zumo) previamente concentrado, en proporción superior a la necesaria para devolver al

concentrado la composición del jugo (zumo) en su estado natural, da lugar a que los productos resultantes tengan el carácter de diluidos y, por ello, se consideran bebidas (AACUE, 2006).

Según la Norma Técnica Ecuatoriana 2337:2008 bebida de fruta es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido de la dilución del jugo o pulpa de fruta (naranja), concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua, ingredientes endulzantes y otros aditivos permitidos.

Por otro lado, la base de las bebidas de fruta es el azúcar y no la cantidad de jugo. Las bebidas solo deben contener de un 6% a 30% de jugo de fruta (HYFOMA, 2001).

Los zumos o jugos de frutas y otros productos similares podrán elaborarse con los siguientes ingredientes (Sánchez & Infantas, 2003):

- **Fruta:** Fresca, o conservada por frío; se emplea pulpas de frutas recién procesadas o las que posean el menor tiempo de almacenamiento (ICTA, 2009).
- **Agua:** El agua empleada debe ser potable, es decir, que su composición química como microbiológica no afecte la calidad del néctar ni la salud del consumidor.
- **Azúcares:** Se puede utilizar el azúcar semi-blanco, azúcar blanca refinada, dextrosa monohidratada, dextrosa anhidra, jarabe de glucosa y/o fructosa.

2.4. NÉCTAR DE NARANJILLA

En la NTE INEN 23337:2008 definen al néctar de fruta (naranja) como el producto pulposo o no pulposo sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido de la mezcla del jugo de fruta o pulpa (naranja), concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua e ingredientes endulzantes o no.

Por otro lado, el néctar no es un producto estable por sí mismo, es decir, necesita ser sometido a un tratamiento térmico adecuado para asegurar su conservación. Es un producto formulado, que se prepara de acuerdo a una receta o fórmula preestablecida y que puede variar de acuerdo a las preferencias de los consumidores (Trinidad & Rosales, 2001)

El ICTA - Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (2009) dice que las operaciones básicas para la elaboración de néctares se pueden ordenar en tres etapas: *La primera* de preparación de materias primas según el tipo de néctar que se vaya a elaborar. Esta preparación consiste en disponer de las pulpas, edulcorantes, agua y otros eventuales ingredientes por agregar, y también conocer sus características sensoriales, su concentración, acidez, etc.

La segunda es el planteamiento de la formulación de ingredientes que deben responder a las condiciones del néctar planeado. Aquí es donde la concentración y demás características de estos ingredientes deben tenerse en cuenta.

Por último, lograda la formulación mediante los cálculos apropiados se procede a la mezcla cuantitativa de ingredientes en condiciones adecuadas de higiene y funcionalidad. Posteriormente se le aplica al néctar una técnica de conservación acorde con la disponibilidad de equipos y tecnología.

2.5. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta fue descubierta en 1801 por el físico y fisiólogo alemán Ritter. Pertenece a la franja del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 400 y 100 nm aproximadamente. Se extiende desde la parte violeta del espectro visible hasta la zona de rayos X blandos (Portero, s.f.)

De conformidad a la longitud de onda el espectro de la radiación ultravioleta se clasifica en A, B y C, como se puede observar en la Figura 11.

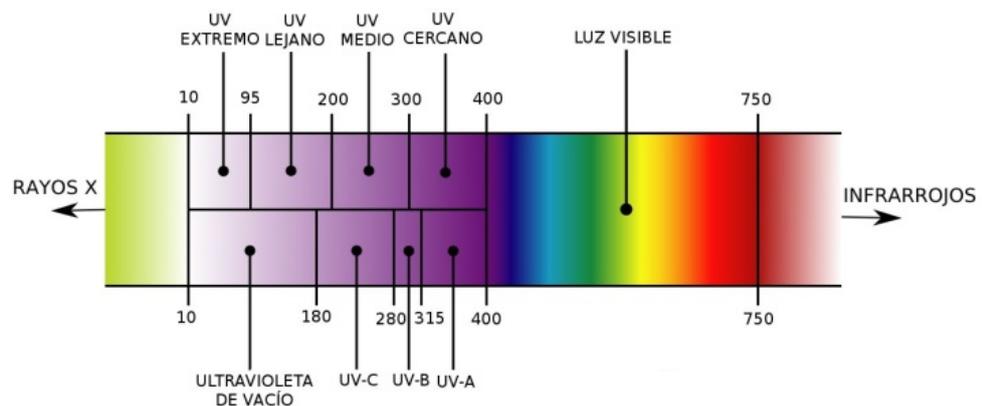


Figura 11. Espectro del ultravioleta

(Anónimo, 2009).

- **Radiación UV-A:** Tiene una longitud de onda larga que va desde 320-400 nm, produce cambios de color en la piel (bronceado)
- **Radiación UV-B:** Longitud de onda media, su rango va desde los 280-320 nm, produce quemaduras en la piel y puede provocar cáncer.
- **Radiación UV-C:** Su longitud de onda es corta va desde los 200-280 nm, rango germicida, por ello se produce artificialmente esta radiación

mediante lámparas de arco con la finalidad de matar microorganismos (Ibarz, s.f.).

2.5.1. RADIACIÓN UV-C

Las aplicaciones prácticas de la radiación ultravioleta (UV-C) comenzaron en 1901 cuando se consiguió producir esta luz artificialmente. Esta técnica se consideró para la desinfección del agua de bebida cuando se comprobó que el cuarzo era una de los pocos materiales casi totalmente transparente a la radiación ultravioleta, lo que permitió la envoltura protectora de los tubos (Wright & Cairns, 1998)

Por otro lado, la luz ultravioleta es una fuente de energía que tiene la capacidad para penetrar la pared celular de un microorganismo vivo, modificando la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico) y evitando con ello su reproducción. Una célula que no se puede reproducir se considera muerta (Aquamarket, 2010).

De acuerdo al alimento sea este sólido o líquido y su viscosidad, los niveles de energía necesaria para una acción germicida destructiva pueden variar. La dosis es el producto de multiplicar la intensidad de la luz por el tiempo de exposición que hay dentro del área (cm²), como se muestra en la ecuación 1 (Aquamarket, 2010).

[1]

$$\text{Dosis} = \text{Intensidad } (\mu\text{W}) \times \text{tiempo (s)}$$

2.5.1.1. Ventajas de la Radiación UV-C

Al emplear radiación UV-C no se altera el color, olor, acidez ni sabor de la corriente tratada; no requiere de sustancias químicas, es un proceso en línea y su costo de operación es muy bajo (Wright & Cairns, 1998).

2.5.2. RADIACIÓN UV-C EN ALIMENTOS LÍQUIDOS

Desde 1999, la FDA (Food and Drug Administration) de los EE.UU. considera los tratamientos con radiación UVC como una alternativa para eliminar microorganismos patógenos de jugos de frutas, reteniendo sus niveles de vitaminas y llamando al producto “ligeramente procesado” (FDA, 2000).

Se sabe que la luz UV-C sólo penetra a una profundidad muy pequeña en la superficie de líquidos que no sean agua. Por ejemplo, la penetración de luz UV-C en jugos es de aproximadamente 1 mm por absorción el 90% de luz. Esta es la razón principal para usar flujo turbulento durante el procesamiento de alimentos líquidos. El efecto de penetración de la radiación de UV-C depende del tipo de líquido, de la absorbancia UV-C, solutos solubles en el líquido y de materia suspendida. Al aumentar la cantidad de sólidos reducirá la intensidad de penetración de radiación UV-C; las partículas grandes suspendidas también podrían bloquear la incidencia de luz en la carga microbiana (Guerrero-Beltrán & Barbosa-Cánovas, 2004).

Un ejemplo claro de la aplicación de la radiación UV-C en jugos es el estudio que realizaron Wright, Sumner, Hacknet, Pierson & Zoeclein (2000) en donde usaron un equipo de desinfección UV-C de capa delgada para tratar jugo de manzana sin previa pasteurización e inoculado con *Escherichia coli*; utilizando varios flujos (de 0.999 a 6.48 L/min) con 94 a 610 J/m² y encontraron una reducción de 3.81 ciclos logarítmicos.

Por otro lado, en zumos clarificados se necesita menor dosis de radiación UV-C para obtener una reducción de 2.2 ciclos logarítmicos de microorganismos aerobios (Keyser, Müller, Cillers, Nel, & Gouws, 2008).

De igual manera al irradiar jugo de naranja con una lámpara germicida que emite 254 nm se ha observado que se reduce la carga microbiana aeróbica, así como el recuento de mohos y levaduras, logrando que la vida comercial del jugo aumente a 5 días (Ibarz, s.f.; Tran & Farid, 2004).

Estudios realizados en zumos de manzana, durazno y limón con diferente concentración de sólidos solubles e irradiados con una lámpara que emite entre 250 - 260 nm, se evaluó los parámetros colorimétricos mediante la escala CIEL*a*b observándose un aumento de la luminosidad y una disminución en los parámetros a* y b* dando un indicio que las melanoidinas que dan un color pardo a los jugos se destruían al ser tratados con radiación UV-C (Ibarz, Pagán, Panadés, & Garza, 2005).

Para evaluar el efecto de la radiación UV-C sobre el color de los productos, en el presente trabajo de titulación, se utilizará la escala L, H, S; donde:

- L es la luminosidad que indica la cantidad de luz del producto, donde el 100% es blanco, 0% es negro y el 50% es "normal". Según Jaramillo (2011) si el valor medido se acerca a cero, la pulpa tiende a ser negra u opaca, mientras que si la lectura se acerca a 100, refleja que la pulpa tiende a ser blanca o radiante.
- El ángulo Hue es el tono, también llamado por algunos "croma", es el color en sí mismo, se mide en grados del círculo de color como se muestra en la Figura 12, donde; 0° = rojo, 120° = verde y 240° = azul (Scoles, 2011).

- S es la saturación (pureza del color): 100% de saturación total y 0% es un tono de gris. La saturación está relacionada con la mayor o menor intensidad del color en la muestra, cuando el valor es más alto se relaciona con un color claro o puro, cuando es bajo el color es oscuro u opaco. (Jaramillo, 2011).

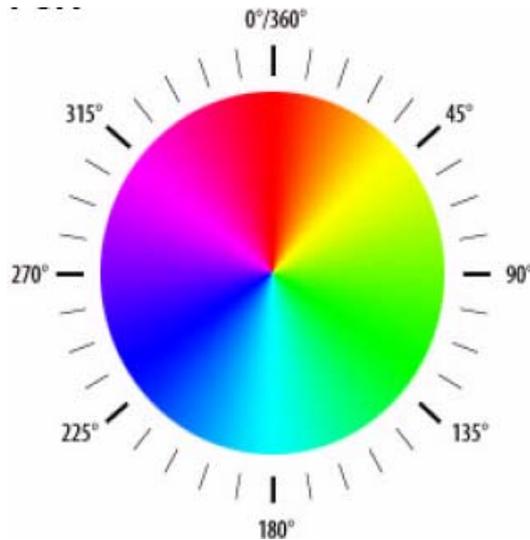


Figura 12. Círculo de color según el ángulo Hue
(Scoles, 2011)

Por otro lado, la radiación UV-C ha sido empleada en la leche para disminuir la carga microbiana y se ha indicado un incremento en la concentración de vitamina D, no obstante este tratamiento no es recomendado en éste producto ya que sus características organolépticas se ven afectadas por la degradación de los lípidos (Whited, Hammond, Chapman, & Boor, 2002).

2.6. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL

Los antioxidantes son moléculas de gran importancia para los seres vivos ya que neutralizan o previenen la oxidación de los radicales libres que se produce en las células como resultado del metabolismo. La oxidación es una

reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante (Porras, 2003).

Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan a las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones e inhiben otras reacciones de oxidación (Jordán, 2008), cumpliendo un rol preventivo contra el envejecimiento y de ciertas enfermedades degenerativas. Por otro lado los antioxidantes de origen natural actúan como factores de preservación en los alimentos (Acosta, Pérez, & Vaillant, 2009; Valderrama, 2003).

Al no tener la cantidad suficiente de antioxidantes, se incrementa la formación de radicales libres en el organismo, originando el llamado estrés oxidativo. El organismo para defenderse de éste estrés, debe tener una buena fuente de defensa antioxidante, que la provee las frutas y verduras al contener: polifenoles (presentes en guayaba, mora, manzana, entre otros), el ácido cítrico (vitamina C presente en cítricos), los tocoferoles (vitamina E, presentes en semillas, aceites crudos y aguacate), los carotenoides (presentes en papaya, mango, guayaba) y el selenio (Franco, 2006; Marquina, Araujo, Ruíz, Rodríguez-Malaver, & Vit, 2008).

La capacidad antioxidante total es una medida de todos los antioxidantes mencionados anteriormente presentes en las frutas y verduras o un líquido, en este caso se analizará la capacidad de la bebida y néctar de naranjilla.

Para determinar la capacidad antioxidante total de la bebida y néctar tratados con radiación UV-C, se utilizará el método del DPPH (difenilpicrilhidrazido), es un radical libre estable, disuelto en etanol tiene una coloración azul-violeta, en presencia de un antioxidante el color cambia a amarillo (Cervato et al., 2000). Desde el punto de vista metodológico, el DPPH es un método fácil y exacto para la medición de actividad antioxidante

en frutas y verduras por lo que es recomendado para medir la actividad antioxidante en este tipo de muestras (Porrás, 2003).

Este método se basa en la reducción del radical DPPH por los antioxidantes de la muestra. La decoloración del radical se determina a 515 nm y la cuantificación se realiza empleando soluciones patrón el ácido 6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametil-cromán-2-carboxílico (Trolox) un análogo sintético hidrosoluble de la vitamina E (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995).

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. MATERIAL VEGETAL

La variedad de naranjilla INIAP-Quitoense 2009, cultivada en el cantón San Miguel de los Bancos de la provincia de Pichincha fue cosechada en estado pintón 75% de color amarillo (color 4 como se indica en la Figura 9 del capítulo dos), con su pedúnculo y almacenada a temperatura ambiente (19 °C) hasta alcanzar el estado de maduración. Los frutos maduros fueron trasladados a la planta piloto de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, para el procesamiento de pulpa, néctar y bebida de naranjilla.

3.2. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PULPA Y SELECCIÓN DEL TIEMPO DE ESCALDADO

Para determinar el rendimiento de la fruta en pulpa se pesó la fruta fresca, la pulpa, cáscara y semillas

Para evitar la oxidación de la pulpa y facilitar el despulpado de la misma se ensayaron diferentes tiempos de escaldado. La naranjilla fue sumergida en agua a temperatura de ebullición por 3, 5, 10 y 15 minutos, luego se observó y comparó el cambio de color que presentó la pulpa con los diferentes tiempos de escaldado con la pulpa sin escaldar (control).

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA, NÉCTAR Y BEBIDA DE NARANJILLA

El proceso de elaboración de pulpa, néctar y bebida de naranjilla se describe a continuación:

3.3.1. PULPA

En la Figura 13 se presenta el diagrama de flujo del proceso de obtención de la pulpa de naranjilla:



Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pulpa de naranjilla

a. Selección

Se separó los frutos sanos de los frutos que presentaban golpes, cortes y magulladuras. En la Figura 14 se aprecia los frutos seleccionados, lavados y desinfectados.



Figura 14. Frutos seleccionados, lavados y desinfectados

b. Lavado y Desinfección

Para retirar las espinas que cubren la cáscara de la naranjilla y el pedúnculo se lavó la fruta con una esponja gruesa bajo chorro de agua. Luego se sumergió en solución clorada de 120 ppm por 3 minutos.

c. Escaldado

Se sumergió las naranjillas en agua a temperatura de ebullición por 5 minutos con la finalidad de evitar la oxidación de la pulpa y facilitar el proceso de despulpado, seguido de una inmersión en agua fría a una temperatura de 15 °C para garantizar la inhibición de las enzimas y microorganismos.

d. Despulpado

En una despulpadora (PROINGAL modelo DS-P001 simple) y con un tamiz de 0.5 mm se despulpó la naranjilla, como se muestra en la Figura 15.



Figura 15. Despulpadora Proingal modelo DS-P001

e. Pasteurizado

La pulpa se la pasteurizó en una marmita de acero inoxidable a 75 °C por 3 minutos.

f. Empacado

La pulpa fue empacada a una temperatura de 70 °C en fundas de polipropileno biorientado (BOPP) de 120 micras de calibre, cada funda tuvo un peso de 250 g de cada producto, como se muestra en la Figura 16 la pulpa de naranjilla empacada. La ficha técnica de la fundas BOPP utilizadas se encuentra en el Anexo I.



Figura 16. Pulpa de naranjilla empacada

3.3.2. BEBIDA DE NARANJILLA

En la Figura 17 se indica el diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida de naranjilla:

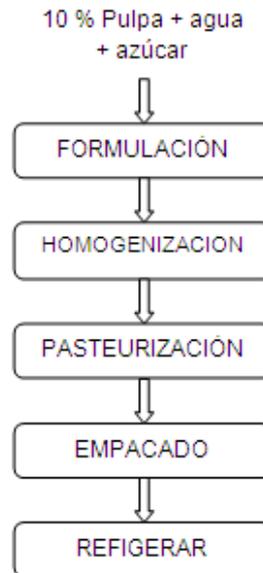
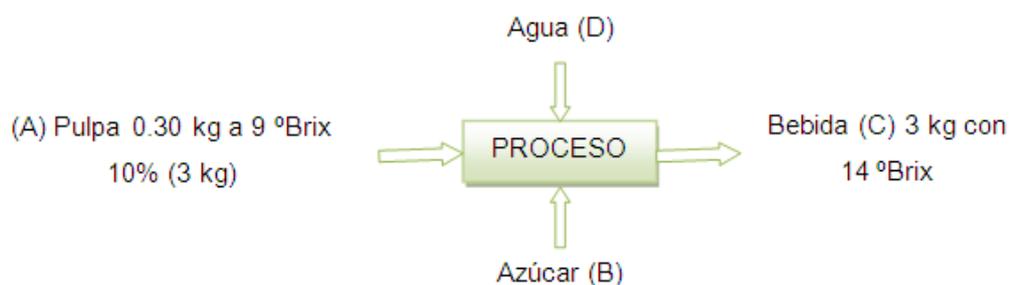


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bebida de naranjilla

3.3.2.1. Balance de masa de la bebida de naranjilla

Una vez obtenida la pulpa de naranjilla, se realizó un balance de masa para obtener la formulación de la bebida con un 10% de pulpa y 14 °Brix como se indica en la Tabla 5.



Balance de masa general:

[2]

$$A + B + D = C$$

$$0.3 + B + D = 3$$

Balance de masa en función de los sólidos solubles (° Brix)

[3]

$$0.3 (0.09) + B (1) + D (0) = 3 (0.14)$$

$$B = 0.393 \text{ kg de azúcar}$$

$$0.3 + 0.399 + D = 3$$

$$D = 2.307 \text{ kg de agua}$$

Tabla 5. Formulación jugo/bebida de naranjilla

FORMULACIÓN BEBIDA DE NARANJILLA	
Ingredientes	Cantidad (kg)
Pulpa (9° Brix)	0,300
Azúcar (100° Brix)	0,393
Agua	2,307
Total	3,000

3.3.3. NÉCTAR DE NARANJILLA

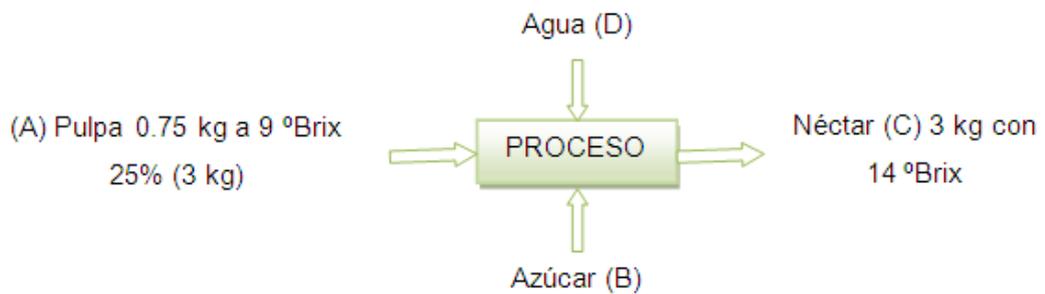
En la Figura 18 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración del néctar de naranjilla.



Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de néctar de naranjilla

3.3.3.1. Balance de masa del néctar de naranjilla

El néctar de naranjilla a 14 °Brix se procesó con un 25% de pulpa. El balance de masa y la formulación que se presenta en la Tabla 6.



Balance de masa general

[4]

$$A + B + D = C$$

$$0.75 + B + D = 3$$

Balance de masa en función de los sólidos solubles (° Brix)

$$0.75 (0.09) + B(1) + D(0) = 3(0.14)$$

$$B = 0.353 \text{ kg de azúcar}$$

[5]

$$0.75 + 0.37 + D = 3$$

$$D = 1.897 \text{ kg de agua}$$

Tabla 6. Formulación del Néctar de naranjilla

FORMULACIÓN NÉCTAR DE NARANJILLA	
Ingredientes	Cantidad (kg)
Pulpa (7° Brix)	0,750
Azúcar (100° Brix)	0,353
Agua	1,897
Total	3,000

3.4. TRATAMIENTO CON RADIACIÓN UV-C Y SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA

Una vez obtenida la pulpa, el néctar y la bebida de naranjilla se dividió las muestras en dos grupos: controles (escaldados y pasteurizados) y los que van a ser irradiados (tratados). Sobre una bandeja de plástico de 52 cm de largo por 32 cm de ancho y 8.5 cm de altura, se colocó una capa delgada de 0.5 cm de los productos a irradiar. La bandeja fue colocada a 10 cm de distancia de cuatro lámparas UV-C (lámpara UV Germicidal G30T8) y sobre un agitador de placas (VWR Microplate Shake) para que los productos estén en constante movimiento para asegurar la aplicación uniforme de la radiación, como se indica en la Figura 19.

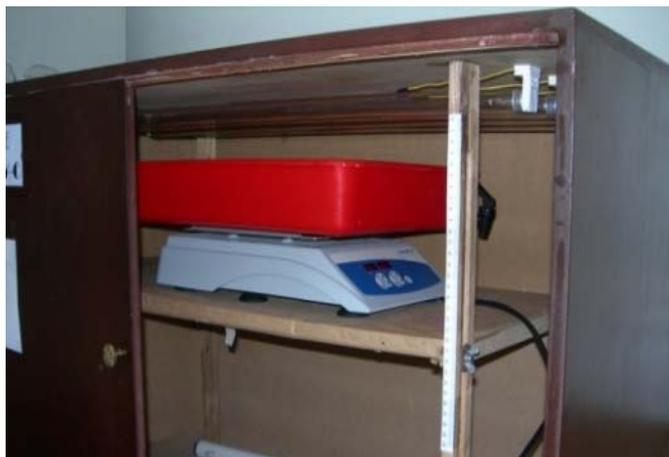


Figura 19. Cámara de radiación UV-C con el agitador y bandeja

Las dosis de radiación usadas fueron 14.9, 22.3 y 27 kJ/m². La intensidad de la radiación fue medida con un radiómetro digital W/CHART (UVX Radiometer UVP).

Los productos obtenidos fueron envasados en bolsas de polietileno de 120 micras de calibre. Inmediatamente se realizaron los análisis:

- Físico-químicos: color, pH, sólidos solubles y acidez titulable
- Microbiológicos: recuento total de mohos y levaduras, recuento total de aerobios mesófilos y de coliformes.

3.4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

3.4.1.1. Determinación del color

La determinación del color de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla se realizó con un Colorímetro PCE-RGB (Lutron RGB-1002), en la escala L, H, S.

3.4.1.2. Medición de pH

Se utilizó un pH-metro electrónico marca Thermo Scientific Orion, sumergiendo el electrodo en las muestras y se procedió según se describe en AOAC (2000), 981.12.

3.4.1.3. Determinación de Sólidos Solubles

Los sólidos solubles totales (°Brix), se midieron utilizando un refractómetro manual Marca B&C, (0-32 °Brix). Las mediciones se realizaron por triplicado de cada una de las tres muestras de cada producto.

3.4.1.4. Determinación de Acidez Titulable

Se tomó una alícuota de 5 ml de muestra preparada, se diluyó con 50 ml de agua destilada, se añadió 4 gotas de fenolftaleína (0.1%) y se tituló con una solución de NaOH 0.2 N hasta el viraje del indicador. La acidez titulable se reportó como porcentaje de ácido cítrico.

3.4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos se realizaron inmediatamente después de obtenidos los productos.

Preparación de la muestra

Se pesó y homogenizó 10 ml de muestra en 90 ml de agua destilada estéril (dilución 10^{-1}), se realizó 2 diluciones sucesivas 10^{-2} y 10^{-3} a partir de la primera dilución.

3.4.2.1. Recuento de mohos y levaduras

Se tomó una alícuota de 1 ml de cada dilución y se inoculó en la placa Petrifilm™ de recuento de mohos y levaduras, se incubó las placas según el método AOAC Official Method (2005) 997.02 durante 3 – 5 días a 20 – 25 °C.

Interpretación.

- Levaduras: colonias pequeñas, de bordes definidos, de color rosa tostado a azul verdoso, aparecen abultadas, de color uniforme.
- Mohos: colonias grandes, de bordes difusos, color variable, apariencia plana, núcleo oscuro.

3.4.2.2. Recuento de aerobios mesófilos

Se inoculó 1 ml de cada dilución en placas Petrifilm™ para recuento de aerobios, se incubaron según el método AOAC (2005) método oficial 990.12 por 48 h ± 3 h a 35 °C ± 1 °C.

Interpretación:

La guía de interpretación 3M Petrifilm indica que se deberán contar todas las colonias rojas, independientemente de su tamaño o intensidad.

3.4.2.3. Recuento de E.coli/coliformes

Se inoculó 1 ml de cada dilución en las placas Petrifilm™ para el recuento de E.coli/Coliformes y se incubaron según el método oficial 991.14 de la AOAC (2005), para e. coli se incubaba por 24 h a 35 °C ± 1 °C y para coliformes totales a 48 h.

Interpretación

- Colonias de color azul a rojo – azulado con formación de gas, indican presencia de E. coli.
- Coliformes totales: son colonias rojas y azules asociadas con gas.

3.5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para determinar la estabilidad de la bebida y néctar de naranjilla con la dosis elegida de radiación UV-C, las muestras se almacenaron a 5 °C. Cada dos días se realizaron análisis microbiológicos (recuento de mohos y levaduras y recuento de aerobios mesófilos) y físico –químicos (color, pH, acidez titulable y sólidos solubles).

Una muestra de cada producto irradiado fue enviada al Laboratorio de Análisis de Alimentos, Aguas y Afines - LABOLAB para determinar las características sensoriales (color, olor, sabor y aspecto).

3.6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL POR EL MÉTODO DEL DPPH

Una vez determinada la dosis efectiva de radiación UV-C en el néctar y bebida de naranjilla, se determinó la capacidad antioxidante del producto fresco y el producto almacenado por seis días tanto en muestras tratadas (irradiadas) como controles (pasteurizadas).

Para cuantificar la capacidad antioxidante se evaluó la reacción con el radical estable 2,2-difenil-1-picrihidracilo (DPPH*) en etanol según el procedimiento descrito por Brand-Williams y colaboradores (1995) midiendo

la absorbancia a 515 nm. Los análisis se realizaron por triplicado. Los resultados se reportaron en mmol trolox/ 100 ml muestra.

3.7. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de varianza ANOVA, usando un diseño experimental completamente al azar con un solo factor en el software Statgraphics Centurion XV, en donde se usó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) 5% de significancia. Las variables dependientes analizadas fueron: pH, acidez titulable, sólidos solubles, color (Hue, saturación y luminosidad).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO Y SELECCIÓN DEL TIEMPO DE ESCALDADO DE LA NARANJILLA

4.1.1. Rendimiento de la naranjilla en pulpa

El rendimiento promedio en pulpa fue de 61.56 ± 4.052 % (Tabla 7). Resultados similares (58.84 ± 3.12 %) se encontraron en ensayos realizados por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP (2009) en la naranjilla INIAP Quitoense-2009.

Tabla 7. Rendimiento de la naranjilla en pulpa

Ensayo	Naranjilla (kg)	Cáscara y semillas (kg)	Pulpa (kg)	% Rendimiento	Promedio (%)
1	18	7	11	61,11	61,56 ± 4.052
2	9	3,3	5,7	63,33	
3	9	3,5	5,5	61,11	
4	9	3	6	66,67	
5	9	4	5	55,56	

4.1.2. Selección del tiempo de escaldado

- 3 minutos de escaldado: el color de la pulpa se mantuvo en el verde característico, al pasar 20 minutos la pulpa se fue pardeando;
- 5 minutos de escaldado: la pulpa no se pardeó hasta el siguiente día, el color varió de un amarillo verdoso a un amarillo verdoso más claro como se puede observar en la Figura 20;
- 10 y 15 minutos de escaldado, el color cambió a un amarillo oscuro.

Se escogió 5 minutos de tiempo de escaldado para posteriores ensayos.



Figura 20. Pulpa de naranjilla en diferentes tiempos de escaldado

4.2. SELECCIÓN DE LA DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN UV-C.

Para seleccionar la dosis efectiva de radiación UV-C se realizó análisis físico-químicos y microbiológicos de los tres productos: pulpa, néctar y bebida de naranjilla.

4.2.1. EFECTO DE LA RADIACIÓN UV-C SOBRE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS PRODUCTOS

4.2.1.1. Efecto de la Radiación UV-C sobre el color

a. Color de la pulpa de naranjilla

Como se puede observar en la Figura 21, la luminosidad de la pulpa control escaldada fue de 17%, mientras que la muestra control pasteurizada con un 10% y las muestras irradiadas entre el 12-14%, presentaron menor luminosidad y a pesar de que existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras, tienen valores cercanos de luminosidad. El porcentaje de luminosidad obtenido indicó que el color de la

pulpa es oscuro, no es brillante y es poco luminoso debido a la presencia de sólidos solubles en suspensión.

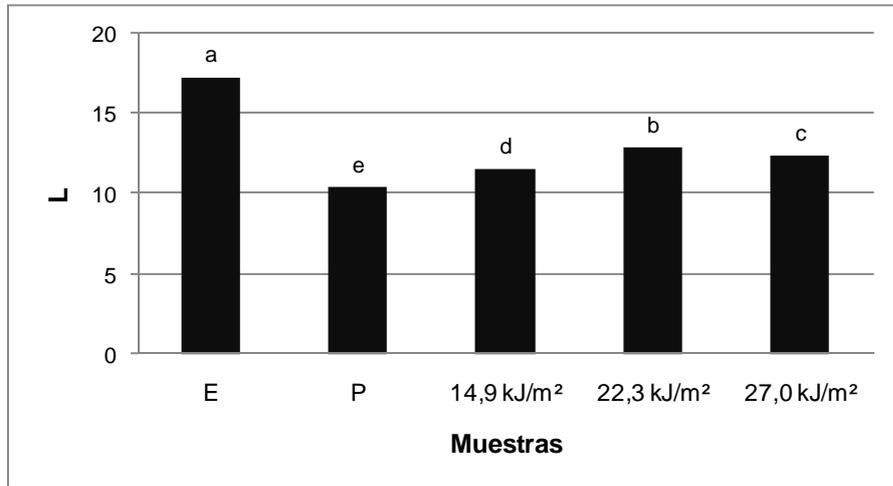


Figura 21. Luminosidad de la pulpa de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

El ° Hue de la pulpa está entre 73 y 76 °, como se puede apreciar en la Figura 22; el color está en el tono del amarillo verdoso oscuro. Al tratar la pulpa a diferentes dosis de radiación UV-C se observa que el ° Hue está alrededor de 74° al igual que la pulpa pasteurizada por lo tanto la radiación no afectaría el color del producto.

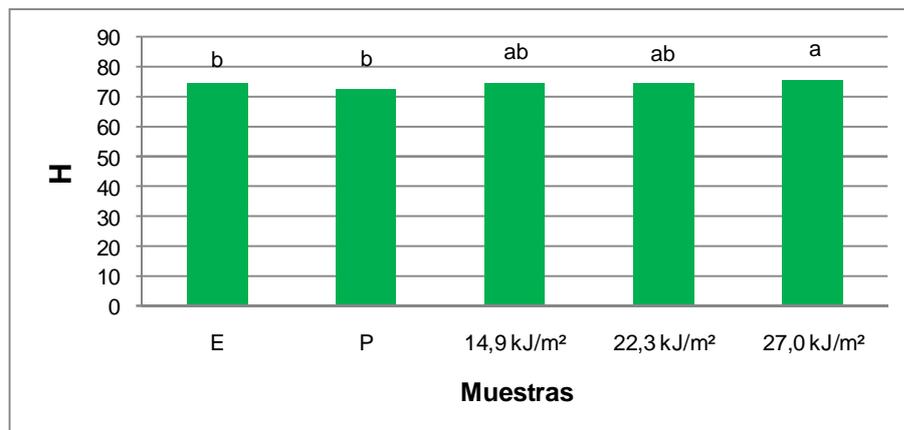


Figura 22. ° Hue de la pulpa de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Resultados similares fueron reportados por Jaramillo (2011) en pulpa obtuvo un ángulo Hue de 73.75 ± 0.37 (cuadrante del color amarillo y verde) y una saturación del 25.53 ± 0.42 .

En cuanto a la saturación estuvo entre el 26 y 34% como se aprecia en la Figura 23, lo que indica que el color verde amarillo es de tono oscuro.

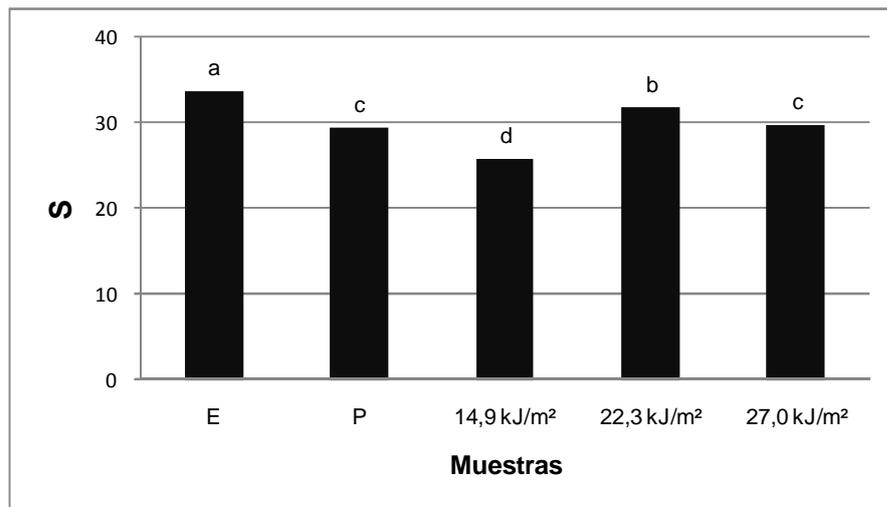


Figura 23. Saturación de la pulpa de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

b. Color del néctar de naranjilla

El néctar de naranjilla presentó una L entre 40 y 44% como se indica en la Figura 24, acercándose al 50% de una brillantez "normal" debido a que presenta menor cantidad de sólidos solubles.

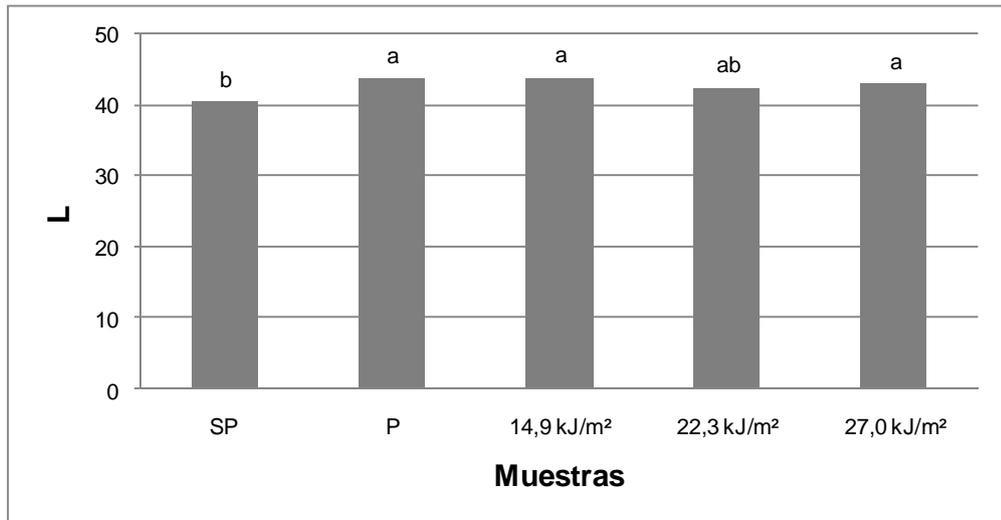


Figura 24. Luminosidad del néctar de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

El ángulo Hue de néctar control e irradiados se lo aprecia en la Figura 25, está entre 63 y 75 °, dentro del tono del amarillo claro o vívido. El néctar pasteurizado presentó un color amarillo más intenso.

Las muestras de néctar control e irradiados presentaron una saturación entre 61 – 69% como se muestra en la Figura 26, es decir, que el color es claro.

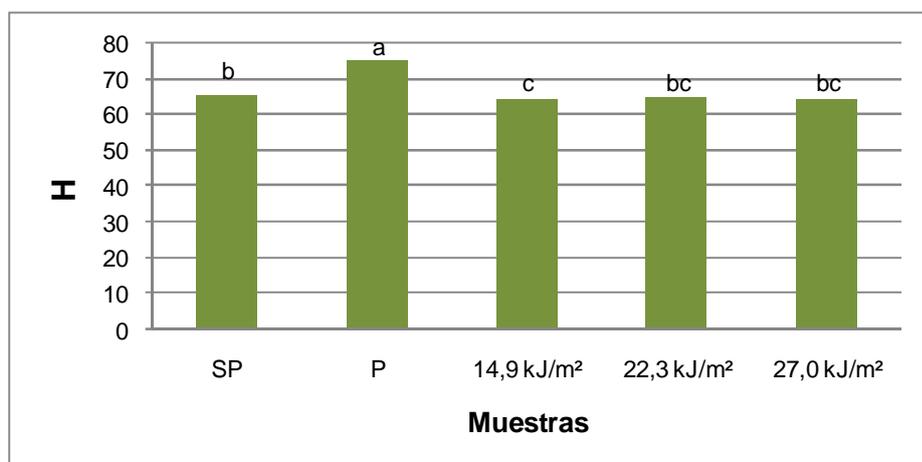


Figura 25. Ángulo Hue del néctar de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

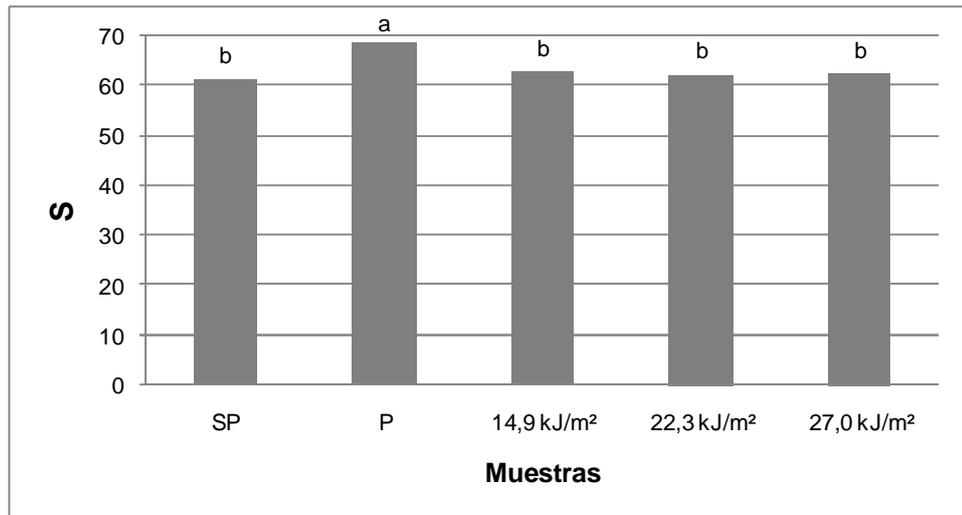


Figura 26. Saturación del néctar de naranjilla *

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

c. Color de la bebida de naranjilla

La bebida presentó una L de 47 – 48% como se aprecia en la Figura 27; tanto en las muestras de bebida control como en las irradiadas no hay diferencia significativa, la cantidad de luz o brillantez de los productos es “normal” debido a la poca cantidad de sólidos solubles.

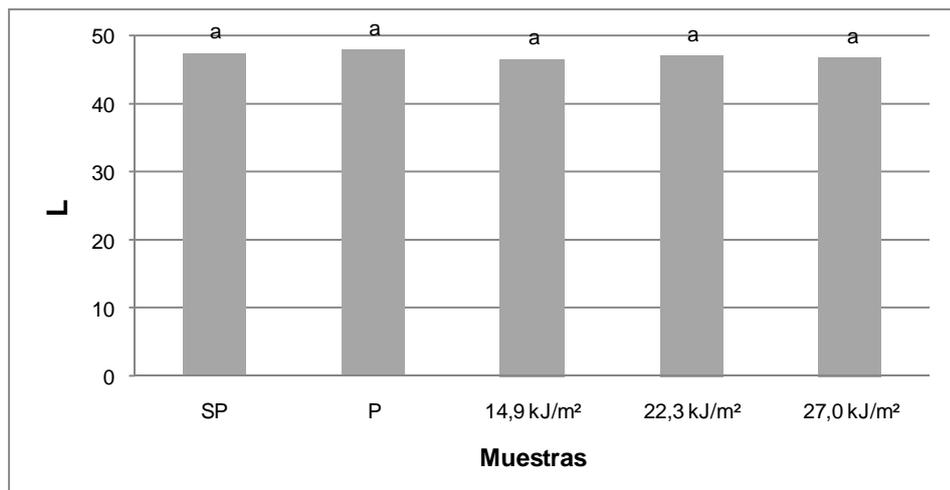


Figura 27. Luminosidad de la bebida de naranjilla *

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La bebida de naranjilla tuvo un ángulo Hue entre 49 - 51 ° como se observa en la Figura 28, está entre el tono del color amarillo oscuro.

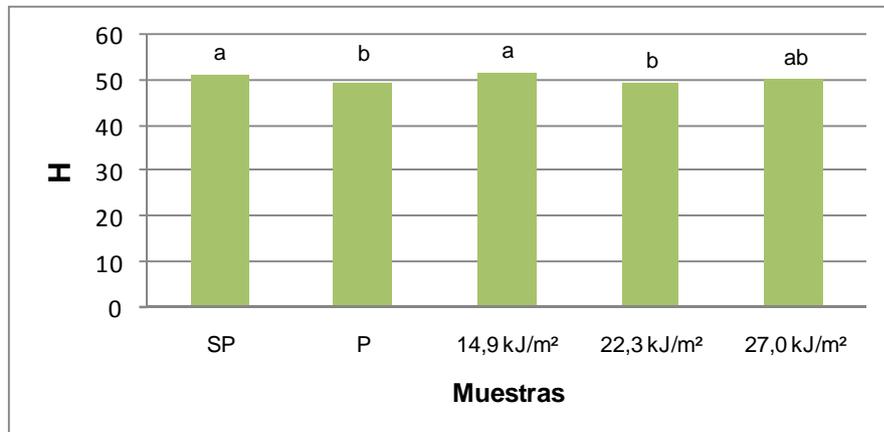


Figura 28. Ángulo Hue de la bebida de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La bebida presentó una saturación entre 21 – 25 % como se puede observar en la Figura 29, lo que indicó que el color no es puro y es oscuro. Las muestras irradiadas presentaron menor porcentaje de saturación del color.

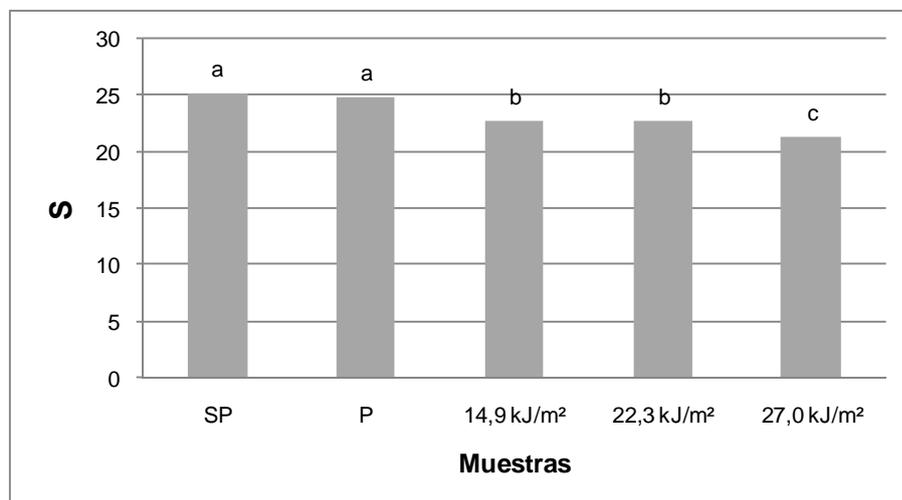


Figura 29. Saturación de la bebida de naranjilla*

* Letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

4.2.1.2. Efecto de la radiación UV-C sobre el pH

En la Tabla 8 se puede observar que los valores de pH de las muestras de pulpa de naranjilla control e irradiadas varían, a pesar de que existen diferencias estadísticamente significativas los valores están cercanos. La Norma Técnica Colombiana 5093 (2002) señala que independientemente del estado de madurez de la naranjilla el valor mínimo del pH es de 3.20, por lo tanto los valores obtenidos (3.51 – 3.64) son aceptables.

Tabla 8. pH de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla^{1,*}

Producto	CONTROL		IRRADIADAS		
	Sin Pasteurizar	Pasteurizada	14,9 kJ/m ²	22,3 kJ/m ²	27 kJ/m ²
Pulpa	3,54 ± 0,02 ^b	3,64 ± 0,01 ^a	3,51 ± 0,01 ^c	3,54 ± 0,02 ^b	3,52 ± 0,02 ^c
Néctar	3,59 ± 0,02 ^c	3,60 ± 0,01 ^c	3,65 ± 0,01 ^{ab}	3,66 ± 0,02 ^a	3,65 ± 0,01 ^b
Bebida	3,86 ± 0,01 ^b	3,86 ± 0,01 ^b	3,89 ± 0,01 ^a	3,89 ± 0,01 ^a	3,89 ± 0,01 ^a

¹ Valor promedio ± desviación estándar (n=9)

*Letras distintas en una misma fila denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La Norma INEN 2337:2008, establece que el pH de los néctares y bebidas de frutas debe ser menor a 4.5. El pH del néctar de naranjilla control e irradiado cumple con lo establecido en la Norma ya que fluctúa entre 3.59 y 3.65, como se lo aprecia en la Tabla 8.

La bebida de naranjilla control tuvo un pH de 3.86 mientras que las muestras irradiadas a diferentes dosis tuvieron un ligero aumento del pH (3.89), valores que están dentro de los establecido en la Norma INEN.

4.2.1.3. Efecto de la Radiación UV-C sobre los Sólidos Solubles

Los datos de sólidos solubles tanto de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Sólidos solubles de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla^{1,*}

Producto	CONTROL		IRRADIADAS		
	Sin Pasteurizar	Pasteurizada	14,9 kJ/m ²	22,3 kJ/m ²	27 kJ/m ²
Pulpa	9,00 ^b	9,50 ^a	9,00 ^b	9,00 ^b	9,00 ^b
Néctar	14,00 ^b	15,90 ^a	14,00 ^b	14,00 ^b	14,00 ^b
Bebida	14,00 ^b	15,50 ^a	14,00 ^b	14,00 ^b	14,00 ^b

¹ Valor promedio \pm desviación estándar (n=9)

*Letras distintas en una misma fila denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

El valor de los sólidos solubles de las muestras control (sin pasteurizar) y las irradiadas de pulpa de naranjilla fue de 9 ° Brix, mientras que la muestra de pulpa control (pasteurizada) tuvo 9.5 por la concentración de sólidos solubles, rango que está dentro de lo establecido en la Norma INEN 2337:2008, Tabla 1 que menciona que la pulpa de naranjilla debe tener un mínimo de 6 ° Brix.

De acuerdo al balance de masa realizado en los literales 3.2.2.1 y 3.2.3.1 para la elaboración del néctar y bebida de naranjilla se estableció que los sólidos solubles de los productos sea de 14, valor que se obtuvo en las muestras control e irradiadas. La muestra control pasteurizada presentó entre 15.5 y 15.9 °Brix debido a que en el tratamiento térmico se concentran los sólidos, por evaporación del agua.

4.2.1.4. Efecto de la Radiación UV-C sobre la Acidez Titulable

En la Tabla 10, se presenta los datos obtenidos de acidez titulable expresados en % de ácido cítrico, de los tres productos: pulpa, néctar y bebida de naranjilla.

Tabla 10. Acidez titulable en % de ácido cítrico de los productos^{1,*}

Producto	CONTROL			IRRADIADAS		
	Sin Pasteurizar	Pasteurizada	14,9 kJ/m ²	22,3 kJ/m ²	27 kJ/m ²	
Pulpa	2,69 ± 0,36 ^a	2,67 ± 0,05 ^a	2,36 ± 0,05 ^b	2,61 ± 0,04 ^a	2,27 ± 0,11 ^b	
Néctar	1,12 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,04 ^b	0,86 ± 0,02 ^d	0,91 ± 0,02 ^c	0,82 ± 0,02 ^e	
Bebida	0,39 ± 0,02 ^a	0,39 ± 0,02 ^a	0,38 ± 0,05 ^a	0,39 ± 0,04 ^a	0,38 ± 0,04 ^a	

¹ Valor promedio ± desviación estándar (n=9)

* Letras distintas en una misma fila denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La pulpa de naranjilla tuvo una acidez entre 2.36 – 2.69 expresado en porcentaje de ácido cítrico. Revelo y colaboradores (2010) menciona que la naranjilla INIAP-Quitoense 2009 tiene una acidez menor al 3%. Según la Norma Técnica Colombiana (NTC 5093:2002) el porcentaje de ácido cítrico independientemente del estado de madurez de la naranjilla no debe ser mayor al 3.23%. El porcentaje de ácido cítrico obtenido cumple con lo establecido por los dos autores mencionados.

En la Norma INEN 2337:2008, Tabla 2, establece que la cantidad de jugo de frutas con elevada acidez, para la elaboración de néctar debe dar una acidez debe ser la cantidad suficiente para alcanzar una acidez mínima de 0.5 %. La acidez del néctar de naranjilla si cumple con lo estipulado en la Norma, ya que los valores de acidez se encuentran entre 0.82 y 1.12 % de ácido cítrico.

La bebida de naranjilla presentó una acidez entre 0.38 y 0.39 por tener en su formulación 10% de pulpa de naranjilla.

Los valores de los parámetros físico-químicos de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla no varían considerablemente por la aplicación de radiación UV-C, lo que concuerda con estudios realizados por Ramírez (2008) en néctar de mango tratado con ultrasonido de baja frecuencia y/o radiación ultravioleta de onda corta determinan que los parámetros físico-químicos: pH, sólidos solubles y acidez titulable no se vieron afectados en gran

medida, por lo que se puede considerar a éstos tratamientos como una buena opción que conserva las propiedades físicas de los productos.

4.2.1.5. Efecto de la Radiación UV-C sobre Análisis Microbiológicos

- **Mohos y Levaduras**

En la Figura 30 se evidencian los resultados del crecimiento de mohos y levaduras en la pulpa, néctar y bebida de naranjilla en UP/cm³, mientras que en la Figura 31 se muestra el crecimiento en log (UP/cm³) de mohos y levaduras de los productos.

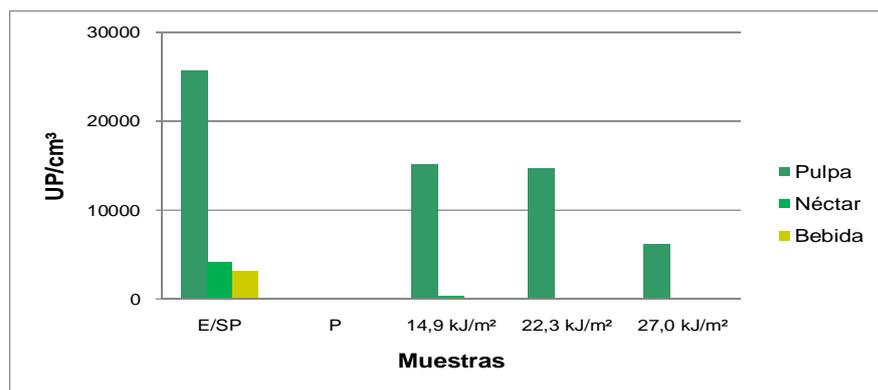


Figura 30. Crecimiento de mohos y levaduras en pulpa, néctar y bebida de naranjilla.

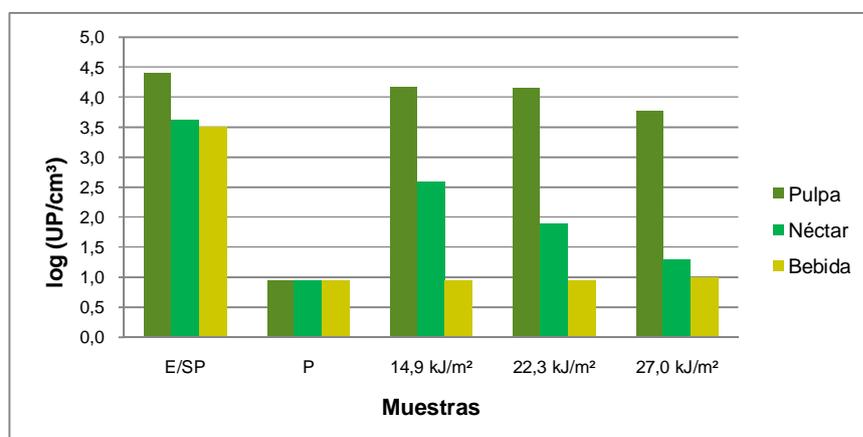


Figura 31. Crecimiento de mohos y levaduras de los productos en log (UP/cm³)

En la pulpa de naranjilla tanto en muestras control: escaldada, como en muestras irradiadas, se evidenció un crecimiento excesivo de mohos y levaduras mayor a 150 UP/cm^3 , es decir 4 log, como se puede apreciar en el Anexo III. En la Norma INEN 2337:2008 se establece que el recuento de mohos y levaduras debe ser $<10 \text{ UP/cm}^3$ equivalente a 0.95 log. Por lo tanto las muestras no cumplen con lo establecido en la Norma INEN.

Ibarz (s.f.), Guerrero y Barbosa (2004) mencionan que la penetración de la luz UV depende del tipo de líquido, ya que la radiación UV-C sólo penetra a una profundidad muy pequeña en la superficie de líquidos que no sean agua, además depende de los sólidos solubles y de la materia en suspensión que contengan. Cuanto mayor sea el contenido de sólidos solubles menor será el poder de penetración, por esta razón en la pulpa la radiación UV-C no generó disminución de la flora microbiana.

Por otro lado, en la muestra control sin pasteurizar del néctar de naranjilla se evidenció un crecimiento de 3.62 log o $4.20 \times 10^3 \text{ UP/cm}^3$; al tratar el néctar con una dosis de 24.9 kJ/m^2 el crecimiento de mohos y levaduras se redujo en 1.72 log ó a $8.00 \times 10 \text{ UP/cm}^3$ y con la dosis de 27 kJ/m^2 se redujo en 2.32 log asemejándose al control pasteurizado y cumpliendo con el requerimiento de $<10 \text{ UP/cm}^3$ de la Norma INEN 2337:2008.

La dosis de 27 kJ/m^2 fue elegida para realizar el análisis de estabilidad en el néctar de naranjilla, por tener $2 \times 10 \text{ UP/cm}^3$ o 1.30 log de mohos y levaduras. En el Anexo III se observa el crecimiento de mohos y levaduras del producto.

En las muestras de bebida de naranjilla tratadas con las dosis de 14.9, 22.3 y 27 kJ/m^2 se redujo el crecimiento de mohos y levaduras de 3.51 log o $3.20 \times 10^3 \text{ UP/cm}^3$ de la muestra control sin pasteurizar a $<10 \text{ UP/cm}^3$ al igual que la muestra control pasteurizada, cumpliendo con lo establecido en la NTE 2337:2008. En el Anexo III se aprecia el crecimiento de mohos y levaduras en la bebida sin pasteurizar.

Para el análisis de estabilidad de la bebida de naranjilla la dosis seleccionada fue la de 14.9 kJ/m² en función del tiempo y gasto de energía.

Estudios realizados por Keyser, Müller, Cillers, Nel y Gouws (2008) en jugo de manzana, jugo de guayaba y piña, néctar de mango, néctar de fresa y naranja y jugos tropicales determinaron que al tratarlos con lámparas germicidas de 240 nm, flujo turbulento y tratados con dosis entre 230 y 2 066 (JL⁻¹) disminuye el crecimiento microbiano de mohos y levaduras.

Guevara, Tapia y Guerrero-López (2011) realizaron estudios microbiológicos sobre néctar de guayaba y maracuyá, determinando que a dosis de 24 y 11 J/ml respectivamente y con 253.7 nm, se redujo 0.51 y 1.36 log (UFC/ml) de aerobios mesófilos, respectivamente y 0.53 log de mohos y levaduras en el néctar de guayaba.

- **Recuento total de aerobios mesófilos**

En la pulpa de naranjilla se evidenció el crecimiento de 10 UFC/cm³ en las muestras irradiadas a las diferentes dosis.

Tanto en el néctar como en la bebida de naranjilla no se evidenció crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en ninguna de las dosis a las que fueron expuestos los productos, así como también en los controles: pasteurizado y sin pasteurizar.

Se ha reportado que al tratar zumo de naranja con radiación UV-C reduce el crecimiento del recuento en placa de aerobios, mohos y levaduras (Thi & Farid, 2004).

- **Coliformes y Coliformes fecales**

No se evidenció crecimiento de bacterias coliformes y coliformes fecales tanto en las muestras control (escaldadas/sin pasteurizar y pasteurizada) como en las muestras irradiadas.

4.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

4.3.1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.3.1.1. Color del néctar y bebida de naranjilla

La luminosidad (L) del néctar con dosis de 27 kJ/m² es de 50 %, mayor que la luminosidad del néctar pasteurizado de 46%, como se muestra en la Figura 32. Durante el almacenamiento no se evidencia cambio de color, es decir, el color no aclaró ni se oscureció. Ibarz y colaboradores (2005) reportaron que la luminosidad en zumos de manzana, melocotón y limón aumenta en comparación con la L de zumos pasteurizados, concluyendo que la radiación UV-C evita el pardeamiento de zumos.

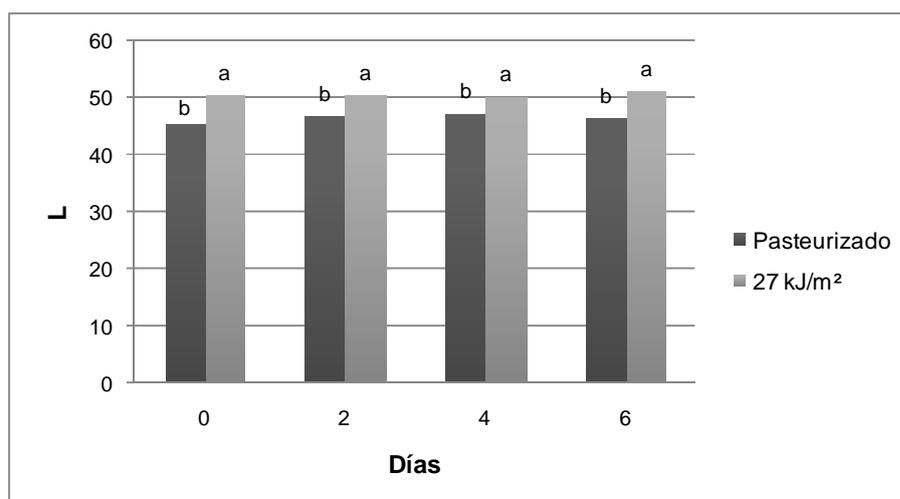


Figura 32. Luminosidad del néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m²
* Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa (p<0.05).

El color del néctar pasteurizado es un tono amarillo verdoso claro ya que al someterlo al tratamiento térmico se intensifica el color, el ángulo Hue, de la Figura 33 está entre 72 – 74 °. Mientras que el ángulo Hue del néctar irradiado a 27 kJ/m² está entre 64 – 67 ° de color amarillo.

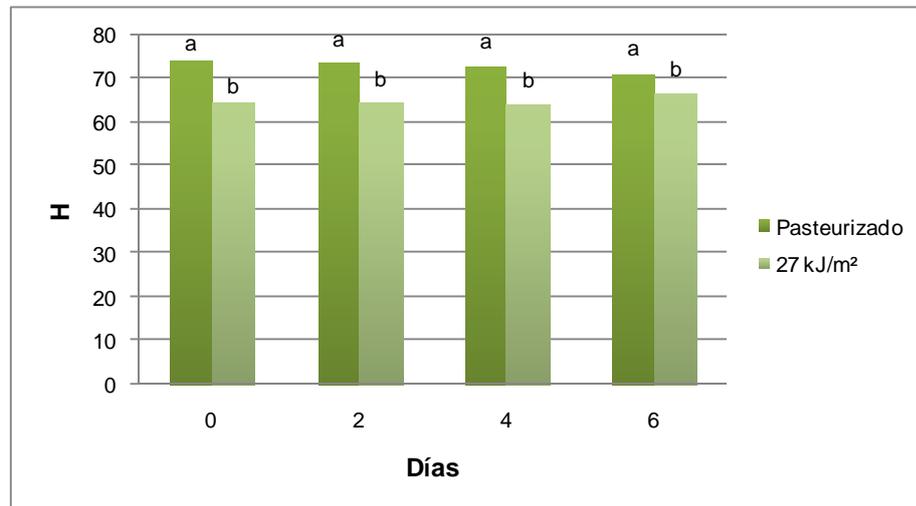


Figura 33. Ángulo Hue de néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m²

* Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La saturación del néctar pasteurizado e irradiado está entre el 62- 65%, lo que indica que el color de las muestras es intenso. Durante el almacenamiento se evidenció una pequeña disminución de la intensidad del color del néctar pasteurizado, mientras que el irradiado aumento en un 1% su intensidad de color, observándose que al cuarto y sexto día las dos muestras tienen la misma saturación de 65%, como se puede evidenciar en la Figura 34.

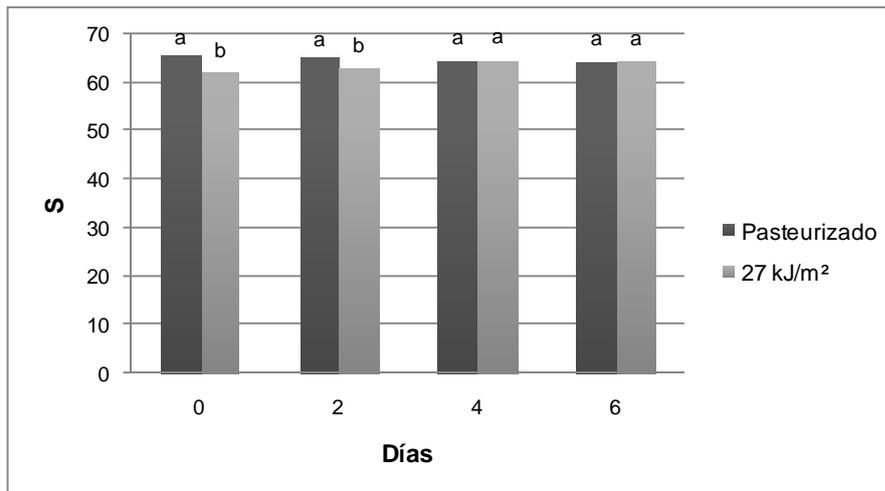


Figura 34. Saturación de néctar pasteurizado e irradiado a 27 kJ/m²
 * Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

En la bebida no hubo diferencias estadísticamente significativas en la luminosidad entre la muestra pasteurizada y la muestra irradiada a 14.9 kJ/m² durante el almacenamiento (Figura 34). La luminosidad de las dos muestras fue aproximadamente del 45%, lo que indica que el color no es tan claro.

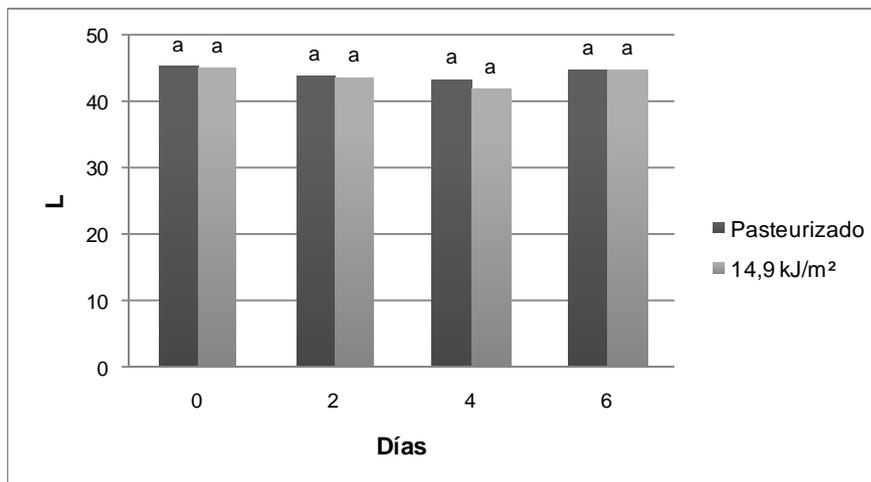


Figura 35. Luminosidad de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m²
 * Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La bebida pasteurizada presentó un ángulo Hue más alto (57°), manteniendo su tono de color amarillo oscuro en los días de almacenamiento; mientras

que la bebida tratada a dosis de 14.9 kJ/m² (54°), su ángulo aumentó hasta los 57° durante el almacenamiento, como se puede apreciar en la Figura 36.

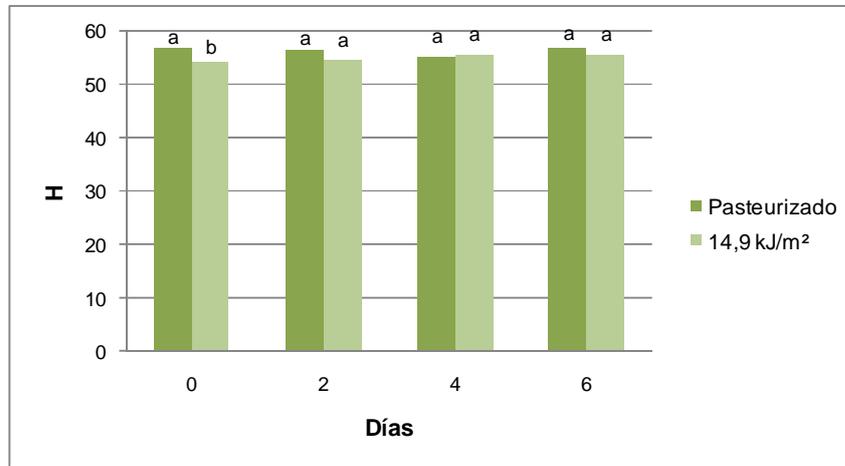


Figura 36. Ángulo Hue de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m²
 * Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa (p<0.05).

La saturación de la bebida pasteurizada es del 26%, durante el almacenamiento baja en un 1%. La bebida irradiada presenta una S de 25% como se observa en la Figura 37, manteniéndose constante durante el almacenamiento y al igual que la pasteurizada, el valor indica que no es un color puro.

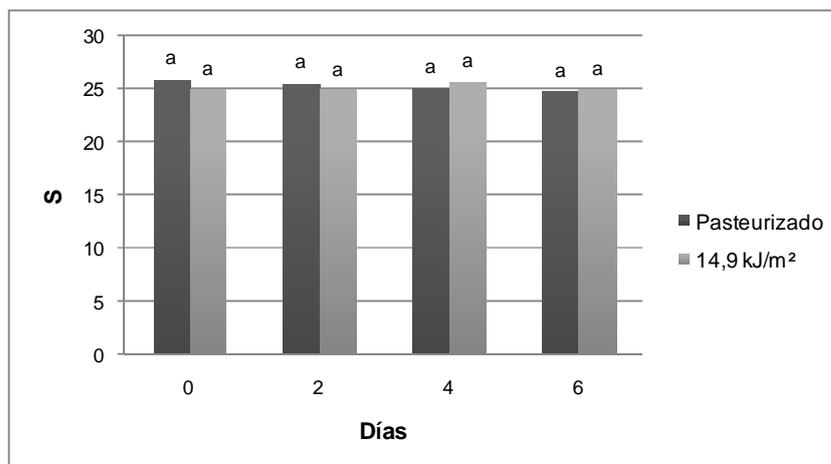


Figura 37. Saturación de la bebida pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m²
 * Para un mismo día de análisis, letras distintas denotan diferencias estadísticamente significativa (p<0.05).

4.3.1.2. pH, sólidos solubles y acidez titulable del néctar y bebida de naranjilla

- pH

En la Tabla 11 se muestra los resultados del pH del néctar y bebida de naranjilla pasteurizada y con la dosis seleccionada respectivamente.

Tabla 11. pH del néctar y bebida de naranjilla con la dosis seleccionada^{1,*}

Días	Néctar				Bebida			
	Pasteurizada		27 kJ/m-2		Pasteurizada		14,9 kJ/m-2	
0	3,33	± 0,02 ^a	3,34	± 0,02 ^a	3,61	± 0,02 ^a	3,66	± 0,02 ^a
2	3,34	± 0,02 ^a	3,36	± 0,01 ^a	3,64	± 0,02 ^b	3,54	± 0,01 ^a
4	3,36	± 0,01 ^b	3,44	± 0,01 ^a	3,65	± 0,01 ^a	3,70	± 0,01 ^a
6	3,38	± 0,01 ^b	3,47	± 0,01 ^a	3,70	± 0,01 ^b	3,81	± 0,02 ^a

¹ Valor promedio ± desviación estándar (n=2)

* Letras distintas en una misma fila denotan diferencias estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Durante el almacenamiento, el comportamiento del pH del néctar de naranjilla tanto en la muestra control (pasteurizada) como en la irradiada (27 kJ/m²) es diferente y poco uniforme, sin embargo se aprecia que las variaciones no son considerables a pesar que existen diferencias estadísticamente significativas. Se observa un ligero incremento del pH de 3.34 del néctar de naranjilla irradiado a 3.47 al igual que en el néctar pasteurizado el pH aumenta de 3.33 a 3.38. El valor de pH de las dos muestras está por debajo de 4.5 como lo establece la Norma INEN.

El comportamiento del pH de la bebida de naranjilla irradiada a 14.9 kJ/m² al igual que la bebida pasteurizada, es diferente y las variaciones no son muy considerables a pesar de que existe un ligero aumento del pH de la bebida irradiada de 3.66 a 3.81 y de la pasteurizada aumenta de 3.61 a 3.70.

Vanaclochoa (2003) menciona que el aumento del pH puede ser provocado por el metabolismo de las levaduras cuyo crecimiento se evidencia a partir del cuarto día de almacenamiento.

- **Sólidos solubles**

Los resultados de sólidos solubles (⁰Brix) del néctar y bebida de naranjilla pasteurizada e irradiada con la dosis seleccionada, se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Sólidos solubles del néctar y bebida de naranjilla pasteurizada e irradiada^{1,*}

Días	Néctar		Bebida	
	Pasteurizada	27 kJ/m ²	Pasteurizada	14,9 kJ/m ²
0	14,50 ^a	14,00 ^b	14,80 ^a	14,00 ^b
2	14,50 ^a	14,00 ^b	14,80 ^a	14,00 ^b
4	14,50 ^a	14,00 ^b	14,80 ^a	14,00 ^b
6	14,50 ^a	14,00 ^b	14,80 ^a	14,00 ^b

¹ Valor promedio ± desviación estándar (n=2)

* Letras distintas en una misma fila denotan diferencia estadísticamente significativa (p<0.05).

Los sólidos solubles tanto del néctar como de la bebida irradiada y pasteurizada se mantienen constantes durante el almacenamiento.

- **Acidez Titulable**

Los resultados de la Tabla 13 indican la acidez expresada en % de ácido cítrico del néctar y bebida de naranjilla pasteurizado e irradiado con la dosis seleccionada.

Tabla 13. Acidez Titulable (% ácido cítrico) del néctar y bebida de naranjilla^{1,*}

Días	Néctar			Bebida		
	Pasteurizada	27 kJ/m ²		Pasteurizada	14,9 kJ/m ²	
0	0,55 ± 0,01 ^a	0,58 ± 0,02 ^a		0,20 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,01 ^a	
2	0,55 ± 0,01 ^a	0,56 ± 0,00 ^a		0,19 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,00 ^a	
4	0,51 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,01 ^a		0,22 ± 0,02 ^a	0,20 ± 0,00 ^a	
6	0,51 ± 0,00 ^b	0,54 ± 0,00 ^a		0,20 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,01 ^a	

¹ Valor promedio ± desviación estándar (n=2)

* Letras distintas en una misma fila denotan diferencias estadísticamente significativa (p<0.05).

La acidez del néctar pasteurizado e irradiado no presenta diferencias significativas y es mayor al 0.5% como lo establece la NTE 2337:2008, el porcentaje de ácido cítrico de la bebida de naranjilla no se ve afectado al ser irradiada.

4.3.1.3. Análisis Microbiológicos del néctar y bebida de naranjilla

Al cuarto día de almacenamiento se evidenció crecimiento de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en los productos irradiados. El néctar tuvo un crecimiento de 10 UP/cm³ ó 1.3 ciclos logarítmicos de levaduras, mientras que en la bebida hubo 20 UP/cm³ que es igual a 1 ciclo logarítmico. El crecimiento de aerobios mesófilos en el néctar fue de 40 UFC/cm³ y en la bebida de 30 UFC/cm³.

Debido a éste crecimiento se determinó que la vida útil o anaquel tanto del néctar como de la bebida irradiada es de dos días, debido a que en la Norma INEN 2337:2008, tabla 4 establece que los productos pasteurizados no debe haber desarrollo de microorganismos.

Por otro lado, la FDA menciona que el requerimiento para alimentos líquidos es de 5-log de reducción de la carga microbiana. Acogiéndose al requerimiento de la FDA el néctar y bebida de naranjilla estarían dentro de éste parámetro a los 6 días de almacenamiento.

Estudios realizados por López (2003) en jugo de sandía aplicando radiación ultravioleta de onda corta por 14 minutos o una dosis de 111 J/m² (0.111 kJ/m²), determinó que el jugo tuvo una vida útil de cuatro días, tomando en cuenta que se trabajo con un equipo con flujo turbulento con una velocidad de flujo de 0.301 m/s.

Mientras que la vida útil del néctar y bebida pasteurizado fue de 6 días debido a que en el octavo día se evidenció el crecimiento de 10 UP/cm³ de

levaduras, no se evidenció crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos.

4.3.1.4. Análisis Sensorial

Las características sensoriales (color, olor, sabor y aspecto) analizadas por LABOLAB no se vieron afectadas tanto en el néctar de naranjilla tratado con la dosis de radiación UV-C de 27 kJ/m² como en la bebida tratada con 14.9 kJ/m², los dos productos mantuvieron sus características sensoriales durante el periodo de almacenamiento como se puede apreciar en el Anexo II y las Tablas 14 y 15.

Tabla 14. Características sensoriales del néctar de naranjilla irradiado

Característica	Período de almacenamiento	
	Inicio	Final
Color	Amarillo	Amarillo
Olor	Característico	Característico
Sabor	Característico	Característico
Aspecto	Líquido	Líquido

Tabla 15. Características sensoriales de la bebida de naranjilla irradiada

Característica	Período de almacenamiento	
	Inicio	Final
Color	Amarillo	Amarillo
Olor	Característico	Característico
Sabor	Característico	Característico
Aspecto	Líquido	Líquido

4.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DE LOS PRODUCTOS

Al realizar la cinética con 1000 uL de DPPH* y 100 uL de extracto, se determinó que la reacción duró 1 hora en decolorarse el DPPH* y obtener la absorbancia deseada.

Una vez obtenida la curva de calibración con el Trolox, como se observa en la Figura 38, se calculó la pendiente de la recta, como se muestra en el Anexo IV, para obtener los resultados de capacidad antioxidante en mmol trolox/100 ml de las muestras de néctar y bebida irradiadas. Para las muestras pasteurizadas se obtuvo una segunda curva de calibración, como se muestra en la Figura 39.

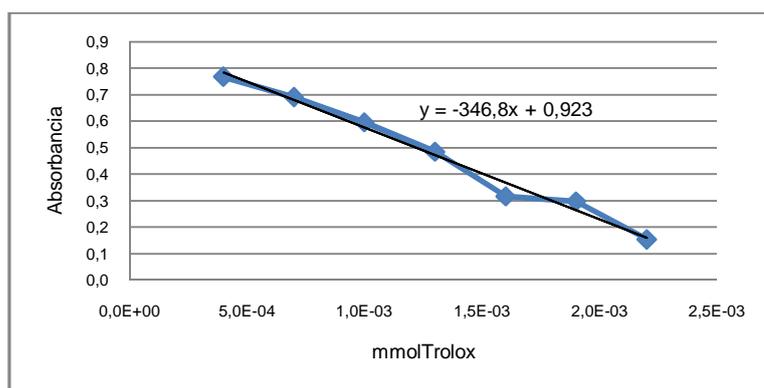


Figura 38. Curva de calibración para néctar y bebida de naranjilla irradiados

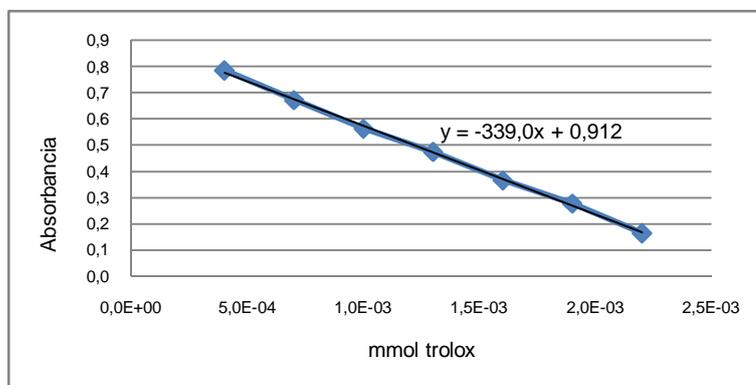


Figura 39. Curva de calibración para néctar y bebida pasteurizadas.

En la Figura 40, se observa la capacidad antioxidante total de la bebida de naranjilla pasteurizada e irradiada a 14.9 kJ/m^2 . Al realizar el análisis estadístico se observó que no hay diferencias mínimas significativas entre la bebida pasteurizada y la irradiada en la capacidad antioxidante.

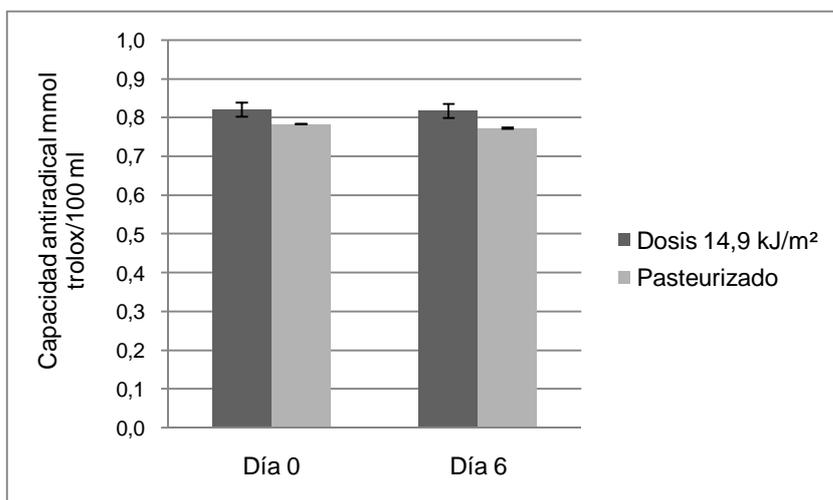


Figura 40. Capacidad antirradical mmol trolox/100 ml de bebida de naranjilla

Para el néctar de naranjilla irradiado a 27 kJ/m^2 y pasteurizado, la capacidad antioxidante total se muestra en la Figura 41.

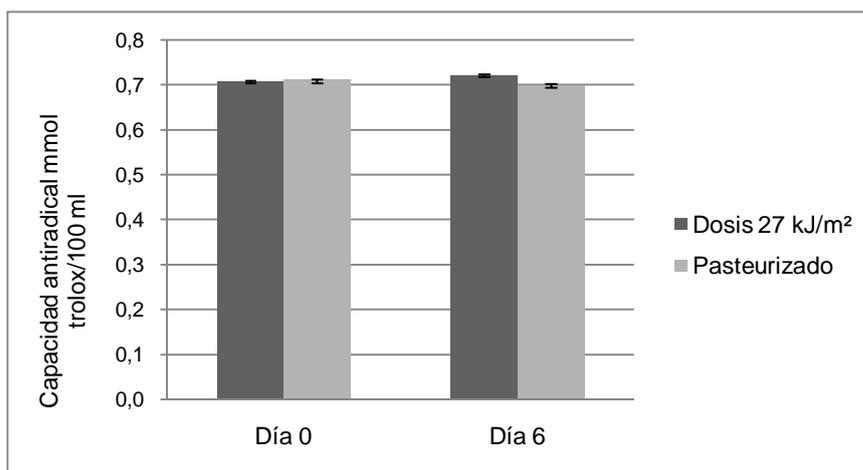


Figura 41. Capacidad antirradical mmol trolox/100 ml néctar de naranjilla

La capacidad antioxidante total tanto del néctar y bebida de naranjilla pasteurizados disminuye durante el almacenamiento. Estudios realizados por Acevedo, Montiel y Avanza (s.f.) en jugos de pomelo, naranja y mandarina pasteurizados a 70, 80 y 90 °C por no más de 180 min demostraron que la capacidad antioxidante total disminuye por el tratamiento.

No existen estudios de la naranjilla tratada con radiación UV-C y su efecto sobre la capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante al sexto día de almacenamiento de la bebida de naranjilla es ligeramente menor que el día cero, pero no disminuye como en la bebida pasteurizada. En el néctar se observa un ligero incremento en el día 6 por tener mayor concentración de pulpa en su formulación. Estudios realizados por González -Aguilar, et al (s.f.) en mango fresco cortado e irradiado por 10 minutos demostraron que la capacidad antioxidante total aumentó.

Jordán (2008) menciona que la capacidad antioxidante de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), fruta fresca en estado de madurez 5 (como se puede observar en la Figura 9), es de 0.36 ± 0.01 mmol trolox/100g; los valores obtenidos entre 0.7 y 0.8 ± 0.01 en el néctar y bebida de naranjilla son aceptables debido a que en su formulación hubo 25 % y 10 % de pulpa respectivamente.

La naranjilla es una de las frutas con menor capacidad antioxidante. Como una referencia se puede indicar que una fruta con mayor capacidad antioxidante es el plátano con un valor de 10.2 mmol trolox/100g y con menor capacidad antioxidante el pepino con 0.188 ± 0.5 mmol trolox/100g (Vasco, Ruales, & Kamal-Eldin, 2008). Además en estudios realizados por Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho y Roseane (2005) en frutas como el mango (1.32 ± 0.03 mmol trolox/100g) y maracuyá (0.27 ± 0.01 mmol trolox/100g), demuestran lo antes mencionado.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La radiación UV-C no redujo la carga microbiana sobre pulpa, debido a su alta concentración de sólidos solubles.
- Los parámetros físico-químicos: pH, sólidos solubles y acidez titulable de la pulpa, néctar y bebida de naranjilla no cambiaron significativamente al tratarlos con las diferentes dosis de radiación UV-C.
- La luminosidad de los productos irradiados aumentó en comparación con los pasteurizados, lo que indica que ésta tecnología redujo el pardeamiento.
- Para la bebida de naranjilla se seleccionó la dosis de radiación UV-C de 14.9 kJ/m^2 porque el tiempo de exposición fue menor y no hubo crecimiento de microorganismos.
- Para el néctar de naranjilla, un producto con mayor cantidad de sólidos solubles en suspensión, se seleccionó la dosis de radiación UV-C de 27 kJ/m^2 . Con esta dosis no se evidenció crecimiento de microorganismos.
- El tratamiento con radiación UV-C no alteró las características sensoriales: sabor, color, olor y aspecto; al igual que la capacidad antioxidante total del néctar y bebida de naranjilla.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar el tratamiento con radiación UV-C usando flujo turbulento con la finalidad de tener mejores resultados en la inactivación de los microorganismos en néctar y bebida de naranjilla.
- Realizar ensayos sobre los productos agregando conservantes, como el sorbato de potasio, para determinar si junto a la radiación aumenta el tiempo de vida útil.
- Estudiar los factores que favorecen la foto-reactivación de los microorganismos en presencia de luz.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 3M. (2010). 3M Placas Petrifilm™ para el Recuento de Aerobios, *Productos Microbiológicos de 3M*. USA.
- AACUE. (2006). Jugos de Frutas y Bebidas. from <http://www.aacue.go.cr>
- Abril, L., Enriquez, J., & Vásconez, C. (2004). "Conservación de la pulpa de uvilla (*Phisalis Peruviana*) por métodos combinados. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 13, 98.
- Acosta, Ó., Pérez, A. M., & Vaillant, F. (2009). Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. [Artículo]. *Caracterización química, propiedades antioxidantes y constituyentes volátiles de naranjilla (Solanum quitoense Lam.) cultivada en Costa Rica.*, 59(1), 88-94.
- Alvarado, D. (2000). *Cartilla básica del manejo de naranjilla*
- Amores, F. (1992). *Clima, suelos nutrición y fertilización de cultivos del litoral Quevedo, Ecuador*. (INIAP) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
- Anónimo. (2009). Tecnología Ultravioleta. Retrieved 2011-03-02, from <http://uvcpblog.wordpress.com/>
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists International* (Dr. William Norwitz ed. Vol. 17): Gaithersburg, Maryland.

- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists International* (18th ed.). USA.
- Aquamarket. (2010). Desinfección sin químicos con luz ultravioleta. Retrieved 2010-09-19, from <http://www.aquamarket.com/>
- Bastidas, A., & Hurtado, P. (2011). Escaldado. 9. Retrieved from <http://es.scribd.com/doc/56410111/ESCALDADO>
- Brand-Williams, Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology*, 28(1), 25-30.
- Cálix, R. G., & Duarte, O. (2007). *Cultivos de diversificación para pequeños productores de frijol y maíz en América Central: Naranja (Lulo) y Cocona. Guía práctica de manejo agronómico, cosecha, poscosecha y procesamiento de naranja* IICA/Proyecto Red SICTA/UNA/COSUDE
- Carrillo, A. L. V. (2008). *Estudio de Prefactibilidad para la instalación de una planta productora de jugos clarificados y jugos clarificados concentrados de mora, tomate de árbol y naranja, utilizando la tecnología de membranas*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Cervato, G., Carabelli, M., Gervasio, S., Cittera, A., Cazzola, R., & Cestaro, B. (2000). *Antioxidant Properties of Oregano (Origanum Vulgare)*. Universidad de Milano, Italia.
- CONCOPE. (2011, 2011-02-12). Cultivos no tradicionales-Naranja. from www.concope.gov.ec/...Agro/.../index_naranja.htm

CONVENIN. (1995). Jugos y Néctares. Características Generales, *Norma Venezolana COVENIN 1030:1995*.

Cuidadano, E. (2009). INIAP QUITOENSE-2009 variedad de naranjilla de jugo con gran aceptación por parte de los productores. *El Ciudadano*. Retrieved from www.elciudadano.gob.ec

ECORAE. (2001). *Compendio de recomendaciones tecnológicas para los principales cultivos de la amazonia ecuatoriana*. Quito.

FAO. (2006). Fichas Técnicas/Lulo (*Solanum quitoense*). Retrieved from <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pfrescos/LULO.HTM>

FDA. (2000, 2010-05-10). FDA approves the use of ultraviolet radiation for juice. *Food safety initiative. Center for food safety and applied nutrition*. Retrieved 2010-10-10, from <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/iftuv.html>

Fiallos, J. (2000). *Naranjilla. INIAP – Palora. Híbrido interespecífico de alto rendimiento*. Palora-Ecuador: Boletín Divulgativo 276.

Franco, E. M. (2006). Actividad antioxidante <<in vitro>> de las bebidas de frutas.

González-Aguilar, Villegas-Ochoa, Cruz-Valenzuela, Vásquez, & Ayala-Zavala. (s.f.). *Irradiación (UV-C) en mango fresco cortado y su efecto en la capacidad antioxidante*. Mexico: Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal.

- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). Advantages and Limitations on Processing Food by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 0137-0111.
- Guevara, M., Tapia, M. S., & López, V. M. G. (2011). Microbial inactivation and quality of guava and passion fruit nectars treated by UV-C light. *Food Bioprocess Technology*, 1-5.
- Hamada, J. T., & Ramírez, P. D. (2006). LA NARANJILLA. [Artículo]. *Agro Enfoque*, 21(152), 8-10.
- Heiser, C. (1993). The naranjilla (*Solanum quitoense*) the cocona (*Solanum sessiliflorum*) and their hybrid *Gene Conservation and Exploitation* (Gustafson J.P. et.al. ed., pp. 29-34): Plenum press. New York.
- Heiser, C., & Anderson, G. (1999). "New" Solanums. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on new crops and new uses* (pp. 379-384). ASHS press, Alejandría, VA.
- HYFOMA. (2001). Jugo de Frutas. *Higienic Manufacturing of Food*, from <http://www.hyfoma.com/es/contenido/clasificaciones/bebidas/jugo-de-frutas/#>
- Ibarz, A. (s.f.). Tratamientos de Fluidos Alimentarios con Radiación UV. *Departamento de Tecnología de Alimentos . Universidad de Lleida (España)*.
- Ibarz, A., Pagán, J., Panadés, R., & Garza, S. (2005). Photochemical destruction of color compounds in fruit juices. *Food Engineering*, 69(2), 155-160.

- ICTA. (2009). Obtención de néctares de frutas. from Universidad Nacional de Colombia:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/html/contenido.html>
- IICA. (2007). *Guía Práctica para la Exportación a EEUU Naranja*. Nicaragua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua.
- INEN. (2008). Jugos, Pulpas, Concentrados, Néctares, Bebidas de Frutas y Vegetales. Requisitos, *NTE INEN 2337:2008*.
- INEN. (2009). Frutas Frescas. Naranja. Requisitos, *NTE INEN 2303*.
- INIAP-DNC-EESC. (2009). *Características de la naranja INIAP Quitoense-2009*. Quito: INIAP.
- INIAP. (2005). Características químicas de los frutos de naranja *Laboratorio de Nutrición*. Estación Experimental Santa Catalina.
- INIAP. (2009). *INIAP Quitoense-2009 NARANJA de jugo (Solanum quitoense Lam.) injerta en patrones de solanaceas silvestres resistentes a Fusarium oxysporum y a Meloidogyne incognita* (Boletín Divulgativo 354). Quito, Ecuador.
- Jaramillo, A. P. L. (2011). *Determinación de las características físicoquímicas y estudio de los índices de calidad en el comportamiento postcosecha en clones élite provenientes de cruzamientos de naranja, en la provincia de Pastaza*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

- Jordán, M. M. (2008). *"Evaluación Técnica-Financiera de la Industrialización del Jugo Clarificado de Naranjilla (Solanum quitoense Lam) obtenido mediante microfiltración tangencial"*. Universidad Politécnica Nacional, Quito.
- Keyser, M., Müller, I. A., Cillers, F. P., Nel, W., & Gouws, P. A. (2008). Ultraviolet radiation as non-thermal treatment for inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovate Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 348-354.
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J., & Roseane, F. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 25(4), 727-729.
- López-Malo, A., & Palou. (2005). Ultraviolet light and food preservation. *Novel Food Processing Technologies*, 405-421.
- López, E. M. (2003). *Conservación de jugo de sandía aplicando irradiación ultravioleta de onda corta*. Universidad de las Américas Puebla, Mexico.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez-Malaver, A., & Vit, P. (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.) *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 98-102.
- Medina, C. I., Sánchez, D., Camayo, G., Lobo, M., & Martínez, E. (2008). Anatomía Foliar Comparativa De Materiales De Lulo (*Solanum Quitoense* Lam.) Con Y Sin Espinas. *CORPOICA Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9, 16.

- Moreno, E. P. (1998). *Manejo Post-Cosecha y Comercialización de lulo (Solanum quitoense Lam)* (Magnitud ed. Vol. 11). Bogota, Colombia: Programa Nacional del SENA.
- Navarrete, J. G. C. (2009). *"Evaluación del efecto de biorreguladores sobre la calidad y tamaño del fruto de naranjilla (Solanum quitoense) en la localidad de Nanegalito"*. Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador.
- NTC. (2002). "Frutas frescas, lulo de castilla", *Norma Técnica Colombiana 5093*: INCONTEC.
- Pacheco, R., & Jiménez, J. (1996). *Cultivo de la Naranjilla en el Ecuador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Paltrinieri, G., & Figuerola, F. (1993). *Manual para el curso sobre procesamiento de frutas y hortalizas a pequeña escala en Perú*. Roma, Italia: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
- Porras, B. P. B. (2003). *Determinación de la propiedades antioxidantes de los jugo de fruta producidos industrialmente disponibles para su consumo en el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Portero, S. (s.f.). Radiación Ultravioleta. Retrieved from www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/...fis/ultravioleta-morrillo.pdf -
- Proaño, M. (2008). *Evaluación de la Calidad Post-Cosecha de seis ecotipos de Naranjilla (Solanum quitoense Lam.) procedentes del Noroccidente de Pichincha*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

- Ramirez, M. J. M. (2008). *Estabilidad de néctar de mango tratado con ultrasonido de baja frecuencia y/o radiación ultravioleta de onda corta*. Universidad de las Américas Puebla, México.
- Reina, C. E., Perdomo, C. A. A., & Manrique, I. (1988). *Manejo Postcosecha y Evaluación de la calidad del lulo (Solanum quitoense sp.) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Neiva, Colombia: Universidad SurColombiana.
- Revelo, J., Viteri, P., Vásquez, W., Valverde, F., León, J., & Gallegos, P. (2010). *Manual del Cultivo Ecológico de la Naranja* (Manual Técnico No. 77). Quito, Ecuador: INIAP.
- Sánchez, M. T., & Infantas, P. d. I. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas* (Mundi Prensa Libros ed.): AMV Ediciones.
- Scoles, M. M. (2011). Todo sobre los colores parte 2. *Taringa-Ciencia y Educación*, from <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/12249132/todo-sobre-los-colores-parte-2.html>
- Sevilla, J. M. F. (2004). Escaldado. *Tecnología de los alimentos*.
- SIGAGRO-MAGAP. (2001, 2010-08-21). Naranja *Solanum quitoense* Lam.,
1
- SIGAGRO-MAGAP. (2009). Mapa de Zonificación de Cultivo de Naranja a Nivel Nacional.
- SIGAGRO, M. I. C., & ESPAC, I. (2011). Naranja: Superficie, Producción y Rendimiento a nivel nacional - serie histórica 2000-2010. Retrieved 2011-02-29, from <http://www.magap.gob.ec>

- Thi, M. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovate Food Science & Emerging Technologies*, 5(4), 495-502.
- Tran, M. T. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Scientific Technology*, 5, 495-502.
- Trinidad, M. C., & Rosales, R. H. (2001). *Elaboración de Néctar*. Lima, Perú: Lima CIED.
- Urbina, G. (2008). *Evaluación agronómica de dos variedades y dos híbridos de naranjilla (Solanum quitoense lam.) y su respuesta a dos densidades de plantación en Julio Moreno, provincia Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar, Bolívar.
- Valderrama, J. (2003). Efectos de Tratamiento Térmico sobre Puré de Pimientos (*Capsicum annum*,L.). *Información Tecnológica*, 14.
- Vanaclocha, A. C., & Requena, J. A. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos* (2ª ed.). Madrid: Mundi Prensa.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major ecuadorian fruits. *Food Chemistry*.
- Villacís, M. F., & Lénin, G. (2005). "Influencia del tiempo de escaldado y adición de ácido ascórbico sobre la cinética de empardeamiento enzimático en jugo de naranjilla". Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Vivar, H. E. (1968). *Algunos estudios Citológicos y Genéticos sobre la naranjilla (Solanum quitoense Lamrk.)*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.

Whited, L. J., Hammond, B. H., Chapman, K. W., & Boor, K. J. (2002). Vitamin A degradation and Light-oxidized flavour defects in milk. *J. Dairy Sci*, 85, 351-354.

Wright, & Cairns, W. L. (1998). Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta Retrieved 2010-09-19, from www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo4.pdf

Wright, J. R., Sumner, S. S., Hackney, C. R., Pierson, M. D., & Zoeclein, B. W. (2000). Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider. *Journal of Food Protection*, 63(5), 563-567.

ANEXOS

ANEXO I

FICHA TÉCNICA DEL EMPAQUE

		FICHAS TÉCNICAS	
Referencia FICHA TÉCNICA GENÉRICA LAMINADOS		Código FT Genérica	

Laminación multicapa con barrera a los aromas y gases como oxígeno, nitrógeno y gas carbónico. Utilizado para el empaque de productos como carnes frías, arepas, quesos, chorizos, pescado, pulpas, concentrados de frutas, aves, salsas, harinas, snacks, geles, tratamiento capilares, productos en polvo, productos sensibles a la humedad entre otros. Con excelentes brillo y buenas propiedades mecánicas.

Se puede utilizar para empacar productos al vacío – atmósfera modificada – refrigerar – Congelar – llenado en caliente (bajo indicaciones y pruebas).

Materiales
BOPP
Tintas
Adhesivo
Coextrusión

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Valores	Tolerancias	Unidades
Calibre Teórico	120	8 %	Micras
Fuerza de laminación	>= 300		grf / pulgada
Coefficiente de Fricción	N.A		
Transmisión de vapor de Agua ASTM E - 96 38 °C 96% Hr	< 5		gr/m ² /24hr/atm
Transmisión de oxígeno ASTM F - 1307 23 °C 50% Hr	20 - 50		cc/m ² /24hr/atm
Apariencia	Metalizada		
Temperatura de sellado	160	+/- 20	° C
Tiempo de Sellado	1		Segundos
Presión de sellado	20		PSI
Fuerza de sellado	>= 1.5		Kg / 25.4 mm

¹ Estos valores de barrera, se pueden ver afectados por la manipulación y técnicas aplicadas en la conversión y uso del material.

Esta información esta basada en medidas que se han generado en nuestro laboratorio y en mediciones con entidades externas. Estos datos no se pueden garantizar, se pueden utilizar como una referencia ya que pueden mostrar desviaciones en algunos casos

Impresión

Policromía: Se puede imprimir hasta 8 colores. Consultar con el asesor comercial.

Otros calibres

Este material se puede hacer en calibres desde 70 micras en adelante, según la aplicación

Presentaciones generales

Bolsas selles cuadrados (bolsa Plana)

Bolsas selle redondo

Bolsa Stand up

Bolsa con válvula

Bolsa con zipper

Lámina
Tubular

CONDICIONES TÉCNICAS PARA EMPACADO EN CALIENTE

Esta estructura laminada al tener Polietileno en su capa sellante no es recomendada para empacar producto a una temperatura mayor a 80 °C, ya que por encima de esta temperatura, se inicia el punto de ablandamiento de dicho material.

Igualmente después del empaque en caliente se recomienda hacer un choque térmico con agua a temperatura ambiente (preferiblemente menor a 15°C.)

Cada producto, cliente, proceso de empaque es diferente, así que recomendamos que el cliente realice pruebas bajo sus condiciones particulares y valide el uso del material según su necesidad.

Para empacar productos a una temperatura mayor a 80 °C, se recomienda utilizar como capa sellante PP.

Regulaciones para uso en Alimentos

Las materias primas empleadas en la elaboración de este material (composición Nylon, PEBD, adhesivo y biorientados), cumplen con las regulaciones de la FDA 21 CFR 177.1520.(c) 2.1 y FDA 21 CFR 177.1500, CRF 177.1395, son aptos para usar en el empaque de alimentos para consumo humano; debido a sus características, se asegura que no se presenta ningún tipo de reacción secundaria en el producto empacado. (olor, sabor, coloración).

Los adhesivos para laminación utilizados para la fabricación de este empaque están regulados por Federal Regulation title 21.175.105 adhesives, son aptos para destinarlos al empaque de alimentos para el consumo humano.

Las tintas utilizadas en nuestras impresiones, son aptas para usar en empaques que están en contacto con alimentos para consumo humano.

Condiciones de Almacenamiento

Se recomienda almacenar el material a temperaturas entre 10 – 25°C, con una humedad relativa entre 30 – 60 %. Un período largo de almacenamiento puede causar alteraciones en las características y especificaciones técnicas del material.

Teniendo en cuenta el manejo y las condiciones de almacenamiento, el material puede conservar su propiedades hasta 1 año, sin embargo nuestra garantía es hasta 6 meses.

El material no debe estar expuesto a rayos solares directos ni cerca a fuentes de calor. Debe estar aislado de materiales aromáticos y vapores. Debe estar protegido por la lluvia y la humedad.

No debe estar puesto directamente en el piso, y debe estar retirado de productos químicos y evitar la contaminación por roedores y polvo.

Elaborado por

Maria Paula Mendoza C.

Departamento de Soporte Técnico

ALICO S.A. Calle 10 sur # 50 FF – 87. Telf 2854413 Fax 2853690. www.alico-sa.com. Medellín

ANEXO II

ANÁLISIS SENSORIAL



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
FICHA DE ESTABILIDAD

Orden de trabajo N° 110442
Hoja 2 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE:	Srta Daniela Flores
DIRECCIÓN:	Mitad del Mundo , San Jorge 21 de Marzo
FECHA DE RECEPCION:	17 de febrero del 2011
MUESTRA:	Jugo 10'
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Líquido color amarillento
ENVASE:	Funda Doypac
CANTIDAD DE MUESTRAS:	2 unidades de 250 ml
FECHA ELABORACION:	17 de febrero del 2011
FECHA VENCIMIENTO:	----
LOTE:	----
REFERENCIA:	110443
MUESTREADO:	Por cliente
TEMPERATURA :	4°C ± 1°C
HUMEDAD RELATIVA:	20 ± 2 %

CARACTERÍSTICA	17 de febrero del 2011	4 de marzo del 2011
COLOR	Amarillo	Amarillo
OLOR	Característico	Característico
SABOR	Característico	Característico
ASPECTO	Líquido	Líquido

PARÁMETRO	17 de febrero del 2011	4 de marzo del 2011
Acidez (% exp. ácido cítrico)	0.21	0.22
pH (20°C)	3.63	3.54
Recuento de Aerobios mesófilos (ufc/g)	< 10	36 x 10 ²
Recuento de Coliformes totales (NMP/g)	< 3	< 3
Recuento de Mohos (upc/g)	< 10	< 10
Recuento de Levaduras (upc/g)	< 10	29 x 10
Recuento de Escherichia coli (NMP/g)	< 3	< 3

NOTA: La muestra analizada NO cumple con los parámetros de estabilidad para un período de QUINCE DIAS en su empaque original a la temperatura y humedad antes mencionadas.

Dr. Oscar Luzuriaga
 PRESIDENTE

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros.
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 09 9442-153

www.labolab.com.ec

e-mails: olg@ecnet.ec / dluzuriaga@hotmail.com / servicioalcliente@labolab.com.ec

Quito - Ecuador

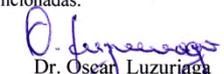
NOMBRE DEL CLIENTE: Srta Daniela Flores
DIRECCIÓN: Mitad del Mundo , San Jorge 21 de Marzo
FECHA DE RECEPCION: 17 de febrero del 2011
MUESTRA: Néctar 30'
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Líquido color amarillento
ENVASE: Funda Doypac
CANTIDAD DE MUESTRAS: 2 unidades de 250 ml
FECHA ELABORACION: 17 de febrero del 2011
FECHA VENCIMIENTO: ----
LOTE: ----
REFERENCIA: 110442
MUESTREADO: Por cliente

TEMPERATURA : 4°C ± 1°C
HUMEDAD RELATIVA: 20 ± 2 %

CARACTERISTICA	17 de febrero del 2011	4 de marzo del 2011
COLOR	Amarillo	Amarillo
OLOR	Característico	Característico
SABOR	Característico	Característico
ASPECTO	Líquido	Líquido

PARÁMETRO	17 de febrero del 2011	4 de marzo del 2011
Acidez (% exp. ácido cítrico)	0.55	0.59
pH (20°C)	3.37	3.30
Recuento de Aerobios mesófilos (ufc/g)	< 10	16 x 10 ²
Recuento de Coliformes totales (NMP/g)	< 3	< 3
Recuento de Mohos (upc/g)	< 10	< 10
Recuento de Levaduras (upc/g)	< 10	53
Recuento de Escherichia coli (NMP/g)	< 3	< 3

NOTA: La muestra analizada NO cumple con los parámetros de estabilidad para un periodo de QUINCE DIAS en su empaque original a la temperatura y humedad antes mencionadas.


 Dr. Oscar Luzuriaga
 PRESIDENTE


El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

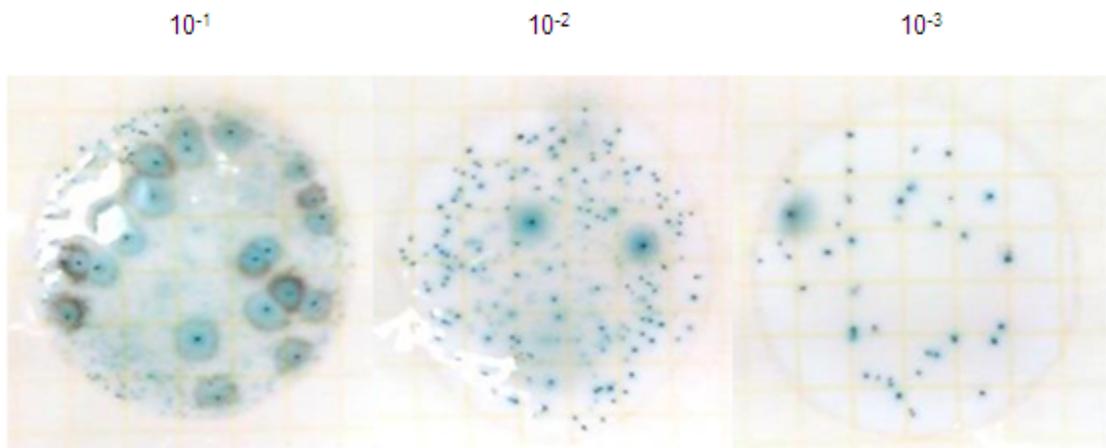
INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
 Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 09 9442-153
 e-mails: olg@ecnet.ec / drluzuriaga@hotmail.com / servicioalcliente@labolab.com.ec
www.labolab.com.ec
 Quito - Ecuador

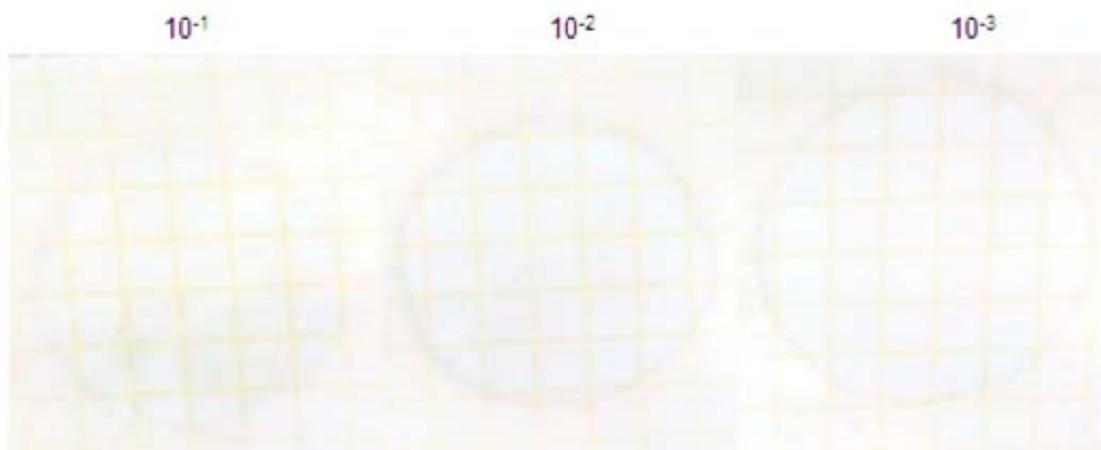
ANEXO III

CRECIMIENTO DE MOHOS Y LEVADURAS EN LOS PRODUCTOS

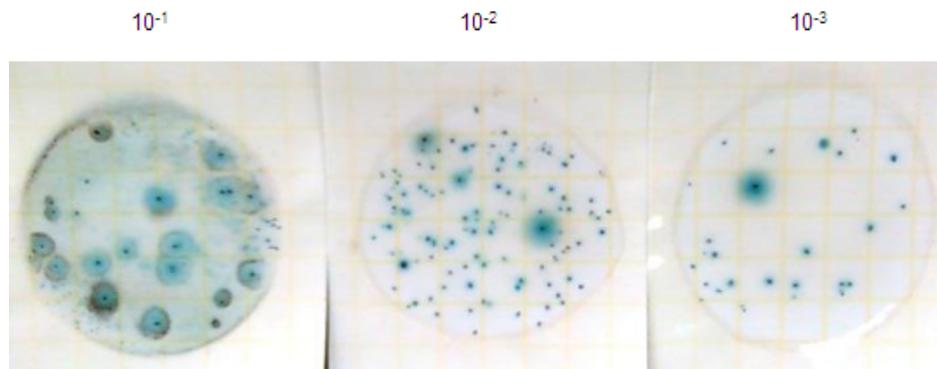
Pulpa Escaldada



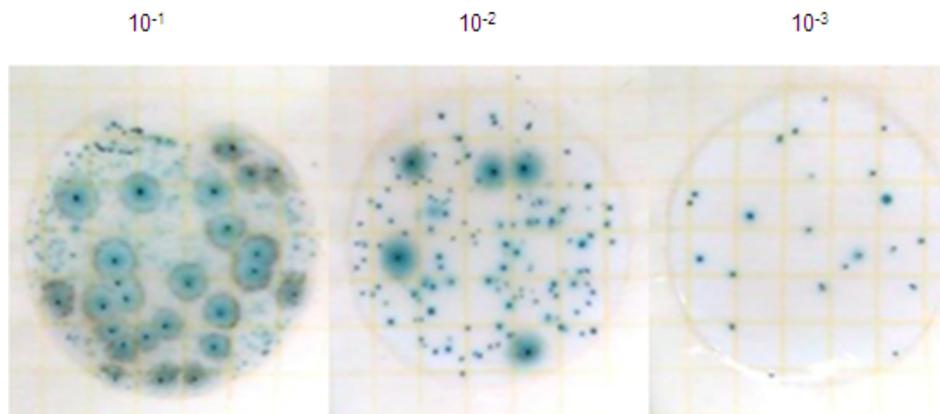
Pulpa Pasteurizada



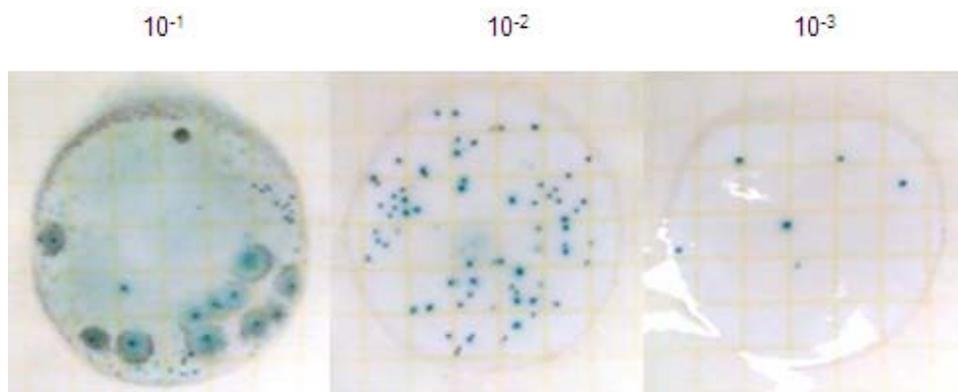
Pulpa irradiada a 14.9 kJ/m²



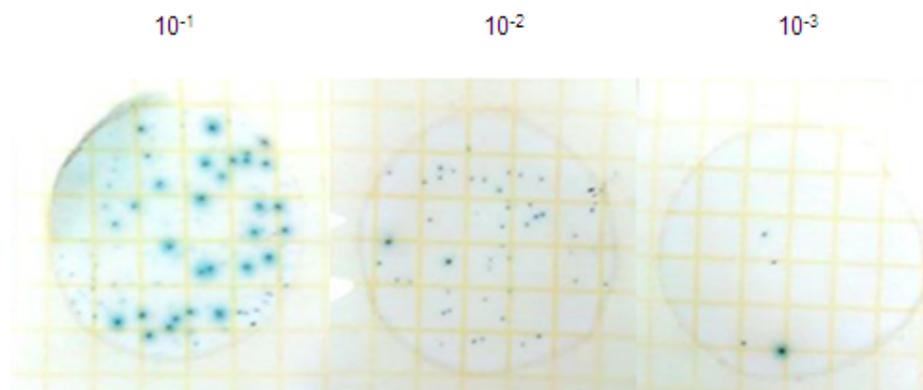
Pulpa irradiada a 22.3 kJ/m²



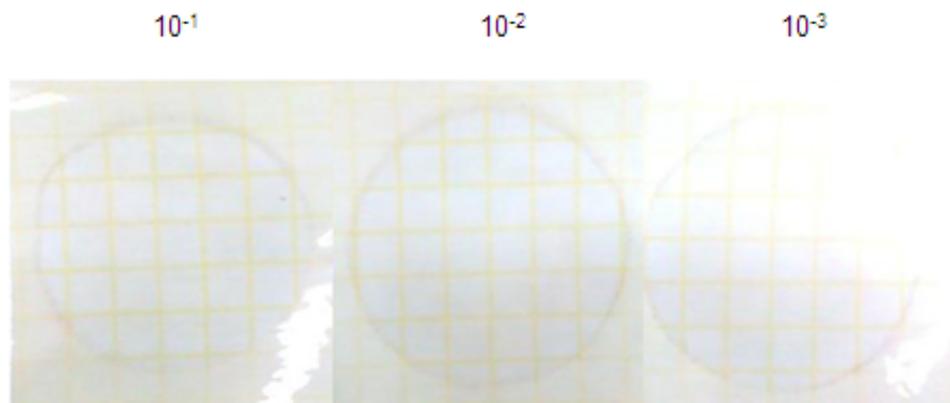
Pulpa irradiada a 27 kJ/m²



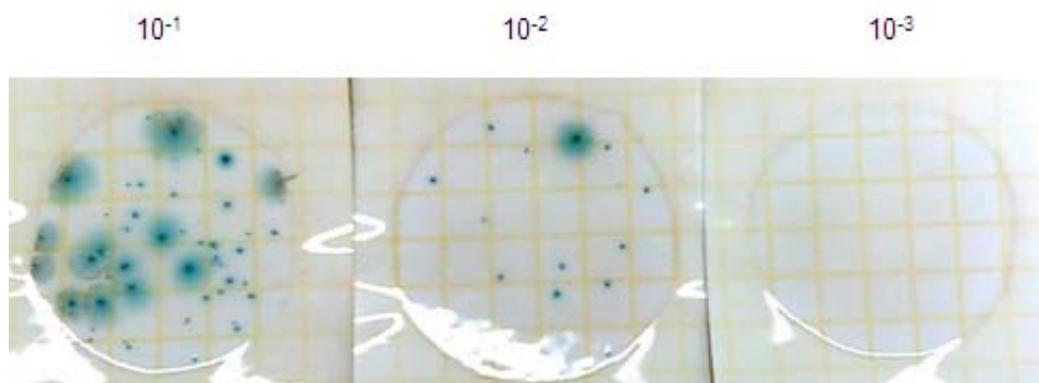
Néctar Sin Pasteurizar



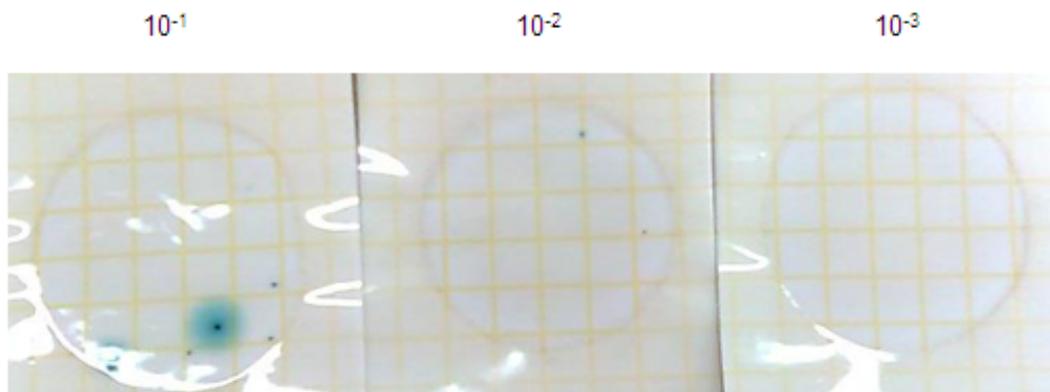
Néctar Pasteurizado



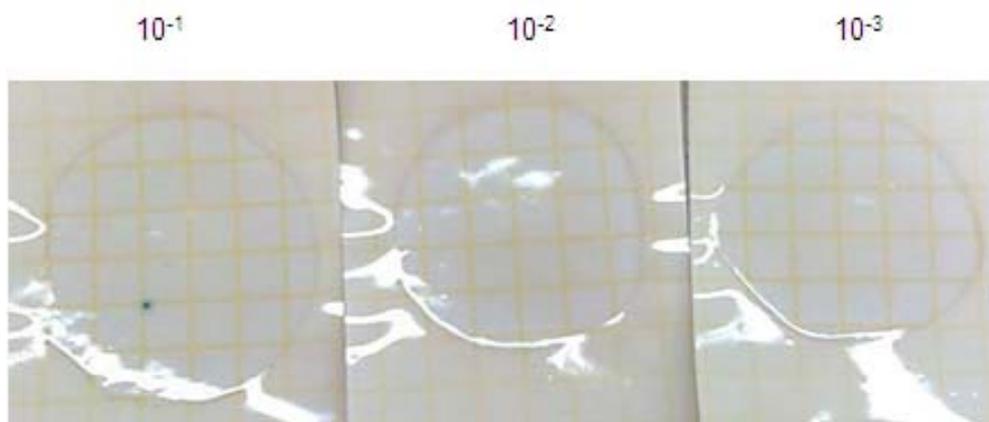
Néctar irradiado a 14.9 kJ/m²



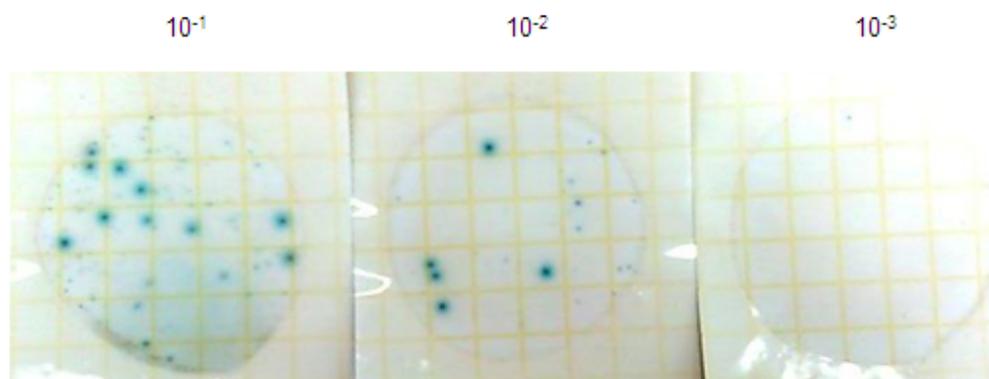
Néctar irradiado a 22.3 kJ/m²



Néctar irradiado a 27 kJ/m²



Bebida Sin Pasteurizar



ANEXO IV

CÁLCULO DE LA PENDIENTE DE LA RECTA

Trolox		Abs. 515 nm			
uL	mmol	1	2	3	PROMEDIO
20	4,00E-04	0,7679	0,7689	0,7700	0,7689
35	7,00E-04	0,6910	0,6920	0,6935	0,6922
50	1,00E-03	0,5945	0,5967	0,5970	0,5961
65	1,30E-03	0,4940	0,4857	0,4745	0,4847
80	1,60E-03	0,3175	0,3156	0,3169	0,3167
95	1,90E-03	0,2984	0,2978	0,2967	0,2976
110	2,20E-03	0,1534	0,1540	0,1543	0,1539

Ecuación de la recta:

$$y = mx + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{0.1539 - 0.7689}{0.0022 - 0.0004}$$

$$m = -346.8$$

$$y = -346.8x + 0.923$$