



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMO DE NARANJA (*Citrus sinensis* var. Valencia) SOMETIDA A CALENTAMIENTO Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA PARA SU APLICACIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Autor: José Andrés Villacís Chiriboga

Tutor: Ing. M. Sc. Liliana Acurio

Ambato – Ecuador
2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. M. Sc. Liliana Acurio

Siendo el Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMO DE NARANJA (*Citrus sinensis* var. Valencia) SOMETIDA A CALENTAMIENTO Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA PARA SU APLICACIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS”, por el egresado José Andrés Villacís Chiriboga; tengo a bien afirmar que el estudio es idóneo y reúne los requisitos de un trabajo de investigación de Ingeniería en Alimentos; y el señor egresado posee los méritos académicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que sea designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, 2015

Ing. M. Sc. Liliana Acurio
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente: “DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMO DE NARANJA (*Citrus sinensis* var. Valencia) SOMETIDA A CALENTAMIENTO Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA PARA SU APLICACIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS”, corresponde exclusivamente a José Andrés Villacís Chiriboga y como patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

José Andrés Villacís Chiriboga

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 2015

Para constancia firman:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria:

A mis padres Susana y José, a mi hermana Alejandra, a mis familiares más cercanos y a todas las personas que día a día supieron darme la fuerza y el impulso necesario para continuar.

Agradecimiento:

A Dios, a mis padres, mi hermana y a mí.
Infinitas gracias

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Capítulo I

Problema de Investigación

1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.2.1 Contextualización	1
1.3 Análisis Crítico	5
1.4 Prognosis	7
1.5 Formulación del Problema	7
1.6 Interrogantes	8
1.7 Delimitaciones del objetivo de investigación	8
1.8 Justificación	9
1.9 Objetivos	10
1.9.1 Objetivo general	10
1.9.2 Objetivos específicos	11

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes	12
2.2 Fundamentación Filosófica	13
2.3 Fundamentación Legal	13
2.4 Categorías Fundamentales	14
2.4.1 Marco Conceptual Variable Independiente	15
2.4.1.1 Ingeniería de procesos	15

2.4.1.2	Transferencia de calor	18
1.	Transferencia de calor por conducción	22
2.4.1.3	Convección – Radiación	25
a)	Convección	25
a.1)	Convección natural	26
a.2)	Convección forzada	27
b)	Radiación	29
2.4.1.4	Procesamiento tecnológico de alimentos	33
a)	Objetivos de la ciencia y tecnología de los alimentos	35
b)	Seguridad alimentaria para el consumidor	36
2.4.2	Marco conceptual variable dependiente	37
2.4.2.1	Química de los alimentos	37
a)	Composición química de los alimentos	39
b)	Enfoque del estudio de la química de los alimentos	40
2.4.2.2	Reacciones químicas	44
a)	Tipos de reacciones químicas	45
b)	Principales reacciones químicas en alimentos	49
c)	Velocidad de reacción	50
d)	Orden de reacción	51
e)	Dependencia de la temperatura	53
2.4.2.3	Degradación de compuestos	54
2.4.2.4	Degradación de ácido ascórbico	57
2.5	Hipótesis	60
2.6	Señalamiento de variables de la hipótesis de la hipótesis	61
2.6.1	Variable independiente	61
2.6.2	Variable dependiente	61

Capítulo III

Metodología

3.1	Enfoque	62
3.2	Modalidad básica de la investigación	62
3.3	Nivel o tipo de investigación	63
3.4	Población y muestra	63
3.5	Operacionalización de las variables	65
3.6	Recolección de información	67
3.6.1	Métodos	67
3.6.1.1	Extracción y caracterización del jugo	67
3.6.1.2	Determinación de Ácido L-Ascórbico	67
3.6.1.3	Determinación del orden de reacción	69
3.6.1.4	Determinación de la energía de activación	70
3.6.1.5	Determinación de la constante de velocidad de inactivación de microorganismos	71
3.6.1.6	Cálculo del incremento en la temperatura necesario para que el valor D se reduzca a la décima parte del inicial	72
3.7	Procesamiento y análisis	72

Capítulo IV

Análisis e interpretación de los resultados

4.1	Extracción y caracterización del jugo	74
4.1.2	Análisis estadístico de la caracterización del jugo	75
4.2	Curva de calibración	76
4.3	Datos obtenidos en el calentamiento	78

4.3.1	Cálculo del orden de reacción	79
4.3.2	Análisis estadístico del proceso térmico	83
4.4	Datos obtenidos para radiación	85
4.4.1	Análisis estadístico del tratamiento por radiación	88
4.5	Análisis porcentual de la pérdida de ácido ascórbico	90
4.6	Cálculo de la energía de activación	92
4.7	Análisis microbiológico	94
4.7.1	Determinación de la constante de velocidad de inactivación de microorganismos (Valor D)	94
4.7.2	Cálculo del incremento en la temperatura necesario para que el valor <i>D</i> se reduzca a la décima parte del inicial	101
4.8	Cálculo del tiempo de vida útil del zumo sometido a tratamiento térmico y radiación	103
4.9	Verificación de la hipótesis	108

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1	Conclusiones	109
5.2	Recomendaciones	111

Capítulo VI

Propuesta

6.1	Datos informativos	112
6.2	Antecedentes de la propuesta	113

6.3	Justificación	114
6.4	Objetivos	115
6.4.1	Objetivo general	115
6.4.2	Objetivos específicos	115
6.5	Análisis de factibilidad	115
6.6	Fundamentación	116
6.7	Metodología	118
6.8	Administración	120
6.9	Previsión de la evaluación	121
6.10	Resultados de la propuesta	122

Materiales de Referencia

Anexos	124
Bibliografía	158

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Producción y ventas de naranjas según cultivos permanentes	4
Cuadro 2.	Clasificación de las alteraciones que pueden ocurrir en alimentos durante el manejo, procesamiento o almacenamiento	42
Cuadro 3.	Algunas reacciones químicas y bioquímicas que pueden liderar la alteración de la calidad y seguridad de los alimentos	43
Cuadro 4.	Retención comparativa de vitaminas en conservación de alimentos por enlatado y radiación	57

Índice de Tablas

Tabla 1. Variable independiente	65
Tabla 2. Variable dependiente	66
Tabla 3. Caracterización del zumo de naranja	74
Tabla 4. Análisis de varianza para °Brix	75
Tabla 5. Análisis de varianza para pH	76
Tabla 6. Concentración de ÁA en los analitos para elaborar la curva de calibración del método analítico aplicado.	77
Tabla 7. Ecuaciones obtenidas para orden de reacción 0	80
Tabla 8. Ecuaciones obtenidas para orden de reacción 1	80
Tabla 9. Comparación de los coeficientes de correlación para el cálculo de orden de reacción 0 y 1	81
Tabla 10. Ecuaciones de cinética para la degradación de ÁA en el zumo sometido a calentamiento	82
Tabla 11. Prueba de Tukey para la concentración de ÁA en zumo sometido a calentamiento	84
Tabla 12. Análisis de varianza para las muestras sometidas a calentamiento	84
Tabla 13. Ecuaciones de cinética para la degradación de ÁA en el zumo sometido a radiación	87
Tabla 14. Prueba de Tukey para la concentración de ÁA en zumo sometido a radiación	89
Tabla 15. Análisis de varianza para las muestras sometidas a radiación	90
Tabla 16. Porcentaje de disminución de ÁA en los tratamientos realizados	91
Tabla 17. Constantes de velocidad encontradas en los	

ensayos	92
Tabla 18. Recursos económicos de la propuesta	116
Tabla 19. Modelo operativo (Plan de acción)	119
Tabla 20. Administración de la propuesta	120
Tabla 21. Previsión de la evaluación	121
Tabla 22. Aplicación en procesos tecnológicos de los modelos encontrados	122

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Árbol de problema	6
Gráfico 2. Red de inclusiones	14
Gráfico 3. Valor promedio de °Brix y pH de las muestras analizadas	75
Gráfico 4. Curva de calibración	77
Gráfico 5. Valor promedio del contenido de AA en el zumo sometido a calentamiento	79
Gráfico 6. Efecto de la temperatura y tiempo sobre la retención de AA en el zumo sometido a calentamiento	82
Gráfico 7. Variación en la concentración de AA en el zumo durante el calentamiento	83
Gráfico 8. Valor promedio del contenido de AA en el zumo sometido a radiación	86
Gráfico 9. Efecto de la distancia de la fuente de radiación y el tiempo sobre la retención de AA en el zumo	88
Gráfico 10. Variación en la concentración de AA en el zumo durante la exposición a radiación	89
Gráfico 11. Representación gráfica de la disminución porcentual de AA	92

Gráfico 12. Determinación de la energía de activación para la degradación de ÁA	93
Gráfico 13. Reducción de viables en el tratamiento térmico	96
Gráfico 14. Reducción de viables en el tratamiento por radiación	100
Gráfico 15. Logaritmo del valor D respecto a cada temperatura	102
Gráfico 16. UFC/ml después del tratamiento térmico	103
Gráfico 17. UFC después de la radiación	106

Índice de Figuras

Figura 1. Producción mundial de cítricos	2
Figura 2. Transferencia de calor por conducción	22
Figura 3. Transferencia de calor por convección	25
Figura 4. Representación gráfica del tiempo de reducción decimal	28
Figura 5. Representación gráfica del valor inverso del tiempo de reducción decimal	29
Figura 6. Espectro electromagnético	30
Figura 7. Transferencia de calor por radiación	30
Figura 8. Efecto de la luz UV sobre la célula	32
Figura 9. Efecto de la luz UV sobre el ADN de la célula	32
Figura 10. Cadena productiva de alimentos	34
Figura 11. Relación de la química de los alimentos con otras ciencias	38
Figura 12. Ejemplo de reacción química	44
Figura 13. Estructura del ácido ascórbico	58
Figura 14. Esquema de la degradación de ácido ascórbico	59
Figura 15. Reacción entre la molécula de ácido ascórbico y 2,6-diclorofenol-indofenol	68
Figura 16. Colocación de las muestras en el baño termostático	78

Figura 17. Exposición de las muestras a diferentes distancias de la fuente de radiación	85
Figura 18. Contaminación inicial del zumo de naranja previo a tratamiento por pasteurización	95
Figura 19. Inoculación inicial y final en el tratamiento térmico	95
Figura 20. Contaminación del zumo previo a tratamiento por Radiación	98
Figura 21. Inoculación inicial y final en el tratamiento térmico	99
Figura 22. Colocación de las muestras en la cámara de radiación	105
Figura 23. Carga microbiana de las muestras control	107

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Conductividad térmica	20
Ecuación 2. Conductividad térmica de soluciones de azúcar, jugos de frutas y leche	21
Ecuación 3. Difusividad térmica	22
Ecuación 4. Difusividad térmica de los alimentos en función del agua	22
Ecuación 5. Transferencia de calor en estado estacionario	23
Ecuación 6. Cálculo de la temperatura de superficie para objetos con pared de espesor $2L$	24
Ecuación 7. Cálculo de la temperatura de superficie para cilindros sólidos largos de radio r_1	24
Ecuación 8. Cálculo de la temperatura de superficie para una esfera de radio r	24
Ecuación 9. Transferencia de calor en estado no estacionario	24
Ecuación 10. Transferencia de calor por convección	26
Ecuación 11. Relación funcional para determinar el coeficiente de	

transferencia de calor por convección	27
Ecuación 12. Velocidad de reacción química	45
Ecuación 13. Pérdida de calidad de los alimentos en términos de reactantes específicos	49
Ecuación 14. Velocidad de reacción en reacciones unimoleculares	50
Ecuación 15. Reacción de orden cero	51
Ecuación 16. Reacción de orden cero	51
Ecuación 17. Reacción de primer orden	52
Ecuación 18. Reacción de primer orden	52
Ecuación 19. Reacción de segundo orden	53
Ecuación 20. Reacción de segundo orden	53
Ecuación 21. Velocidad de reacción de reacciones de segundo orden	53
Ecuación 22. Ecuación de Arrhenius	53
Ecuación 23. Cinética de primer orden para degradación de ÁA	59
Ecuación 24. Cinética de segundo orden para degradación de ÁA	60
Ecuación 25. Cálculo del título para determinación de ÁA	69
Ecuación 26. Determinación de la cinética de degradación de ÁA de orden 0	69
Ecuación 27. Determinación de la cinética de degradación de ÁA de orden 1	70
Ecuación 28. Expresión lineal para determinar la energía de activación para degradación de ÁA	71
Ecuación 29. Cálculo del valor D	71
Ecuación 30. Expresión lineal del cálculo del valor D	71
Ecuación 31. Cálculo del valor Z	72

Anexos

Anexo A: Normas

Anexo A – 1: Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (Codex Stan 247-2005)

Anexo A – 2: Requisitos de aceptación de la naranja (NTE INEN 1928:92)

Anexo B: Tablas

Anexo B – 1: Valores de pH y °Brix obtenidos en la caracterización de la fruta.

Anexo B – 2: Contenido de ácido ascórbico total registrados en el zumo de naranja a tres temperaturas y diferentes tiempos.

Anexo B – 3: Valores de los términos de la ecuación cinética para el zumo de naranja sometido a calentamiento.

Anexo B – 4: Contenido de ácido ascórbico total registrado en el zumo de naranja a tres distancias de la fuente de radiación y diferentes tiempos.

Anexo B – 5: Valores de los términos de la ecuación cinética para el zumo de naranja.

Anexo B – 6: Unidades Formadoras de Colonia obtenidos en el tratamiento térmico para el cálculo del Valor D.

Anexo B – 7: Unidades Formadoras de Colonia obtenidos en el tratamiento por radiación para el cálculo del Valor D.

Anexo B – 8: Temperatura de trabajo y logaritmo del Valor D respectivo para el cálculo del incremento de la temperatura (Valor Z).

Anexo B – 9: Colonias reportadas cada 4 días para el cálculo del Tiempo de Vida Útil en zumo pasteurizado.

Anexo B – 10: Colonias reportadas cada 4 días para el cálculo del Tiempo de Vida Útil en zumo tratado por radiación.

Anexo C: Fotografías

Anexo C – 1: Naranja utilizada para realizar la investigación.

Anexo C – 2: Equipos utilizados para realizar la experimentación.

Anexo C – 3: Titulación de las muestras.

Resumen

En los últimos años, la producción y el consumo de productos derivados de frutas se incrementó de manera vertiginosa lo que provocó una elevación de los precios de dichos alimentos así como de las materias primas, por lo que la utilización y aplicación de tecnologías que no respetan a la integridad nutricional del producto se convirtió en una alternativa viable para abastecer la demanda, mediante la elaboración de alimentos de consumo masivo como son los zumos.

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio fisicoquímico sobre el contenido de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a temperaturas de pasteurización (62 y 92 °C), comparado con el contenido de ácido ascórbico en un zumo expuesto a temperatura ambiente; del mismo modo se sometió al zumo a diferentes distancias (30, 40 y 50 cm) de una misma fuente de radiación. En ambos casos, se midió el contenido de ácido ascórbico en intervalos de 15 minutos para determinar la ecuación cinética de dominio de dicho proceso. El proceso que usó radiación mostró como el más efectivo para retener el nutriente en el zumo, pues se presentan pérdidas de máximo 15% en 3 horas de exposición, diferente a los resultados encontrados con temperaturas elevadas, en los que se presentan hasta 50% de pérdida de ácido ascórbico.

La aplicación del mejor tratamiento en los procesos tecnológicos para prolongar la vida de anaquel del zumo fue evaluado mediante ensayos fisicoquímicos y microbiológicos, en los que se encuentra que la radiación no afecta sustancialmente al contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja, pero es un factor importante en la calidad microbiológica del producto, pues extiende su vida útil hasta en 17 días a temperatura ambiente, sin que sus características sensoriales se vean alteradas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN ZUMO DE NARANJA (*Citrus sinensis* var. Valencia) SOMETIDA A CALENTAMIENTO Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA PARA SU APLICACIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

1.2.1.1. Contextualización macro

De acuerdo con Agustí (2003), los cítricos se cultivan en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios del planeta y son uno de los cultivos de mayor producción en el mundo. Dentro de los cítricos se destaca la naranja Valencia la cual hace parte del grupo de las naranjas blancas dulces, cuyo uso principal es la agroindustria de zumos y concentrados.

Las proyecciones indican que la producción de naranjas en los países desarrollados aumentará a una tasa anual de 0,6% y que la mayor parte de ese crecimiento vendrá de los Estados Unidos. En Europa se registrarán pocos cambios, con un pequeño aumento en España contrarrestado por mermas en Italia y Grecia. Sudáfrica debería de continuar aumentando su

producción, aprovechando la ventaja de proveer al hemisferio norte productos fuera de temporada.

En Israel, la producción continuará viéndose afectada por el crecimiento demográfico, que competirá con los cultivos de cítricos y de productos agrícolas por la utilización de tierras y aguas. También continuará disminuyendo a largo plazo, la industria de la naranja del Japón al aumentar la disponibilidad de las importaciones (FAO, 2004).

Mientras que la producción está muy extendida a nivel mundial (Figura 1), el grueso de la cosecha de cítricos se origina en un relativamente pequeño grupo de países, con los principales 15 países que representan más del 80% de la producción mundial. Brasil y Estados Unidos siguen liderando la producción mundial como lo han hecho durante varias décadas, estos dos países producen alrededor del 37% de la cosecha de cítricos del mundo, con 14,8 y 14,3 millones de toneladas respectivamente (Anónimo, 2011).

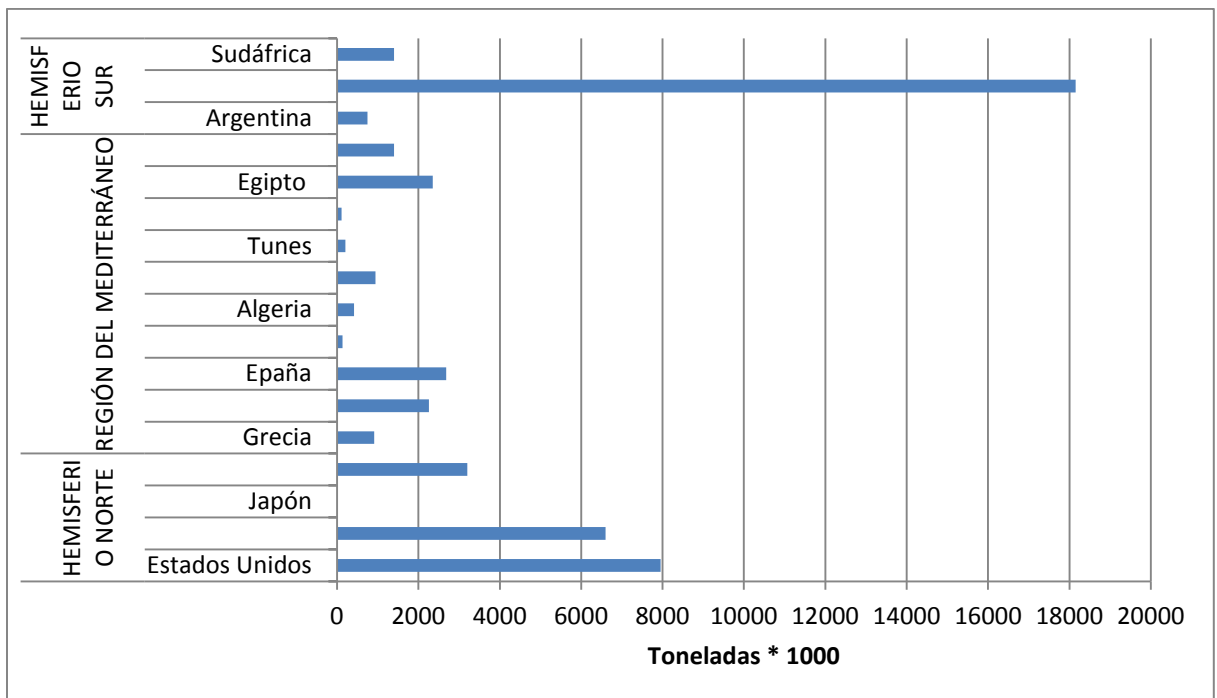


Figura 1. Producción Mundial de Cítricos (2012)

Fuente: FAO (2012)

Elaborado por: Autor

El consumo mundial de naranjas creció a una tasa acumulativa del 3,5% durante los períodos 1986/1988 y 1996/1998; se estima que la tasa anual de crecimiento es del 2,9%. Mientras que el consumo de productos obtenidos a partir de naranja avanzó a un ritmo del 4,2% por año. La información precedente puede explicarse por el crecimiento del consumo de naranjas procesadas en Europa, que funcionó como una de las fuerzas primarias que movilizó la demanda mundial. En efecto, aun cuando el consumo per cápita de naranjas frescas en la Unión Europea disminuyera de 13 a 9,7 Kg en el período previamente mencionado, el consumo global de cítricos procesados avanzó hasta los 30 Kg per cápita, lo que implica que mejoraron su participación otras variedades tales como los jugos de pomelo, lima, mandarina, etc.

De igual forma, el consumo per cápita de naranjas procesadas también creció en Canadá y los Estados Unidos, compensando las disminuciones en el consumo de naranja en fresco (Ablin, 2012).

1.2.1.2. Contextualización meso

Los países exportadores de naranjas más pequeños del hemisferio occidental, como Argentina, Cuba, Belice y Costa Rica, deberían encontrar oportunidades de mercado ya que las regiones productoras más importantes están involucradas en un proceso de ajuste. A pesar del embargo comercial impuesto por los Estados Unidos, Cuba ha ampliado su capacidad de producción y elaboración de productos derivados de naranja. El sector comercial de Belice y Costa Rica ha sufrido también un proceso de consolidación que debería rebajar los costos (Pineda, 2010).

Spreen (2001), señala que los mercados de los productos procesados de naranja están evolucionando. Por ejemplo, el consumo en México de productos obtenidos a partir de naranja dobló en exceso y en Brasil aumentó en un 50% desde el período de 1986-1988 hasta el periodo de 1996-1998.

El Mercosur ha facilitado los intercambios comerciales de la producción de zumo de frutas concentradas con vistas a la exportación. Sin embargo, no se ha comercializado naranjas frescas entre los cuatro países, ya que son a la vez productores y consumidores (Ruffier, 2005).

1.2.1.3. Contextualización micro

En Ecuador, la provincia que posee mayor producción de naranja es Manabí, especialmente en los cantones Chone y Flavio Alfaro. La producción de naranja en el país ha aumentado en los últimos años, de acuerdo a la fuente del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Cuadro 1). La naranja como producto asociado tiene una mayor producción frente al producto solo.

Cultivos Permanentes		Producción (Tm)	Ventas (Tm)
Naranja	Solo	19,329	18,723
	Asociado	130,051	127,471

Cuadro 1. Producción y ventas de naranjas según cultivos permanentes

Fuente: MAGAP, 2001

Elaborado por: Autor

Según datos del Ministerio de Agricultura, el consumo per cápita en 2006 fue de 4,14 Kg. El cálculo para determinar esa cifra, se realizó mediante una suma entre la producción y las importaciones y el producto, y se dividió para los 13,6 millones de habitantes que tiene el país. Las provincias con mayor producción son Manabí, con 86.000 toneladas y Los Ríos con 57.000 (Pazmiño & Aguiar, 2007).

La provincia de Tungurahua no presenta cultivos de naranjas; y dentro de la zona 3 es la provincia de Bolívar, en el cantón Caluma, en donde se cultivan las famosas naranjas calumeñas (Variedad Valencia Late) que son preferidas por los consumidores debido a su sabor dulce y mayor rendimiento. Esta provincia cuenta con aproximadamente 1.300 hectáreas de naranjas, y el 60% de sus habitantes se dedica a este cultivo. La producción anual varía entre las 5.000 a 7.000 por hectáreas (Moreira, 2009).

1.3 ANÁLISIS CRÍTICO

1.3.1. Árbol de problemas

- El desaprovechamiento del valor nutricional de la naranja ha ocasionado que se produzcan alimentos sin beneficio nutricional y funcional.
- La falta de interés por parte de los industriales en la conservación del contenido original de ácido ascórbico en el zumo de naranja ha evitado que no se realicen estudios sobre la cinética de degradación de ácido ascórbico en naranjas de producción local.
- En cuanto a los consumidores, han desvalorizado la calidad nutricional de los alimentos, lo que ha provocado que se apliquen inadecuadas tecnologías, cuyo único fin es el beneficio económico.
- La escasa información sobre el efecto del procesamiento tecnológico en alimentos ha producido que los alimentos se enriquezcan con aditivos químicos.
- El aumento en el costo de la tecnología para mantener las características originales del zumo de naranja ha ocasionado que los alimentos naturales mínimamente procesados sean menos consumidos.

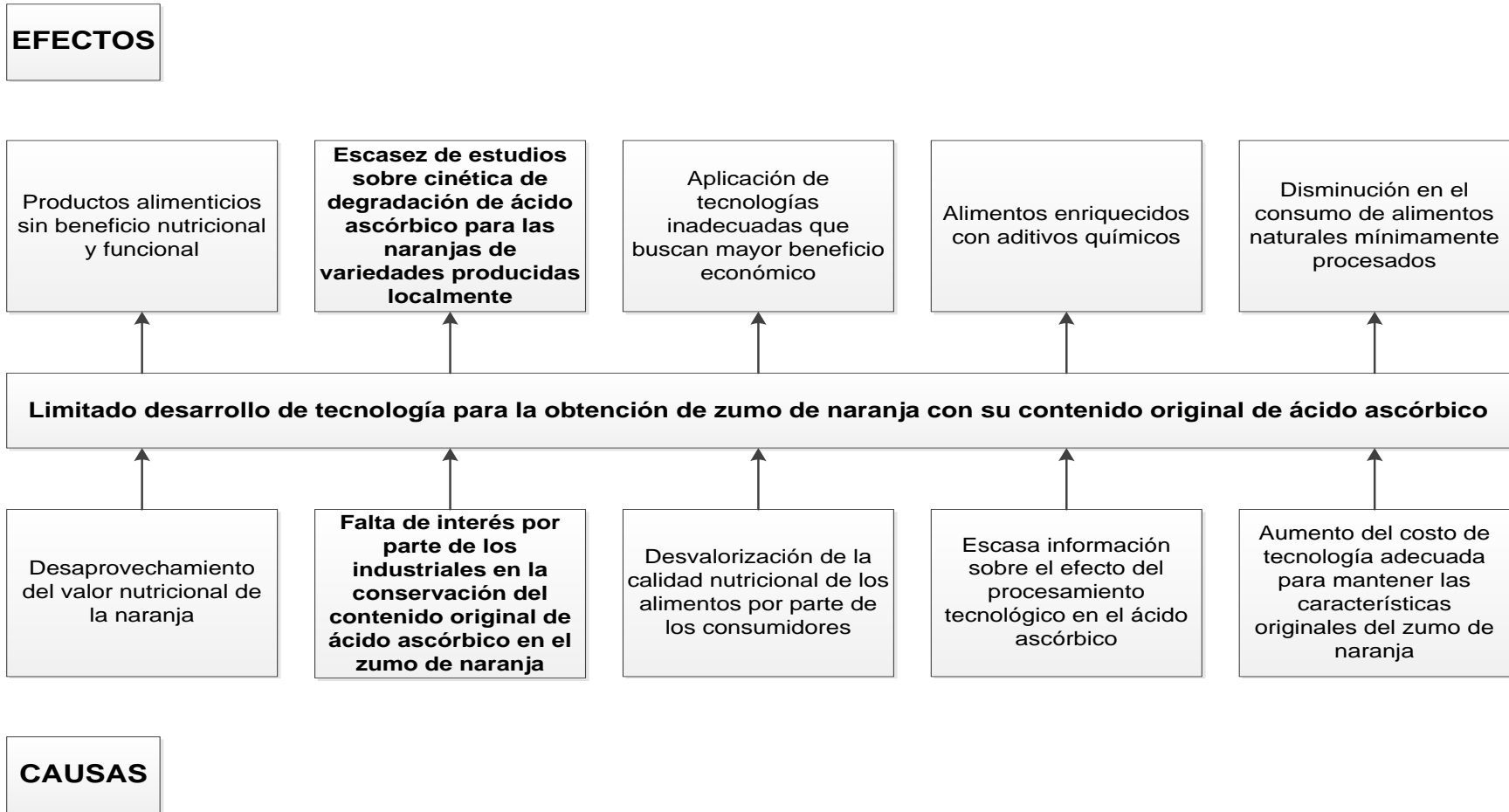


Gráfico 1. Árbol de Problemas

Elaborado por: Autor

1.3.2. Relación causa - efecto

La falta de interés por parte de los industriales en la conservación del contenido original de ácido ascórbico en zumos de naranja durante su procesamiento tecnológico, ha causado que los estudios sobre cinética de degradación de ácido ascórbico para naranjas, de las variedades producidas localmente, sean escasos.

1.4 PROGNOSIS

De no desarrollarse este estudio, no se podrán diseñar y desarrollar procesos tecnológicos que faciliten la elaboración de productos derivados de cítricos, como la naranja, para aprovechar la riqueza en ácido ascórbico que esta presenta; consecuentemente la materia prima no será aprovechada en su totalidad y la salud de los consumidores se verá afectada por la ausencia de este importante nutriente.

Se trata entonces de establecer ecuaciones cinéticas que surgen del análisis del problema, en cuanto al estudio del efecto del tratamiento térmico y la radiación ultra violeta sobre el contenido de ácido ascórbico de zumo de naranja; y posteriormente el uso múltiple como aditivo en otros procesos tecnológicos de alimentos para que sea un aporte al desarrollo tecnológico.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La limitada información del efecto del tratamiento térmico y la radiación ultra violeta en zumo de naranja sobre el contenido de ácido ascórbico, limitan el desarrollo de ecuaciones cinéticas para desarrollar procesos tecnológicos y producir alimentos con alto contenido de ácido ascórbico?

1.6 INTERROGANTES

- ¿Influirán las condiciones térmicas y de radiación en el contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja?
- ¿Las condiciones térmicas y la radiación ultravioleta afectarán el contenido de ácido ascórbico contenido en el zumo de naranja en todos los casos de estudio?
- ¿Qué cantidad de energía de activación se requiere para que inicie el proceso de degradación del ácido ascórbico en todos los casos de estudio?
- ¿Las condiciones térmicas y de radiación ultravioleta a las que es sometido del zumo de naranja influyen en la calidad microbiológica?
- ¿Se podrán aplicar los modelos matemáticos obtenidos en procesos tecnológicos?

1.7 DELIMITACIONES DEL OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación se realizará en la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

1.7.1. Delimitación del contenido

CAMPO: Alimentario

ÁREA: Agrícola

SUBÁREA: Frutícola

ASPECTO: Tecnológico investigativo

TEMA: Determinación de la cinética de degradación de ácido ascórbico en zumo de naranja (*Citrus sinensis* var. valencia) sometido a calentamiento y radiación ultravioleta para su aplicación en procesos tecnológicos.

PROBLEMA: Limitado desarrollo de tecnología para la obtención de productos con su contenido original de ácido ascórbico

1.7.2. Delimitación temporal

El proyecto investigativo se lo realizó en el periodo 2013 – 2014.

1.8 JUSTIFICACIÓN

Los alimentos cítricos constituyen una buena fuente de ácido ascórbico (la pulpa de la fruta no es solamente el único lugar donde el ácido ascórbico se encuentra, más del 75% se encuentra en la cáscara); este componente es muy indispensable para el tratamiento de algunas patologías crónicas.

Por ello, el interés de conocer el aporte de ácido ascórbico total en naranja, mediante un estudio de la degradación de este componente durante el calentamiento y la radiación ultravioleta, como factor importante y necesario para conocer ciertos beneficios o desventajas.

El ácido ascórbico es un nutriente sensible al calor (Alvarado, 1996). La degradación es compleja; se ha reportado la identificación de diecisiete productos de degradación (Eskin, 1971).

La destrucción del ácido ascórbico puede seguir una ruta aeróbica o anaeróbica; los factores que determinan la ruta y la velocidad de degradación son oxígeno, pH, catalizadores metálicos, enzimas, concentración de azúcares y aminoácidos. Con ello no se especifica la tecnología apropiada para nuestro medio, por lo que el siguiente trabajo investigativo se trata también de encontrar un modelo matemático apropiado que relacione el

contenido de ácido ascórbico con los factores de tiempo, temperatura y radiación ultravioleta, para que posteriormente pueda ser desarrollada la tecnología de procesamiento de cítricos sin alterar sus propiedades benéficas.

Para ello se elaborarán los respectivos gráficos de *Concentración de ácido ascórbico vs. Tiempo* a tres diferentes temperaturas y sometidos a radiación ultravioleta, para determinar el orden de reacción y el modelo matemático que domina la reacción.

Por otra parte, la extracción de ácido ascórbico resulta una buena alternativa para las industrias de pulpas y jugos en las que no solamente pueden aprovechar su beneficio como vitamina, sino también su poder antioxidante. La acción antioxidante de este compuesto puede servir para otros fines tecnológicos, como por ejemplo para evitar la oxidación de las grasas y el cambio de color, y de esta forma abaratar los costos de producción. De todos los antioxidantes utilizados como aditivos en la elaboración de productos alimenticios es uno de los preferidos, ya que no altera el sabor, aroma, color y no afecta las características organolépticas del producto que lo contiene.

1.9 OBJETIVOS:

1.9.1. Objetivo general

Determinar de la cinética de degradación de ácido ascórbico en zumo de naranja (*Citrus sinensis* var. Valencia) sometida a calentamiento y radiación ultravioleta para su aplicación en procesos tecnológicos.

1.9.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la temperatura y la radiación ultravioleta sobre el contenido de ácido ascórbico en zumo de naranja.
- Calcular la energía de activación necesaria para iniciar el proceso de degradación del ácido ascórbico presente en el zumo naranja.
- Realizar análisis microbiológicos durante el calentamiento y radiación para obtener los valores de tiempo de reducción decimal (valor D) y el incremento en la temperatura necesario para que el valor D se reduzca a la décima parte (valor Z).
- Proponer la ecuación cinética más favorable para aplicación en usos tecnológicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al revisar investigaciones previas que sirvan de soporte al nuevo estudio se puede citar los siguientes trabajos realizados en Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato acerca de ecuaciones cinéticas y degradación de ácido cítrico:

Garcés y Ramos (1993), determinaron la evolución en el color del extracto de vainilla durante 20 días como función de la extracción, temperatura y concentración del menstuo. Comprobaron que la evolución del color obedece a una cinética de primer orden y reportan las ecuaciones para las temperaturas de 20, 25 y 30 °C. Presentan el cálculo de la energía de activación mediante la ecuación de Arrhenius. Finalmente, realizan un análisis del fenómeno de extracción de pigmentos totales desde el punto de vista de transferencia de masa.

Chimborazo (2011), estudia el efecto del escaldado y molienda en las capacidades de absorción y retención de agua en la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de naranja. Los resultados indican que con un tratamiento de escaldado de 75 C durante por 5 minutos y con un tamaño de partícula de 250 μm se obtienen mejores resultados en cuanto a capacidad de absorción y retención de agua, con valores de 9,022 g/g y 11,5 ml/g respectivamente. En los tratamientos restantes (a mayor temperatura y menor tamaño de partícula), se obtuvo menor capacidad de retención de agua

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Al tratarse de una investigación experimental, donde se busca la explicación, predicción y control de fenómenos físicos y químicos; el enfoque del estudio se lo puede conducir a una dirección positivista, donde la generalización científica se basa en leyes naturales inmutables.

Según Dobles et al. (1998), la teoría de la ciencia que sostiene el positivismo se caracteriza por afirmar que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia particularmente con el empleo de su método.

En particular, asume existencia de un método específico para conocer la realidad y propone el uso de dicho método como garantía de verdad y legitimidad del conocimiento. Desde esta perspectiva se considera que el método científico es único, el mismo en todos los campos del saber, por lo que la unidad de todas las ciencias se fundamenta en este método. Es preciso aclarar que lo que hace a la ciencia es el método ya que determina el tratamiento de los “hechos”.

El enfoque, además, se haría en conformidad a la corriente crítico-propositiva, es decir, que se basa en una comprensión de la investigación, en identificar los cambios y una interacción renovadora.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Para establecer los requisitos de aceptación de la naranja, se usará lo propuesto en la Norma NTE INEN 1928:92 (INEN, 1992).

La Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de frutas se usará como referente de calidad (Codex, 2005).

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se usará el procedimiento Determinación de Ácido Ascórbico por método de titulación descrito por

Matissek et al. (1998): "Determinación de Ácido L-Ascórbico por el método de Tillmans".

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

El Gráfico 2 presenta la Red de Inclusiones, donde mediante una relación de jerarquía, se abarcan los elementos que describen a las variables: dependiente e independiente, así:

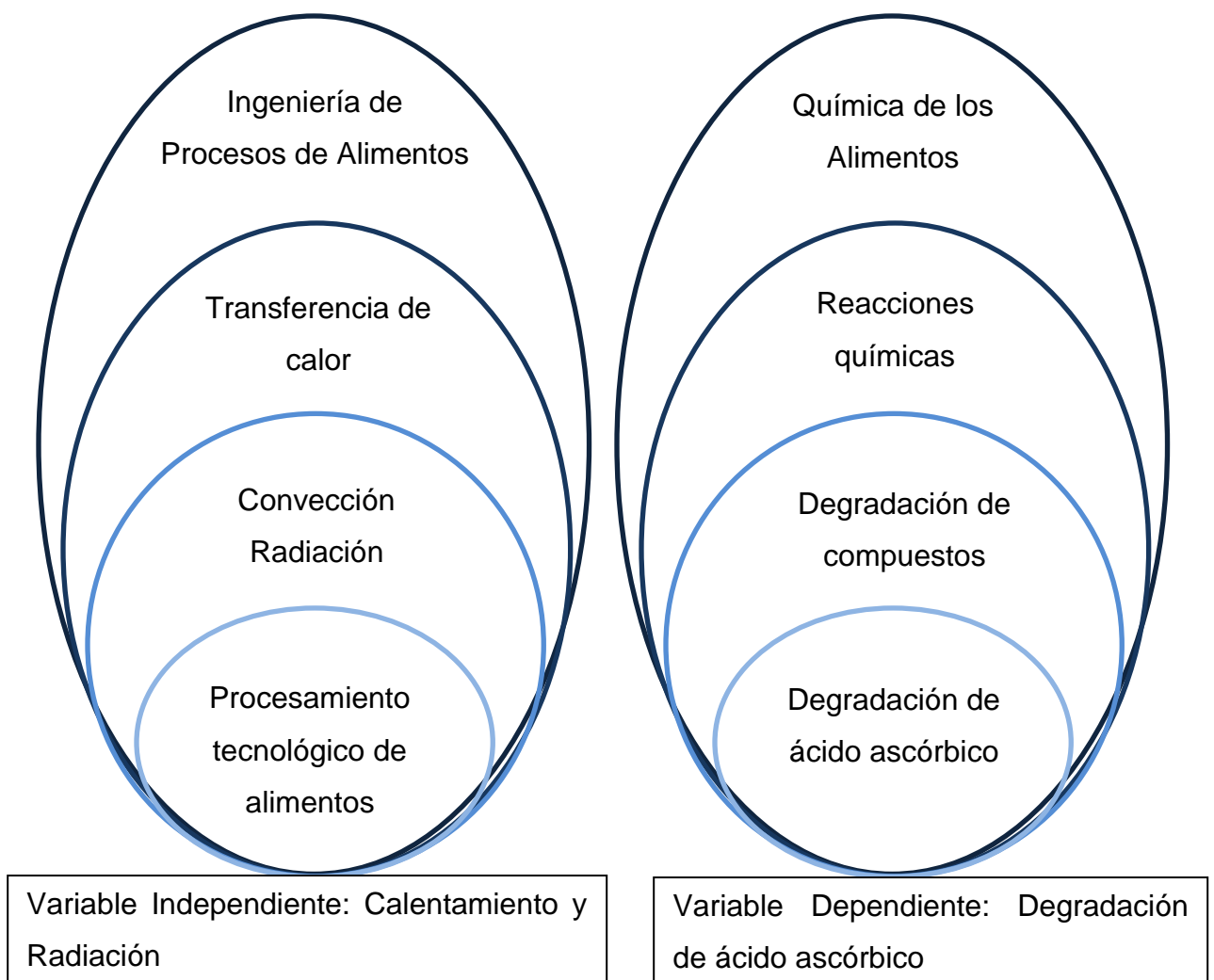


Gráfico 2. Red de inclusiones

Elaborado por: Autor

2.4.1 Marco conceptual variable independiente

2.4.1.1 Ingeniería de procesos

Ibarz et al. (2003), exponen una clara definición de ingeniería en alimentos, a la que definen como: “la actividad humana en la que se aplica el conocimiento de las ciencias físicas, naturales y económicos a los productos agrícolas en relación con su composición, contenido energético o estado físico”. Por lo tanto, un ingeniero en la industria alimentaria debe conocer los principios básicos de la ingeniería de procesos y ser capaz de desarrollar nuevas técnicas de producción.

También debe ser capaz de diseñar el equipo para ser utilizado en un proceso dado. El principal objetivo de la ingeniería de procesos de alimentos es el estudio de los principios y leyes que rigen la física, química o etapas bioquímicas de los diferentes procesos, y el aparato o equipo por el cual dichas etapas se llevan a cabo industrialmente. Los estudios deben centrarse en los procesos de transformación de las materias primas agrícolas en los productos finales, o en la conservación de materiales y productos.

Etter (1997), indica que los ingenieros resuelven problemas, pero los problemas no siempre se formulan con cuidado. Un ingeniero debe ser capaz de extraer un enunciado de problema de un análisis del mismo y luego determinar las cuestiones importantes relacionadas con él. Esto implica no sólo crear un orden, sino también aprender a correlacionar el caos; no sólo significa analizar los datos, sino también sintetizar una solución. La integración de ideas puede ser tan importante como la descomposición del problema en fragmentos manejables. La solución a un problema podría implicar no sólo un razonamiento abstracto sobre el problema, sino también aprendizaje experimental a partir del entorno del problema.

La ingeniería en alimentos, según lo definen Valentas et al. (1997), ha ido ganando reconocimiento en la industria en los últimos tres decenios. Aunque

los ingenieros en alimentos graduados son relativamente pocos, los profesionales de ingeniería en alimentos son una parte esencial de la fuerza laboral de la industria alimentaria.

La importante contribución de los ingenieros de alimentos para la industria se documenta en el flujo constante de nuevos productos alimenticios y sus procesos de fabricación, los proyectos de capital para implementar estos procesos, y el creciente número de patentes y publicaciones que abarcan esta profesión emergente.

En los últimos 30 años, los avances en ciencia de los alimentos, tecnología de los alimentos, y la ingeniería de los alimentos ha avanzado de manera exponencial. Como de costumbre, la difusión de información para este progreso se expresa en muchos medios de comunicación, tanto impresos como electrónicos. Los libros están disponibles para casi todas las áreas de especialidad dentro de estas tres disciplinas, de numeración en los cientos (Hui, 2006a).

Los cálculos de ingeniería implican la manipulación de números. La mayoría de estos números representan la magnitud de las variables físicas medibles, tales como la masa, longitud, tiempo, velocidad, área, viscosidad, temperatura, densidad, y así sucesivamente. Otras características observables de la naturaleza, como el sabor o el aroma, no pueden en la actualidad ser descritos por completo con los números apropiados; no podemos, por lo tanto, incluirlos en los cálculos (Doran, 1995).

Toledo (1999), expone que una ecuación es una declaración de la igualdad. Las ecuaciones son útiles para la presentación de los datos experimentales, ya que pueden ser manipulados matemáticamente. Además, si la función es continua, la interpolación entre los valores obtenidos experimentalmente para una variable puede ser posible. Los datos experimentales pueden ser instalados en una ecuación usando cualquiera de las técnicas siguientes:

1. Regresión lineal o polinomial
2. Linealización, transformación de datos y de regresión lineal
3. Graficación

Para Shigley (1979), el diseño de Ingeniería incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca a todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. A parte de las ciencias fundamentales que se requieren, las bases del diseño de Ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico.

Intentar aplicar principios y leyes en ingeniería de alimentos, según lo expone Alvarado (1996), es un desafío ambicioso y nada fácil, pues los alimentos son sistemas extremadamente complejos de multicomponentes, muchas veces anisotrópicos, completamente variables en su composición, termolábiles y perecederos.

Para Fellows (2000b), los objetivos de la industria de los alimentos hoy en día, como en el pasado, son cuatro:

1. Extender el período durante el que un alimento se encuentra apto para su consumo (la vida útil) por técnicas de conservación que inhiben los cambios microbiológicos o bioquímicos, y de este modo que haya tiempo suficiente para su distribución, venta y almacenamiento en el hogar.
2. Aumentar la variedad en la dieta, proporcionando una gama de sabores atractivos, colores, aromas y texturas en los alimentos (conocidos colectivamente como la calidad de comer, las características sensoriales o calidad organoléptica); un objetivo relacionado es cambiar la forma de la comida para permitir su posterior procesamiento (por ejemplo la molienda de granos a la harina).
3. Proporcionar los nutrientes necesarios para la salud (denominada calidad nutricional de un alimento).

4. Generar ingresos para la empresa fabricante.

La ruta de *diseño/proceso/fabricación*, que consiste en llevar una idea de concepto a producto, es algo que los ingenieros deben entender por experiencia propia. Cada paso de este proceso utiliza análisis de diseño, control de máquina, ensamblado con robots, aseguramiento de la calidad y análisis de mercados (Etter, 1997).

Es necesario definir la palabra proceso. En ingeniería, proceso es “la secuencia de eventos necesarios para producir un producto” (Holdsworth & Simpson, 2007).

2.4.1.2 Transferencia de calor

Incropera & DeWitt (1999), definen a la transferencia de calor como “la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas”. Esplugas & Chamorro (2005), amplían esta información indicando que el calor que se transmite, no puede ser medido ni es observable directamente; pero sus efectos, preferentemente variaciones de energía interna, permiten su medida.

Geankoplis (1998), señala que la transferencia de energía en forma de calor es muy común en procesos químicos y de otros tipos. La transferencia de calor suele ir acompañada de otras operaciones unitarias, tales como el secado de maderas o alimentos, la destilación de alcohol, la quema de combustible y la evaporación.

La transferencia de calor se verifica debido a la fuerza impulsora debido a una diferencia de temperatura por la cual el calor fluye de la región de alta temperatura a la de temperatura más baja.

Holdsworth & Simpson (2007), indican que hay tres modos de transferencia de calor, que contribuyen al proceso global en diferentes proporciones: conducción, convección y radiación. La conducción es la transferencia de calor por el movimiento molecular en cuerpos sólidos. La convección es la

transferencia de calor por el flujo de fluido, creado por las diferencias de densidad y los efectos de flotabilidad, en productos fluidos. La radiación es la transferencia de energía electromagnética entre dos cuerpos a diferentes temperaturas.

Los procesos de calentamiento y enfriamiento son importantes en el procesamiento de alimentos ya que generan muchos de los cambios deseables, así como reacciones indeseables. La velocidad y extensión de estas reacciones se pueden controlar mediante el control de la tasa de transferencia de calor. Por lo tanto, las características de calefacción y refrigeración deben ser comprendidas para lograr cambios en los alimentos (Heldman & Lund, 2007).

Desde el punto de vista ingenieril, el problema clave es la determinación de la tasa de transferencia de calor para una diferencia de temperatura especificada. Para estimar el costo, posibilidad y tamaño del equipo necesario para transferir una cantidad de calor especificada en un tiempo dado, se debe efectuar un análisis de transferencia de calor (Kreith et al., 2011).

Cengel (2007), indica que un aparato o proceso de ingeniería puede estudiarse *en forma experimental* (realización de pruebas y toma de mediciones) o *en forma analítica* (mediante el análisis o la elaboración de cálculos). El procedimiento experimental tiene la ventaja de que se trabaja con el sistema físico real, y la cantidad deseada se determina por medición, dentro de los límites del error experimental. Sin embargo, este procedimiento es caro, tardado y, con frecuencia, impráctico. Además, el sistema que se esté analizando puede incluso no existir. El procedimiento analítico (que incluye el procedimiento numérico) tiene la ventaja de que es rápido y barato, pero los resultados obtenidos están sujetos a la exactitud de las suposiciones, de las aproximaciones y de las idealizaciones establecidas en el análisis. En los estudios de ingeniería, es frecuente que se logre un buen término medio al reducir los posibles diseños a unos cuantos, por medio del análisis, y verificando después en forma experimental los hallazgos.

Sin embargo, en aplicaciones de intercambiadores de calor, el gradiente de temperatura a través de la pared delgada de acero inoxidable impulsa la transferencia de calor predominantemente en la dirección que cruza la pared, y hay poco o ningún gradiente de temperatura (potencial) que causa el calor para viajar a lo largo del material de la pared de metal en cualquiera de las otras dos direcciones. Por lo tanto, podemos limitar nuestro análisis de la conducción de calor al más simple caso de una dimensión y un constante estado de conducción de calor a través de una pared de placa plana (Figura & Teixeira, 2007). El equipo va bajo muchos nombres, tales como calderas, pasteurizadores, sartenes con camisa, congeladores, calentadores de aire, cocinas, hornos, etc. El rango es demasiado grande para una lista completa. Los intercambiadores de calor se encuentran ampliamente dispersos por toda la industria de procesos de alimentos (Hui, 2006a).

Valentas et al. (1997), señalan que la velocidad de calentamiento de un objeto o de un producto en un contenedor es una función de la geometría del objeto o el contenedor, sus propiedades físicas, y las características de transferencia de calor del objeto o el contenedor. La naturaleza o la consistencia de un producto alimenticio o farmacéutico, la presencia de partículas, y el uso de agentes espesantes y azúcares en el líquido de cobertura son algunos de los factores que determinan si el producto se calienta por convección o por conducción.

a) **Conductividad térmica**

Heldman & Lund (2007), definen a la conductividad térmica (k), como la tasa de transferencia de calor (q) través de una unidad área de la sección A , cuando una diferencia de temperatura de la unidad ($T_1 - T_2$) se mantiene sobre una distancia de la unidad (L) (Ecuación 1).

$$k = \frac{qL}{A(T_1 - T_2)} \quad [1]$$

La razón por la que diferentes materiales tienen diferentes conductividades térmicas es debido a que tienen diferente composición física y química. Se debe recalcar que el calor es conducido a través de materiales sólidos por el incremento de la energía cinética impartido a las moléculas en el punto en el que el calor ingresa al material, excitando a dichas moléculas haciendo que oscilen a velocidades y amplitudes mayores (Figura & Teixeira, 2007).

Una reducción en el contenido de humedad provoca una reducción sustancial en la conductividad térmica. Esto tiene implicaciones importantes en las operaciones unitarias que implican la conducción de calor a través de los alimentos para eliminar el agua (por ejemplo: secado, fritura y liofilización). En la liofilización la reducción de la presión atmosférica también influye en la conductividad térmica de la comida. El hielo tiene una conductividad térmica más alta que el agua y esto es importante en la determinación de la tasa de congelación y descongelación (Fellows, 2000a).

Riedel (1949), propone la Ecuación 2 para determinar la conductividad térmica de soluciones de azúcar, jugos de frutas y leche

$$k = (326.8 + 1.0412T - 0.00337T^2)(0.44 + 0.54X_{water}^m)1.73 * 10^{-3} \quad [2]$$

Donde: X_{water}^m es la fracción másica de agua, T la temperatura en °C y k la conductividad térmica en W/m°C

b) Difusividad térmica

Valentas et al. (1997), indican que la difusividad térmica (α) está estrechamente relacionada con la conductividad térmica, ya que es el parámetro de transporte en la ecuación de transporte de energía que establece el balance de entalpía en un volumen isotrópico elemental delimitado por una superficie elemental, a través de los cuales hay flujos de calor en las tres direcciones de coordenadas. La difusividad térmica se puede expresar por la Ecuación 3.

$$\alpha = \frac{k}{C_p \rho} \quad [3]$$

Dickerson (1969), presentó la Ecuación 4, en la que la difusividad térmica de los alimentos es una función solo del contenido de agua:

$$\alpha = 8.8 * 10^{-8} (1 - X_{water}^m) + \alpha_{water} X_{water}^m \quad [4]$$

Donde: X_{water}^m es la fracción másica del agua y α_{water} representa a la difusividad térmica del agua

1. Transferencia de calor por conducción

Cuando en un cuerpo existe un gradiente de temperatura, la experiencia muestra que hay una transferencia de energía desde la región de alta temperatura hacia la región de baja temperatura. Se dice que la energía se ha transferido por conducción (Figura 2) y que el flujo de calor por unidad de área es proporcional al gradiente normal de temperatura (Holdman, 1998).

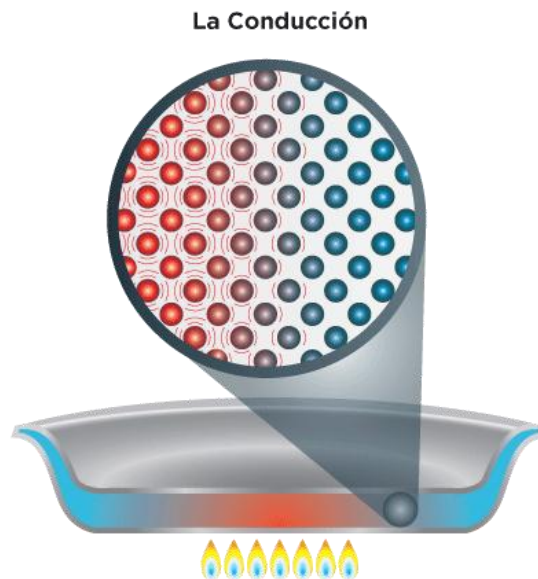


Figura 2. Transferencia de calor por conducción

Ratore & Kapuno (2011), dicen: “la conducción de calor puede ser vista como la transferencia de energía desde moléculas cargadas con más energía hacia moléculas adyacentes con menos energía en una sustancia. Cuando las moléculas con más energía en una región de alta temperatura colisionan con moléculas cargadas con menos energía en una región con menos temperatura, la transferencia de energía tiene lugar entre ellas. Las moléculas con menos energía absorben energía y debido a esto ganan temperatura, y disminuye la temperatura de las zonas moleculares cargadas con energía”.

1.1. Transferencia de calor en estado estacionario

La velocidad a la que el calor se transfiere por conducción se determina por la diferencia de temperatura entre el alimento y el medio de calentamiento o de enfriamiento, y la resistencia total a la transferencia de calor. La resistencia a la transferencia de calor se expresa como la conductancia de un material, o más útilmente como el recíproco que se denomina la conductividad térmica.

Bajo condiciones de estado estacionario la tasa de transferencia de calor se calcula utilizando la Ecuación [5]:

$$Q = \frac{kA(\theta_1 - \theta_2)}{x} \quad [5]$$

Donde Q (Js^{-1}) es la velocidad de transferencia de calor, k ($\text{Jm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{k}^{-1}$ ó $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$) = conductividad térmica, A = superficie del área, $\theta_1 - \theta_2$ (C ó K) = diferencia de temperatura y x (m) = espesor del material. $\theta_1 - \theta_2/x$ también es conocido como gradiente de temperatura (Fellows, 2000b).

Heldman & Lund (2007), presentan ecuaciones que pueden usarse para calcular la temperatura de superficie (T_s), de objetos con generación interna de calor (q), si la temperatura circundante es T^∞ , y h es el coeficiente de transferencia de calor de superficie incorporación de convección y radiación tanto para paredes planas de espesor $2L$ (Ecuación 6), para un cilindro largo sólido de radio r_1 (Ecuación 7) y para una esfera de radio r (Ecuación 8).

$$T_s = T_\infty + \frac{qL}{h} \quad [6]$$

$$T_s = T_\infty + \frac{qr_1}{2h} \quad [7]$$

$$T_s = T_\infty + \frac{qr_1}{3h} \quad [8]$$

Ibarz & Barbosa-Cánovas (2003), indican que la conducción de calor en estado estacionario se ha utilizado en diferentes experimentos para calcular la conductividad térmica de los alimentos, aunque experimentos en estado no estacionario también se pueden utilizar. De cualquier manera, se busca que las relaciones matemáticas permitan el cálculo de la conductividad térmica de un alimento dado como una función de la temperatura y la composición.

1.2 Transferencia de calor en estado no estacionario

Durante el procesamiento, como señala Fellows (2000a), la temperatura en un punto dado dentro de un alimento depende de la velocidad de calentamiento o refrigeración y la posición en el alimento. Por consiguiente, la temperatura cambia continuamente. Los factores que influyen en el cambio de temperatura son:

- La temperatura del medio de calentamiento
- La conductividad térmica del alimento
- El calor específico del alimento

La Ecuación 9 representa la fórmula básica para transferencia de calor en estado no estacionario es:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{k}{\rho c} \frac{d^2\theta}{dx^2} \quad [9]$$

donde $\frac{d\theta}{dt}$ es el cambio de temperatura con el tiempo.

2.4.1.3 Convección – Radiación

a) Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la *conducción* y el *movimiento de fluidos*. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Cengel, 2007). Kreith et al. (2011), señalan que la transferencia de calor por conducción se puede modelar y describir con facilidad de manera matemática. Las relaciones físicas gobernantes asociadas son ecuaciones diferenciales parciales, que son susceptibles a solucionarse mediante métodos clásicos.

La transferencia de calor por convección es muy importante cuando se estudia el intercambio de calor entre dos fluidos separados por una pared de tal manera que uno de ellos cede calor a la otra, de modo que el primer fluido se enfría mientras que el segundo se calienta (Figura 3). Los dispositivos en los que se lleva a cabo esta transmisión de calor se denominan intercambiadores de calor (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2003).



Figura 3. Transferencia de calor por convección

Originalmente sugerido por Prandtl, la resistencia a la transferencia de calor puede ser considerado para ser localizado en una capa límite dentro del fluido presente en la superficie del material sólido. Aunque este concepto es para situaciones ideales, que ha sido ampliamente utilizado en el estudio de la transferencia de calor por convección.

Utilizando el concepto de la capa límite, la tasa de transferencia de calor por convección puede ser descrita por la Ecuación 10 (Heldman & Lund, 2007).

$$q = hA(T_2 - T_{\infty}) \quad [10]$$

El coeficiente de transferencia de calor por convección (h), ha sido medido por numerosos investigadores para una variedad de diferentes condiciones. Este coeficiente depende de las propiedades del fluido, tales como conductividad (k), densidad (ρ), calor específico (c_p), viscosidad (μ), velocidad de flujo, y la forma geométrica del objeto sometido a calentamiento o enfriamiento. Usando análisis dimensional, las correlaciones se han desarrollado para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección.

Figura & Teixeira (2007), indican: “En el caso de la transferencia de calor por convección, el fluido que experimenta calentamiento o enfriamiento también se mueve. Este movimiento puede ser debido al efecto de flotabilidad natural de la disminución de la densidad con un aumento de temperatura (convección natural), o puede ser provocada artificialmente por impartir energía mecánica para el fluido, tal como con bombas o ventiladores para líquidos y gases, respectivamente (convección forzada).”

a.1) Convección Natural

Holdsworth & Simpson (2007), indican que el proceso de la convección natural implica inicialmente calor transferido por conducción en las capas externas de fluido adyacentes a la pared calentada, lo que resulta en una disminución en

la densidad, y se eleva la capa de fluido calentado. Cuando se llega a la parte superior del líquido en el espacio de cabeza, el movimiento del fluido inducido hace que se caiga en el núcleo central, el fluido caliente desplazado a ese muro que está sustituido por fluido frío en el núcleo.

Heldman & Lund (2007), indican que en el modo de convección natural de transferencia de calor, la temperatura del fluido afecta a su densidad, que hace que las fuerzas de flotación a desarrollar. La Ecuación 11 es la relación funcional que se utiliza para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección.

$$N_{Nu} = f(N_{Gr}, N_{Pr}) \quad [11]$$

a.2) Convección Forzada

La transferencia de calor con convección forzada usualmente involucra amplias diferencias de temperatura. Sus aplicaciones prácticas existen ampliamente en varias ramas de la industria, como la metalurgia, química, mecánica, energía, eléctrica e industria de alimentos. La transferencia de calor en superficies de ollas de cocción, hornos de calentamiento y fundición, intercambiadores de calor, condensadores, y otros tipos de equipamiento industrial es causada generalmente por diversas formas de convección forzada (Shang, 2011).

Fellows (2000b), dice: “la convección forzada tiene lugar cuando se utiliza un agitador o un ventilador para agitar el fluido. Esto reduce el espesor de la película límite para producir tasas más altas de transferencia de calor y una redistribución más rápida de la temperatura. En consecuencia, la convección forzada se utiliza con más frecuencia que la convección natural en el procesamiento de alimentos. Ejemplos de convección forzada incluyen mezcladores, secadores de lecho fluidizado, congeladores de aire y los líquidos bombeados a través de intercambiadores de calor”.

Según lo indicado por el manual de Química Avanzada Nuffield (1984), el tiempo necesario para matar las bacterias decrece rápidamente al aumentar la temperatura. En base a esto, Ellner (2000), define al valor D_{10} (tiempo de reducción decimal) como el tiempo necesario para reducir el recuento total en una potencia decimal, es decir, para destruir el 90% de las células. Este valor, (ver Figura 4) por lo tanto, es una medida de la termosensibilidad de los microorganismos.

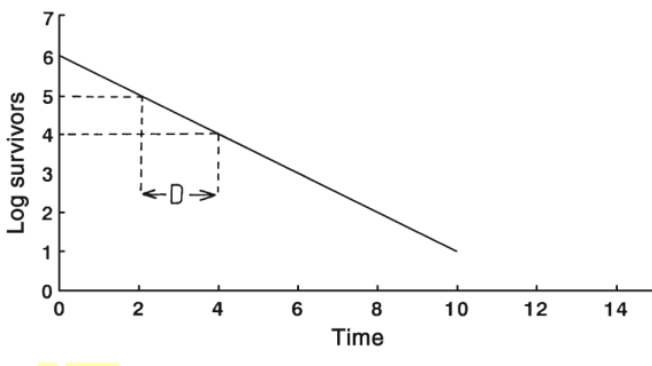


Figura 4. Representación gráfica del tiempo de reducción decimal

El valor z , de acuerdo con la definición dada por Jay et al. (2005), se refiere a los grados Fahrenheit requeridos para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico. Matemáticamente, este valor es igual a la inversa de la pendiente de la curva del tiempo de destrucción decimal (Figura 5). Considerando que D_{10} refleja la resistencia de un organismo a una temperatura específica, z proporciona información sobre la resistencia relativa de un organismo a diferentes temperaturas de destrucción; que permite el cálculo de procesos térmicos equivalentes a diferentes temperaturas.

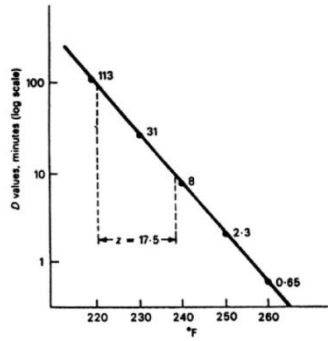


Figura 5. Representación gráfica del valor inverso del tiempo de reducción decimal

b) Radiación

La transferencia de calor por radiación se vuelve más importante debido al aumento de los niveles de temperatura y puede ser totalmente dominante sobre la conducción y convección. Por lo tanto, la radiación térmica es importante en aplicaciones de combustión. Como la tecnología moderna se esfuerza para obtener eficiencias más altas, esto requiere temperaturas más altas y más altas, por lo que la radiación térmica cada vez más importante (Modest, 2013).

La radiación es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas, de manera similar a las ondas electromagnéticas que propagan y transfieren la luz (Figura 6). La transferencia radiante de calor se rige por las mismas leyes que dictan el comportamiento de la transferencia de luz. Los sólidos y los líquidos tienden a absorber la radiación que está siendo transferida a través de ellos, por lo que la radiación es más importante en la transferencia a través del espacio o de gases (Geankoplis, 1998).

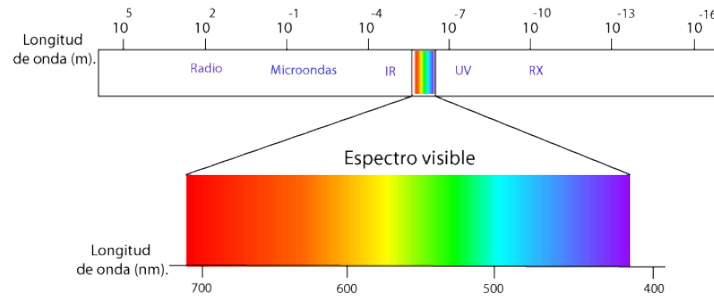


Figura 6. Espectro electromagnético

La radiación térmica tiene una longitud de onda de 0,8 a 400µm y no requiere medio para transmitir su energía. La transferencia de energía por radiación implica tres procesos: en primer lugar, la conversión de la energía térmica de una fuente caliente en ondas electromagnéticas, en segundo lugar, el paso de las ondas de la fuente de calor para el receptor frío, y tercero, la absorción y la reconversión de los las ondas electromagnéticas en energía térmica (Holdsworth & Simpson, 2007).

En los estudios de transferencia de calor es de interés la *radiación térmica*, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura (Figura 7). Es diferente de las otras formas de radiación, como los rayos x, los rayos gamma, las microondas, las ondas de radio y de televisión, que no están relacionadas con la temperatura. Todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica (Cengel, 2007).

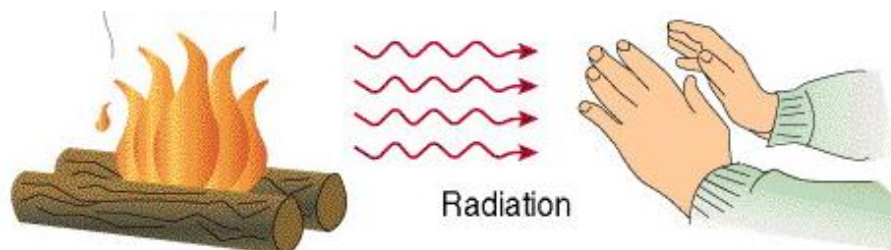


Figura 7. Transferencia de calor por radiación

Fellows (2000a), indica que en los alimentos que tienen un alto contenido de humedad, el agua es ionizada por la radiación. Los electrones son expulsados de las moléculas de agua y se rompen los enlaces químicos. Los productos entonces se recombinan para formar hidrógeno, peróxido de hidrógeno, los radicales de hidrógeno (H⁻), radicales hidroxilo (OH⁻) y radicales hidroperoxilo (HO₂⁻). Los radicales son extremadamente de corta duración (menos de 10⁻⁵ s), pero son suficientes para destruir las células bacterianas.

La irradiación como método de conservación o simplemente como procedimiento para ampliar la vida útil de diversos alimentos ha sido estudiada ampliamente durante más de cuatro décadas. En 1981, el Comité de Expertos Conjunto FAO/IAEA/WHO llegó a la conclusión, tras comprobar los hechos, de que no existía riesgo toxicológico asociado con los alimentos irradiados hasta una dosis de 10 KGy (Arthey & Dennis, 1992).

Hay cuando menos, de acuerdo con Desrosier (2000), seis distintas áreas de aplicación para el procesado por radiación de los alimentos:

1. Para calificar, un producto esterilizado por radiación, debe cumplir con altos estándares apelando al consumidor, valor nutritivo, sanidad, economía y estabilidad de almacenamiento, en competencia con otros productos preservados.
2. Aplicación de dosis limitadas de radiación para prolongar la vida de almacenamiento de productos del mercado, tales como carnes cortadas, pescado fresco y frutas y hortalizas frescas
3. La destrucción de insectos en varias etapas del ciclo de vida en los productos alimenticios
4. Los procesos de crecimiento de los tejidos vegetales son sensibles a la radiación (inhibición de brotes) (Figura 8).
5. Uso potencial como operaciones unitarias en las industrias alimenticias

6. Destrucción de parásitos en los alimentos del hombre y la destrucción de los organismos envenenados en los alimentos.

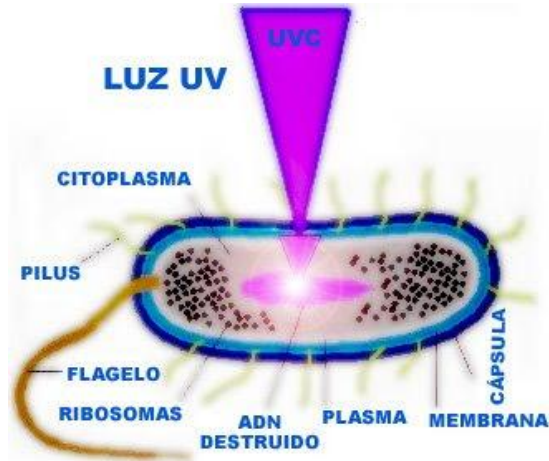


Figura 8. Efecto de la luz ultravioleta sobre la célula

La radiación UV produce daños en el ADN microbiano y en menor medida desnaturalización de proteínas (Kuo et al., 1997). Morata (2010), señala que durante la aplicación de radiación UV se producen lesiones en el ADN (ver Figuras 8 y 9) distribuidas aleatoriamente entre la población microbiana tratada.

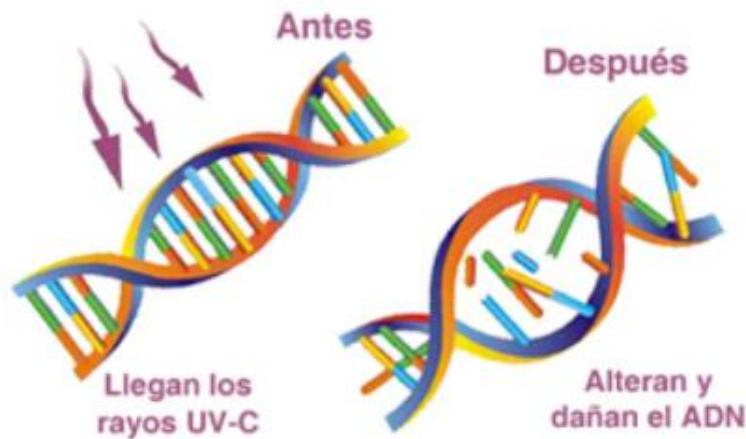


Figura 9. Efecto de la luz ultravioleta sobre el ADN de las células

Aunque la radiación más afectiva es la que se encuentra en el rango de 200 – 280 nm, la irradiación con UV de longitud de onda en el rango 320 – 400 nm produce radicales hidroxiperóxido que reaccionan con los ácidos grasos insaturados de la membrana lo que induce cambios en su permeabilidad, por lo que también los rayos UV tienen cierto efecto sobre la viabilidad celular (Bintsis et al., 2000).

2.4.1.4 Procesamiento tecnológico de alimentos

El estudio científico de los alimentos, como lo señala Lawrie (1967), se convirtió por derecho propio en una disciplina independiente al final de la guerra de 1939 – 1945. Este avance refleja el creciente reconocimiento del hecho de que la calidad de las sustancias alimenticias se halla determinada por una secuencia lógica de circunstancias (Figura 10) que comienza con la concepción del animal o la germinación de la semilla y culmina con el consumo.

A los mejor, la producción de alimentos podría incrementar en la misma cantidad cada año, lo que significa que la producción de alimentos podría normalmente incrementarse en una tasa lineal o casi lineal. Pero aunque esa tasa lineal de crecimiento puede eventualmente ser imposible de mantener, como tierras disponibles, agua, u otros recursos son usados, y la producción de alimento podría empezar a disminuir (Ramaswamy & Marcotte, 2006).



Figura 10. Cadena productiva de alimentos

Transformación de los alimentos es el sistema de métodos y de técnicas usados para transformar ingredientes crudos en alimentos para el consumo de seres humanos o animales. La industria de transformación de los alimentos utiliza diferentes procesos. Además toma a menudo un componente alimentario limpio, cosechado y/o matado y lo somete a aplicaciones que elabora un producto atractivo y comercial (Pineda, 2003).

Lusas & Rooney (2001), indican que el comercio de materias primas y alimentos procesados a nivel internacional, o entre compradores y vendedores desconocidos, requieren de un vocabulario común sobre las características del producto. Tres cambios significativos han ocurrido en el último cuarto de siglo:

- Se han mejorado los métodos analíticos
- Análisis en laboratorios analíticos y procedimientos de certificación
- Normas internacionales de gestión de calidad.

Para los consumidores, los atributos más importantes de un producto alimenticio son sus características sensoriales (textura, flavor, aroma, forma y color). Estos determinan una preferencia individual por productos específicos

y diferencias menores entre marcas o productos similares pueden tener una influencia substancial en la aceptabilidad. Un objetivo para fábricas de alimentos es desarrollar y emplear tecnologías de procesamiento para retener o crear cualidades sensoriales deseables o reducir cambios indeseables en el alimento debido al procesamiento (Da – Wen Sun, 2005).

Saravacos & Kostaropoulos (2002), exponen que el diseño de procesos se refiere al diseño de procesamiento de alimentos y métodos de manufactura, incluyendo procesos de diagramas de flujo, diseño de equipos de procesos y control, y evaluación económica de los procesos. El diseño de plantas se refiere al diseño de toda la planta de procesamiento, incluyendo los equipos de procesamiento/control, las utilidades, los edificios de la planta, y las unidades de tratamiento de desperdicios. Los dos términos son usados intercambiabilmente en la literatura técnica. Ambos procesos y el diseño de plantas son partes básicas de estudios de viabilidad e implementación de un proyecto industrial, como los de plantas de procesamiento de alimentos.

a) Objetivos de la ciencia y tecnología de los alimentos

No puede existir ninguna duda que en este mundo cada vez más competitivo en el que las operaciones de manufactura, servicios y gobierno se convierten más intensivas en conocimiento, los ganadores serán aquellos de quienes sus fuerzas de trabajo sean mejor educadas y entrenadas en todos los niveles (Morton & Lenges, 1992). Esto, de acuerdo con Sivansakar (2002), incluye los siguientes pasos:

- i) Hacer alimentos saludables, nutritivos y apetitosos a tasas económicas.
- ii) Mejorar los valores nutritivos y minimizar la pérdida de los nutrientes esenciales durante el procesamiento y la preservación.
- iii) Asegurar períodos prolongados de estabilidad en almacenamiento incluso a elevadas temperaturas.

- iv) Comercializar los alimentos procesados de densidad calórica alta en formas compactas y fácilmente reconstituibles, en peso ligero y en contenedores de fácil apertura.
- v) Prevenir el envenenamiento por alimentos, contaminación o adulteración.
- vi) Atender a los requerimientos dietéticos especiales de astronautas, pacientes, personas deportistas y niños.
- vii) Improvisar operaciones mecánicas de procesamiento como la cosecha para reemplazar o minimizar la mano de obra
- viii) Desarrollar nuevas variedades de alimentos instantáneos y convenientes.

b) Seguridad alimentaria para el consumidor

El alimento preparado apropiadamente para nuestras mesas con productos recién cosechados, recogidos o matados, ofrece el máximo de valor nutritivo. Desafortunadamente no es posible distribuir o producir en masa nuestros alimentos para hacer posible la existencia de esta condición. Por lo tanto, debemos prevenir la descomposición de nuestros productos alimenticios (Desrosier, 2000). González (2007), indica que la seguridad (o inocuidad de los alimentos) es la condición de los alimentos que garantiza que no causaran daño al consumidor cuando se preparen y /o consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.

Los consumidores son multidimensionales y multifacéticos, según el criterio de (Schmidt & Rodrick, 2003). Las poblaciones difieren en edad, experiencias de vida, salud, conocimiento, cultura, sexo, orientaciones políticas, necesidades nutricionales, poder adquisitivo, influencia de los medios, ocupación, y educación. El efecto de las interrelaciones de estos factores en una descripción individual de “alimento seguro” no ha sido establecido.

La descripción de ciertos consumidores de un alimento seguro contiene ciertos elementos claves:

- El alimento ha sido manejado apropiadamente, incluyendo un lavado a fondo de pescados y aves de corral que serán cocidas o cualquier cosa que será comida en estado crudo.
- Alimento seguro significa que ha sido preparado en superficies limpias y sanitizadas con utensilios y platos que también ha sido sanitizados.

El sentido común es la principal guía para consumidores educados e informados.

Otros consumidores quieren alimentos seguros que retengan las vitaminas y minerales pero que no tengan pesticidas perjudiciales. También describen como alimento seguro como aquel que se encuentra dentro de su vida útil y que ha sido almacenado y distribuido bajo controles apropiados de temperatura.

2.4.2 Marco conceptual variable dependiente

2.4.2.1 Química de los Alimentos

Desde un punto de vista físico (estructura) y químico (composición), los alimentos pueden contemplarse como sistemas multicomponentes, polifásicos y multicompartimentados (Martínez et al., 1998). Este hecho explica, de acuerdo con Boatella et al. (2004), por una parte, la existencia de interacciones entre los componentes de los mismos y también con su entorno y, por otra, la inestabilidad fisicoquímica de los sistemas alimentarios. Desde un punto de vista termodinámico, como exponen Martínez et al. (1998), en su mismo seno puede producirse también con el tiempo, una transferencia de algunos de sus componentes desde unas estructuras a otras o un cambio composicional en sus diferentes fases. Por ello es importantes tener bien definido el sistema alimento-entorno y conocer la condición de equilibrio a que

va a tender este sistema en función de la transferencia de materias que se produzca en el mismo.

La química de los alimentos, según la definición de Badui (1999), está directamente relacionada con todas las transformaciones que sufren éstos a los largo de las manipulaciones a las que están sujetos. Es una ciencia que cada día va adquiriendo mayor importancia puesto que representa la estructura básica del conocimiento en el que se apoyan todas las tecnologías relacionadas con los alimentos. A esto, Herrera et al. (2003), agregan que la química de los alimentos se basa en los principios de Química Física, Química Orgánica, Química Analítica y Química Biológica, enfatizando en la comprensión de los conceptos químicos necesarios para establecer las relaciones entre la composición química y las propiedades funcionales, nutricionales y organolépticas de los alimentos (Figura 11).

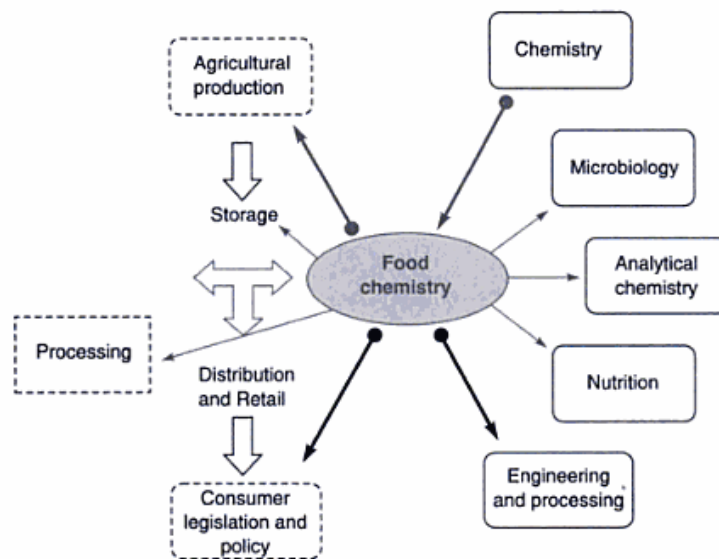


Figura 11. Relación de química de los alimentos con otras ciencias

La Figura 11 muestra que la química de los alimentos se extiende hacia la agronomía, cosecha, extracción, procesamiento y/o refinamiento, packaging, almacenamiento, distribución y venta al por menor. Debemos estudiar a la

química de los alimentos también en el comportamiento de los ingredientes alimenticios durante el procesamiento de los mismos (Owusu-Apenten, 2004).

a) Composición química de los Alimentos

Desde un punto de vista dietético, en la composición química de los alimentos se consideran:

- a) Agua, que confiere peso y volumen
- b) Sales minerales, imprescindibles para mantener los equilibrios iónicos.
- c) Azúcares, casi siempre en forma de almidón
- d) Grasas, de gran contenido energético pero dependientes de los azúcares para su correcto metabolismo
- e) Proteínas, con funciones eminentemente plásticas
- f) Vitaminas y oligoelementos, con finalidades catalíticas (Macaruña & Goñi, 1994).

Cuando se determina la composición química de un alimento, según Bello (2000), pueden aparecer especies químicas que no corresponden a lo aportado por las materias primas usadas en su elaboración, ni proceden de reacciones químicas originadas por los procesos de fabricación. En estos casos, se trata de sustancias que se encuentran en el alimento por dos razones:

- Han llegado al mismo por una contaminación, que debería haber sido evitada.
- Responden a una adición intencionada

b) Enfoque del estudio de la química de los Alimentos

Es deseable establecer un enfoque analítico de la formulación química de los alimentos, procesamiento, y estabilidad durante el almacenamiento, para que esos hechos que derivan de del estudio de un alimento o sistema modelo pueda mejorar nuestro entendimiento de otros productos. De acuerdo a Fennema (1996), hay cuatro componentes para este enfoque:

1. Determinar aquellas propiedades que son características importantes de alimentos seguros y de alta calidad.
2. Determinar aquellas reacciones químicas y bioquímicas que tienen influencia importante en la pérdida de calidad y/o salubridad de los alimentos
3. Integrar los dos primeros puntos para que entender las reacciones químicas y bioquímicas influencias a la calidad y seguridad, y
4. Aplicar este entendimiento a varias situaciones encontradas durante la formulación, procesamiento y almacenamiento de alimentos.

a. Atributos de seguridad y calidad

La seguridad alimentaria requiere que la gente tenga acceso a alimentos que sean adecuados en calidad y cantidad. Literalmente, la “calidad” denota propiedades únicas que distinguen a un objeto, materia o producto de los otros. Un alimento de calidad no es una designación precisa, sino se basa en comparación con un producto alimenticio contra un conjunto de criterios estándar, algunos cuantitativos, otros subjetivos (Hulse, 1995).

b. Reacciones químicas y bioquímicas

Un gran número de complejas reacciones químicas, principalmente de carácter endotérmico, ocurren en plantas. Cuando vegetales y frutas son cosechados y almacenados, cambios químicos y bioquímicos empiezan a suceder (Eskin, 1971).

Hui et al. (2004), exponen que uno de los retos más grandes para los ingenieros en alimentos es mantener la calidad de los productos alimenticios por largos períodos de tiempo. Un decremento en la temperatura generalmente disminuye la tasa de reacciones químicas que son las responsables del deterioro de la calidad de los alimentos en el tiempo. A esto, Sikorski (2007), agrega que reacciones químicas y bioquímicas en alimentos frescos y procesados pueden afectar todos los atributos de calidad incluyendo el color, apariencia, flavor, aroma, textura, valor biológico, propiedades nutricionales, seguridad, e idoneidad para el procesamiento. Así, dichas reacciones deben mejorar las características que hacen a un alimento comestible o en otro caso delimitan su tiempo de almacén.

c. Efecto de las reacciones en la seguridad y calidad de los alimentos

El deterioro de alimentos usualmente consiste en series de eventos primarios seguidos de eventos secundarios, los cuales, sucesivamente, hacen que las alteraciones que han sufrido los alimentos sean evidentes (Cuadro 2). Nótese particularmente que un dado atributo de calidad puede ser alterado como resultado de diferentes eventos primarios (Fennema, 1996).

Cuadro 2. Clasificación de las alteraciones que pueden ocurrir en alimentos durante el manejo, procesamiento o almacenamiento

Atributo	Alteración
Textura	Pérdida de solubilidad Pérdida de capacidad de retención de agua Endurecimiento Reblandecimiento
Sabor	Desarrollo de: Rancidez (hidrolítica u oxidativa) Sabores a cocido o caramelo Otros sabores indeseables Sabores deseables
Color	Oscurecimiento Blanqueamiento Desarrollo de otros colores indeseables Desarrollo de colores deseables (durante el horneado)
Valor nutritivo	Pérdida, degradación o alteración de la biodisponibilidad de proteínas, lípidos, vitaminas, minerales
Seguridad	Generación de sustancias tóxicas Desarrollo de sustancias que protegen a la salud Inactivación de sustancias tóxicas

La secuencia en el Cuadro 3 puede ser aplicada en dos direcciones, observando de izquierda a derecha puede considerarse un evento primario particular, los eventos secundarios asociados, y los efectos sobre un atributo de calidad.

Cuadro 3. Algunas reacciones químicas y bioquímicas que pueden liderar la alteración de la calidad y seguridad de los alimentos

Tipos de reacción	Ejemplos
Pardeamiento no enzimático	Beneficios del horneado
Pardeamiento enzimático	Frutas cortadas
Oxidación	Lípidos (sabores indeseables), degradación de vitaminas, decoloración de pigmentos, proteínas (pérdida de valor nutritivo)
Hidrólisis	Lípidos, proteínas, vitaminas, carbohidratos, pigmentos
Interacciones de metales	Complexación (antocianinas), pérdida de magnesio de la clorofila, catálisis de oxidación
Isomerización lipídica	Cis → trans, no conjugados → conjugados
Ciclización lipídica	Ácidos grasos monocíclicos
Polimerización lipídica	Formación de espuma durante frituras profundas
Desnaturalización proteica	Coagulación de la clara del huevo, inactivación enzimática
Entrecruzamiento proteico	Pérdida de valor nutritivo durante el procesamiento alcalino
Síntesis de polisacáridos	En plantas post cosecha
Cambios glicolíticos	Tejidos animales post mortem, tejidos vegetales post cosecha

d. Análisis de situaciones encontradas durante el almacenamiento y procesamiento de los alimentos

El objetivo primario es mantener la mejor calidad posible durante el almacenamiento, y por lo tanto evitar el deterioro en almacenamiento. El deterioro bioquímico surge a través de la actividad bioquímica en el interior del

alimento conllevando a la reducción en la calidad del alimento, como la respiración de frutas y vegetales; enranciamiento de productos horneados; reacciones de pardeamiento enzimático; desarrollo de rancidez en alimentos grasos (Brennan & Grandison, 2012).

Heldman & Hartel (1999), se refieren a los cambios en los alimentos durante el almacenamiento en congelación. Indican que en general, los pigmentos que establecen el color del producto, sabores, y nutrientes no cambian significativamente debido al proceso de congelación. En otro punto, estos atributos de calidad pueden durante el almacenamiento como resultado de cambios que ocurren durante el congelamiento. En adición, el grado de cambio en la calidad de los alimentos durante el procesamiento será influenciado dramáticamente por la temperatura de almacenamiento.

2.4.2.2 Reacciones químicas

Wentworth (1977), indica que una reacción química es un proceso por el que una o varias sustancias reaccionan químicamente entre sí para producir nuevas sustancias. La ecuación química (Figura 12) indica los números relativos de moléculas, átomos o iones que participan en la reacción química como reactivos o como productos.

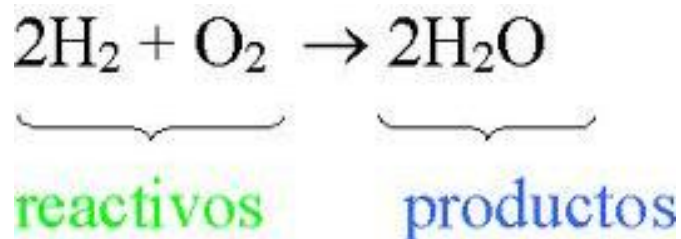


Figura 12. Ejemplo de reacción química

Cárdenas & Gélvez (1998), indican que las propiedades químicas de una sustancia hacen relación a su capacidad para participar en la producción de sustancias diferentes. Existe un cambio químico cuando una o varias sustancias se transforman en otras. Todo cambio químico va acompañado de

la descomposición de unas sustancias y la formación de otras. Tanto la naturaleza de las sustancias como su composición cambian. Los cambios químicos o reacciones químicas entre sustancias se representan por ecuaciones. Así, Christen (1977), señala que una reacción química durante un tiempo determinado (Δt) la concentración de las sustancias que intervienen crece o disminuye, respectivamente, (Δc). La velocidad de reacción (v) estará representada por la expresión:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} \quad [12]$$

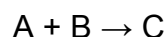
La velocidad será tanto mayor cuanto mayor sea la probabilidad de choques de distintas partículas. El número de choques es tanto mayor cuanto más alta es la temperatura (movimiento más rápido de las partículas), como también cuanto mayor sea la concentración, es decir, el número de partículas por volumen.

a) Tipos de reacciones químicas

Cabrerizo et al. (2008), indican que existen diversos criterios para clasificar las reacciones químicas

a.1) Desde el punto de vista estructural

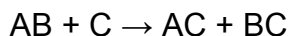
- Reacción de síntesis o de combinación, donde unos reactivos se combinan entre sí para originar un producto diferente. De forma general se representa mediante la ecuación:



- Reacciones de descomposición, que pueden ser de dos tipos:
 - *Reacción de descomposición simple*, que es la reacción inversa a la de síntesis, así:

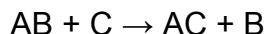


- *Reacción de descomposición mediante un reactivo*, representada por



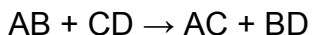
donde el compuesto químico AB reacciona con el reactivo C para originar los compuestos químicos AC y BC.

- Reacciones de sustitución o desplazamiento, representada por la ecuación



donde el compuesto químico AB reacciona con el reactivo C para formar el compuesto químico AC y liberar B.

- Reacciones de doble sustitución, con un intercambio entre los elementos químicos o grupos de elementos químicos de las sustancias que intervienen en la reacción química y se representa mediante:



A este tipo de reacciones químicas pertenecen:

- La neutralización de un ácido
- La formación de un precipitado sólido insoluble
- La producción de gases

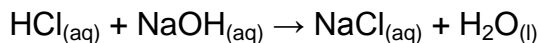
a.2) Según el tipo de energía intercambiada

- Si el intercambio de energía es **en forma de calor**, existen
 - *Reacciones exotérmicas*, que formalmente son un conjunto de reacciones de combustión.

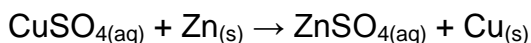
- *Reacciones endotérmicas*, como las calcinaciones o las tostaciones de diversos compuestos químicos
- Si el intercambio de energía se realiza **en forma de luz**, existen
 - *Reacciones endoluminosas*, que requieren el aporte de energía lumínica o luz al sistema, como en el caso de la fotosíntesis.
 - *Reacciones exoluminosas*, en las que es el sistema el que proporciona luz, como en el caso de la combustión del magnesio
- Si el intercambio de energía es **en forma de energía eléctrica**, hay
 - *Reacciones endoeléctricas*, como la electrólisis, en la que se requiere el aporte de energía eléctrica para que pueda tener lugar.
 - *Reacciones exoeléctricas*, que son aquellas reacciones químicas en las que el sistema transfiere al exterior energía eléctrica, como en caso de las pilas eléctricas.

a.3) Atendiendo al tipo de partícula intercambiada en el proceso

- Reacciones de ácido-base en las que se transfieren protones, como la reacción de neutralización de un ácido, como el ácido clorhídrico, y un base, como el hidróxido de sodio, según:



- Reacciones de oxidación-reducción con la transferencia de electrones como la reacción de sulfato de cobre (II) con el cinc según:



Dos aspectos fundamentales de la ingeniería de las reacciones químicas consisten en determinar, dado un conjunto de especies reactivas y condiciones de reacción. (a)Cuál será la composición final (en el equilibrio) de la mezcla de reacción, y (b) cuánto tardará el sistema en alcanzar un estado específico justo antes del equilibrio. La termodinámica del equilibrio químico se ocupa del primer aspecto y la cinética química del segundo (Felder & Rosseau, 2004).

El área de la cinética en los sistemas alimentarios ha recibido una gran atención en los últimos años, principalmente debido a los esfuerzos para optimizar o al menos maximizar la calidad de los productos alimenticios durante el procesamiento y almacenamiento. Por otra parte, una buena comprensión de la cinética de la reacción puede proporcionar una mejor idea de cómo formular o para enriquecer productos alimenticios con el fin de preservar los nutrientes o componentes existentes en un sistema alimenticio o, por otra parte, reducir al mínimo la aparición de productos indeseables de degradación. Desafortunadamente, la información disponible sobre cinética está limitada en la actualidad para los sistemas de alimentos o ingredientes que faciliten el desarrollo de productos alimenticios con la mejora de la estabilidad o la optimización de las condiciones de procesamiento (Heldman & Lund, 2007).

Hui (2006b), indica que como es conocido por la variación de las condiciones de la reacción, la cinética de una reacción aparecerá lineal durante un periodo de tiempo en la fase temprana de la reacción, y la velocidad de reacción se mide durante esta fase. Cuando las concentraciones de sustrato son variadas, los perfiles de formación de producto mostrarán dependencia lineal del sustrato.

Salinas-Hernández et al. (2007), señalan que el objetivo final de este procedimiento es modelar el cambio en las concentraciones de los constituyentes relacionados con la calidad en función del tiempo, lo que

permite expresar la tasa de pérdida de calidad mediante la Ecuación 13 expresada en términos de reactantes específicos como sigue:

$$r = \frac{\pm d[A]}{dt} = kf'[A]^a \quad [13]$$

donde: A = componente o característica del alimento; a = orden aparente o pseudo orden de la reacción para el componente A; kf' = constante aparente de reacción; \pm = aumento de una característica indeseable (+) y pérdida de un característica deseable (-).

b) Principales Reacciones químicas en Alimentos

b.1) Unimoleculares

No todas las reacciones son el resultado directo de colisiones entre moléculas. Una reacción puede ser simplemente la consecuencia de la descomposición o de la reorganización interna de una molécula. Una reacción como éstas es denominada unimolecular (Guillespie, et al., 1990).

La mayoría de las reacciones que implican la degradación de nutrientes de los alimentos son del tipo mostrado en la reacción



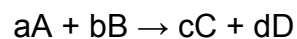
La velocidad de la reacción, r , se puede considerar como la velocidad de desaparición de la sustancia reaccionante A o la tasa de aparición de un producto de reacción. En las reacciones la velocidad de desaparición de A, dA/dt , es proporcional a una función de la concentración de A. La constante de velocidad, k , es la constante de proporcionalidad entre la velocidad de reacción y la función de la concentración de reactivo, F (A) o F (B) (Toledo, 2007).

$$\frac{dA}{dt} = kF(A) \quad [14]$$

b.2) Bimoleculares

El tipo más frecuente de reacciones que transcurren en una sola etapa (reacciones elementales) es el que corresponde a la colisión de dos moléculas de reactivos. Estas reacciones elementales son denominadas reacciones bimoleculares. Cabe esperar que la velocidad de colisión entre dos moléculas diferentes sea proporcional a las concentraciones de cada una de las moléculas (Guillespie, et al., 1990).

En general, una reacción bimolecular se presenta de la siguiente manera:



c) Velocidad de Reacción

Heldman & Lund (2007), reportan que, cuando se trata de sistemas de alimentos, un enfoque común para reportar las velocidades de reacción es como el cambio en la concentración de un reactivo como una función de tiempo. La velocidad de reacción por lo tanto proporciona una medición de la reactividad y la estabilidad de un sistema dado. Se ha observado un número de variables para influir en la velocidad de reacción. Los principales factores que incluyen: (a) la concentración de los reactivos, productos, y catalizadores; (b) los factores ambientales tales como la temperatura, la presión, y la disponibilidad de oxígeno; (c) de longitud de onda y la intensidad de la luz, y (d) propiedades fisicoquímicas tales como la viscosidad, fuerza iónica, y la conductividad. Dependiendo del tipo de reacción y los componentes, otros factores también ser influyente en el control de la cinética de reacción.

d) Orden de Reacción

El orden de reacción es la suma de los exponentes de términos de concentración de reactivo en la ecuación de velocidad (Toledo, 2007).

d.1) Reacción de Orden Cero

Heldman & Lund (2007), señalan que en las reacciones de orden cero, la velocidad es independiente de la concentración. Esto puede ocurrir en dos situaciones diferentes: (a) cuando intrínsecamente la velocidad de reacción es independiente de la concentración de los reactivos y (b) cuando la concentración del compuesto de reacción es tan grande que la velocidad de reacción global parece ser independiente de su concentración. Muchas reacciones catalizadas entran en la categoría de las reacciones de orden cero con respecto a los reactivos. Por otro lado, la velocidad de reacción puede depender de la concentración de catalizador u otros factores no relacionados con la concentración del compuesto bajo investigación.

Una característica de una reacción de orden cero es una relación lineal entre la concentración de reactivo o producto con el tiempo de la reacción (Toledo, 2007).

$$r = \frac{dA}{dt} = k \quad [15]$$

$$A = A_0 + kt \quad [16]$$

Las reacciones típicas que han sido representados por reacciones de orden cero incluyen algunos de la auto-oxidación y reacciones de pardeamiento no enzimáticas. Está claro que las reacciones de orden cero no parecen ocurrir con frecuencia en los sistemas alimentarios como otros órdenes de reacción (Heldman & Lund, 2007).

d.2) Reacción de Primer Orden

Un gran número de reacciones que se producen en los sistemas alimentarios parecen seguir una reacción de primer orden. Una expresión matemática para este comportamiento sería como la Ecuación 17 y 18:

$$r = -\frac{dA}{dt} = kA \quad [17]$$

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = kt \quad [18]$$

A_0 es la concentración de A en el tiempo = 0. Una reacción de primer orden se caracteriza por un cambio logarítmico de la concentración de un reactivo con el tiempo (Toledo, 2007).

La degradación del ácido ascórbico, por ejemplo, se ha encontrado que sigue principalmente una cinética de primer orden en los sistemas alimentarios. Por el contrario, con frecuencia se ha encontrado la degradación de ácido ascórbico en los sistemas modelo que sigue una cinética de pseudo-primer orden. Parece que la presencia de productos de degradación modifica la cinética de degradación de ácido ascórbico y, por lo tanto, su concentración inicial va a influir en su velocidad de degradación (Heldman & Lund, 2007).

d.3) Reacción de Segundo Orden

La reacción unimolecular de segundo orden, según Toledo (2007), se caracteriza por una relación hiperbólica entre la concentración del reactivo o producto, y el tiempo (Ecuaciones 19 y 20). Se obtendrá una trama lineal si $1/A$ se representa frente al tiempo. Las reacciones biomoleculares de segundo orden también pueden seguir la Ecuación de velocidad 19:

$$r = -\frac{dA}{dt} = kA^2 \quad [19]$$

$$\frac{1}{A} - \frac{1}{A_0} = kt \quad [20]$$

$$r = -\frac{dA}{dt} = kAB \quad [21]$$

e) Dependencia de la Temperatura

Entre los factores ambientales, es particularmente marcado el efecto de la temperatura, debido a la influencia de ésta sobre la velocidad de reacción, para describir el efecto de la temperatura sobre las reacciones de deterioro de alimentos la ecuación de Arrhenius ha sido ampliamente usada

$$k_T = k_0 \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \quad [22]$$

Donde k = constante cinética; k_0 = factor pre-exponencial; E_A = energía de activación (J mol^{-1}); R = constante universal de los gases ($8.3145 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$); T = temperatura (K).

Aunque la ecuación de Arrhenius se usa comúnmente para describir la dependencia de la temperatura de la velocidad de reacción en la mayoría de los sistemas alimenticios, pueden producirse desviaciones. De hecho, un gran número de factores puede contribuir a las desviaciones. Los cambios en los mecanismos de reacción pueden producirse por un gran intervalo de temperatura. Por ejemplo, es muy posible que los mecanismos de deterioro puedan cambiar en condiciones por debajo del punto de congelación debido a un efecto de concentración (Heldman & Lund, 2007).

Por otro lado, a altas temperaturas, pueden producirse cambios en el estado físico de algunos compuestos, incluyendo grasas y azúcares. Los lípidos

pueden cambiar de un estado sólido a un estado líquido, mientras que los azúcares pueden cambiar de una amorfa a una cristalina o a un estado líquido. Debido a la alta complejidad de los sistemas alimenticios, también es posible que cuando diversos mecanismos de deterioro operan simultáneamente, el efecto de la temperatura puede alterar los índices de uno haciendo así que la inhibición o la catálisis en los otros mecanismos (Heldman & Lund, 2007).

Finalmente, los cambios irreversibles, tales como la hidrólisis del almidón o la desnaturalización de la proteína pueden producirse debido a la temperatura, modificando así la reactividad del sistema. De hecho, aunque las reacciones catalizadas por enzimas tendrán una velocidad de reacción creciente a un aumento de la temperatura, una disminución será observada más allá de una cierta temperatura debido a la inactivación de la enzima (Heldman & Lund, 2007).

2.4.2.3 Degradación de compuestos

El procesamiento de alimentos puede mejorar o dañar el valor nutricional de los alimentos, a veces ambas cosas al mismo tiempo, y también puede contribuir a conservar los nutrientes que, de otro modo, se perderían durante su almacenamiento. Así, por ejemplo, congelar los vegetales rápidamente después de recolectarlos reduce la pérdida de nutrientes sensibles. Otro ejemplo son las legumbres crudas no comestibles que con un simple proceso de calentamiento (como el hervido) las hace comestibles y destruye o inactiva ciertos factores antinutricionales específicos que contienen. El proceso de hervido de las verduras conlleva una pérdida de la vitamina C, pero también puede dar lugar a la liberación de ciertos componentes bioactivos beneficiosos tales como los beta carotenos, en el caso de las zanahorias, que de otro modo serían menos accesibles durante la digestión puesto que el calor rompe las paredes celulares de la planta (Cisan, s/a).

Los alimentos son susceptibles de sufrir deterioro con el paso del tiempo. Este deterioro está influenciado mayoritariamente por la cantidad de agua que contenga el alimento, ya que es el medio donde proliferan los microorganismos. También influyen en el deterioro las condiciones ambientales como la temperatura, el pH del alimento y la cantidad de oxígeno en contacto con el mismo. Así, alimentos como la carne, el pescado, la leche y los vegetales perecen en pocos días, mientras que otros con menor contenido en agua, como la harina, legumbres y frutos secos, si se conservan adecuadamente, pueden almacenarse durante más tiempo sin sufrir alteraciones (Mataix, 2002).

De acuerdo con Hernández & Sastre (1999), las principales modificaciones que pueden sufrir los alimentos a lo largo de su cadena alimentaria pueden ser de naturaleza química, física o microbiológica. Las consecuencias que se pueden derivar de estas modificaciones pueden ser de tipo higiénico-sanitario, sensorial o nutricional.

La composición química de un alimento en su estado natural, de acuerdo a lo expuesto por Serra & Aranceta (2006), puede verse notablemente afectada como consecuencia de la aplicación de procesos tecnológicos diversos en el transcurso de la denominada cadena alimentaria. En general, puede decirse que a medida que aumenta el grado de transformación del producto, mayores pueden ser las modificaciones de su valor nutritivo.

Las principales fuentes de variación en el contenido de vitaminas de los alimentos son: la diversidad en las variantes genéticas, especialmente en el caso de las verduras y las frutas, los efectos ambientales, las prácticas agronómicas y las variaciones en los contenidos de los diferentes tejidos para una misma especie, así como las pérdidas variables debidas al almacenamiento de los alimentos, las pérdidas en el molido de cereales y las pérdidas debidas al tratamiento de los alimentos, bien sea a nivel doméstico o industrial (Aranceta et al., 2001).

En muchos casos, según lo explicado por Badui (1999), la aplicación de algunos de estos tratamientos trae consigo la alteración de las características nutritivas del alimento; es decir, que para que se conserve, se tiene que cambiar de alguna manera su naturaleza, y esto provoca una alteración en sus componentes. Desrosier (2000), aclara que las vitaminas solubles en grasa (A, D, E, K) son relativamente estables al calor en ausencia de aire, pero se advierte una pérdida apreciable al calentárseles en presencia de oxígeno. El calentamiento prolongado a altas temperaturas en presencia de aire, pueden destruir estos nutrientes.

Los efectos de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos tienen un gran interés para la nutrición, la ciencia de los alimentos y, en definitiva, para la salud humana. Es necesario tener una mejor comprensión de los mecanismos químicos y bioquímicos que ocurren durante el procesado de los alimentos y de sus consecuencias nutricionales y de seguridad biológica para los consumidores, con el objeto de optimizar sus efectos beneficiosos, como la biodisponibilidad de los nutrientes y la calidad estructural y funcional de los alimentos, y minimizar la formación de compuestos deletéreos para el ser humano (Gil, 2010).

La gente busca preservar los alimentos y mejorar su calidad, mediante una variedad de técnicas como secado, enlatado, escabechado, adición de preservativos químicos, refrigeración, congelación e irradiación. El objetivo principal de estos procesos es lograr que los alimentos permanezcan en condición comestible, sin deterioro serio, durante períodos mayores de lo que sería posible si no se utilizaran estos métodos. Los procesos incluyen: cocción; adición de sustancias para mejorar el sabor o apariencia de los alimentos; toma de medidas para hacer que los alimentos sean más nutritivos, por ejemplo, agregar micronutrientes o germinar los granos; y substracción de constituyentes indeseables, como ciertas toxinas. Algunas técnicas de procesamiento de alimentos tienen efectos múltiples. Por ejemplo, el refinado de los granos de cereal puede hacerlos menos nutritivos, pero además los

puede hacer más fáciles de cocinar y digerir y hay menos probabilidad de deterioro al almacenarlos (FAO, 1992).

Las vitaminas son sensibles a las radiaciones ionizantes generalmente y en los alimentos, la destrucción de estos nutrientes es del mismo orden de magnitud que la destrucción de vitaminas en el procesado térmico (Cuadro 4).

Cuadro 4. Retención comparativa de vitaminas en conservación de alimentos por enlatado y radiación

Vitamina	Porcentaje de retención en el alimento	
	Enlatado	Estabilización por radiación
Tiamina	35	35
Riboflavina	80	90
Piridoxina	70	75
Niacina	75	75
Ácido fólico	70	90
Vitamina A	80	75
Vitamina E	90	75
Vitamina K	90	20

2.4.2.4 Degradación de ácido ascórbico

Milner & Carpenter (1969), reportan que en énfasis considerable se ha dado lugar en años recientes sobre el procesamiento de alimentos de manera que su calidad nutricional no se vea alterada; actualmente hay una gran cantidad de evidencia que muestra que, aunque un calentamiento moderado puede mejorar el calor nutritivo, el calentamiento excesivo produce pérdidas considerables.

Bauerfeind & Pinkert (1974), indicaron que el ácido L-ascórbico, de seis carbonos (Figura 13) soluble en agua, compuesto cristalino blanco, se denomina comúnmente vitamina C o vitamina antoescorbútica; también es conocido como ácido L-xiloascórbico, ácido hexurónico o ácido cenitámico. Se encuentra en la naturaleza en todos los tejidos vivos en dos formas: reducido (ácido ascórbico) y oxidado (ácido dehidroascórbico).

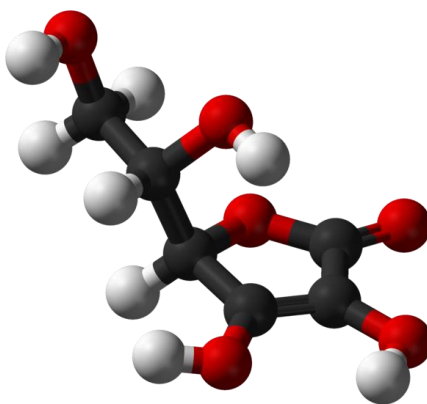


Figura 13. Estructura del ácido ascórbico

El zumo de naranja, debido a su particular composición química, la principal vía de pardeamiento no enzimático es la oxidación de ácido ascórbico a furfural (Nagy & Dinsmore, 1974), mientras que otras vías como la reacción de Maillard tienen menos importancia que en otros zumos de frutas con menor contenido en ácido ascórbico y mayor en azúcares (Garza et al., 2001).

De acuerdo con Soto y Castillo (2003), se han realizado estudios para determinar la cinética de pérdidas de las vitaminas, estableciéndose que siguen una ecuación de primer orden, cuya constante de degradación, está regida por el modelo de Arrhenius (Ecuación 22). La constante de degradación es específica para cada producto y es necesario determinarla experimentalmente, para establecer un modelo matemático para la cinética de degradación de la Vitamina C (Fig. 14) en jugos de maracuyá. Además de

esto, concluyen que la oxidación de ácido ascórbico es una reacción de primer orden.

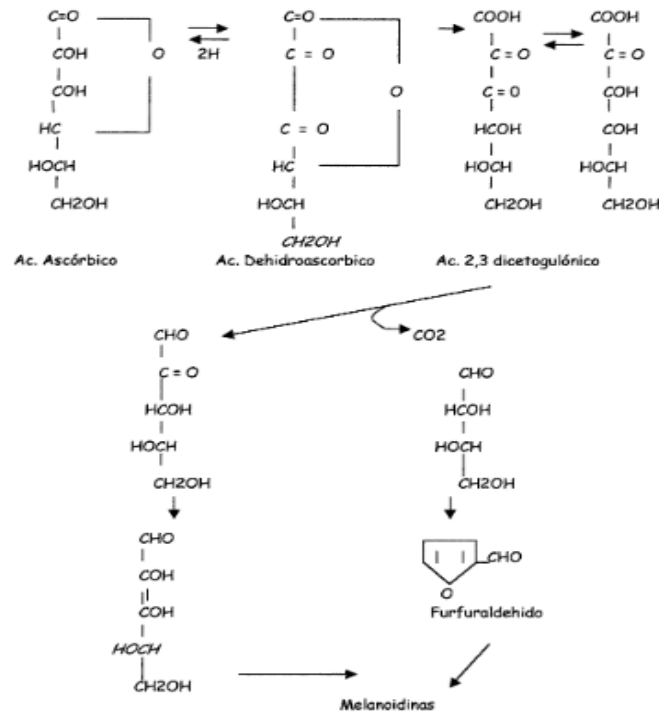


Figura 14. Esquema de la degradación de ácido ascórbico

La pérdida de ácido ascórbico ha sido propuesta por algunos autores (Alberola & Izquierdo, 1980; Pino & Toricella, 1983) como un indicador de tratamientos excesivos o almacenamientos inadecuados. Este mecanismo de degradación puede darse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno y, generalmente, puede caracterizarse por una cinética de desaparición de primer orden, según lo reportado por: Lee & Labuza, 1975; Saguy et al., 1978; Robertson & Samaniego, 1986; Jhonson et al., 1995). La expresión para este modelo (Ecuación 23) cinético viene dada por la siguiente ecuación:

$$C_A = C_A^0 \exp(-k_1 t) \quad [23]$$

donde, C_A^0 es la concentración inicial de ácido ascórbico; C_A es la concentración de ácido ascórbico a un tiempo t y k_1 es la constante cinética de primer orden.

Otros autores, como Trifiro et al. (1995), proponen un modelo cinético de segundo orden (Ecuación 24), para describir la desaparición del ácido ascórbico en un zumo de naranja de 11 °Brix sometido a altas temperaturas de almacenamiento (20 – 30 °C). Dicho modelo viene dado por la expresión que sigue:

$$C_A = \frac{C_A^0}{1 - C_A^0 k_2 t} \quad [24]$$

donde C_A^0 y C_A son la concentración de ácido ascórbico inicial y a un tiempo t , respectivamente, y k_2 es la constante cinética de segundo orden.

2.5 HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

El calentamiento y la radiación sobre zumo de naranja no producen variaciones significativas en el contenido de ácido ascórbico

Hipótesis alternativa:

El calentamiento y la radiación sobre zumo de naranja si producen variaciones significativas en el contenido de ácido ascórbico

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.6.1 Variable independiente

Calentamiento y Radiación

2.6.2 Variable dependiente

Degradación de ácido ascórbico

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El enfoque del presente proyecto investigativo es evaluar el efecto del calentamiento y la radiación ultravioleta en el contenido de ácido ascórbico de zumo de naranja, mediante pruebas fisicoquímicas. La experimentación se encontró sujeta a tratamientos estadísticos y caracterización del producto, por lo tanto la investigación se manifiesta de tipo cuantitativo.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación requirió dos modalidades:

3.2.1. Modalidad documental o bibliográfica

En la que se requiere revisar tesis, trabajos de investigación, planes, sitios de Internet, experiencias en proyectos similares; con el fin de conocer diferentes enfoques, teorías o conceptualizaciones y criterios de diferentes autores sobre los aspectos referentes al tema, que sin duda son de gran ayuda.

3.2.2. Modalidad experimental:

Por otro lado, se debe considerar la investigación experimental, pues con ello se obtiene información que permita predecir y controlar la cantidad de ácido ascórbico durante el calentamiento y radiación del zumo de naranja en estudio; por lo que esta investigación necesita de laboratorios que brinden las facilidades para analizar las causas y efectos de las variables de estudio.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de evaluar el comportamiento de unas de las variables en función de función de la otra y medir el grado de relación entre las mismas, se estableció que el tipo de investigación aplicada en este estudio es correlacional pues permite:

- Predicciones estructuradas
- Análisis de correlación de variables
- Medición cuantitativa de resultados

Es así que, en el presente trabajo investigativo se determinó el grado en el que la temperatura de calentamiento y la intensidad de la radiación afecta al contenido de ácido ascórbico en el zumo de naranja, constituyéndose claramente un estudio de asociación de variables.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Describe y argumente la decisión sobre la población objetivo para investigar el objeto de estudio, así como los criterios básicos de determinación de la muestra considerada para la investigación (Saravia, 2006).

3.4.1. Población

Para el proyecto investigativo se tiene como población Naranjas.

3.4.2. Muestra

De la población de naranjas, se trabajó con Naranja variedad Valencia, cultivada en la Provincia de Los Ríos, en el Cantón Quinsaloma.

Para la obtención de la muestra se aplicó el muestreo no probabilístico, en el cual se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra, es decir, esta selección es casual o accidental,

debido a que la selección es arbitraria de los elementos sin un juicio o criterio preestablecido.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Variable Independiente: Calentamiento y radiación

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentales
El zumo de naranja es sometido a pasteurización para eliminar microorganismos y garantizar la vida de estantería.	Temperatura de calentamiento	<p>a₁: 20 C</p> <p>a₂: 62 C</p> <p>a₃: 92 C</p>	¿Las diferentes temperaturas de calentamiento afectarán de diferente manera el contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja?	Control con termómetro
Uno de los métodos físicos de inactivación microbiana es la irradiación de alimentos con radiaciones ultravioleta de onda corta (UVC).	Distancia de la fuente de radiación	<p>b₁: alto (30 cm)</p> <p>b₂: medio (40 cm)</p> <p>b₃: bajo (50 cm)</p>	¿Las diferentes distancias de la fuente de radiación ultravioleta afectarán de diferente manera el contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja?	Control con cronómetro (T = 15 minutos)
				Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (CODEX STAN 247-2005) Anexo A – 1.
				Requisitos de aceptación de la naranja (NTE INEN 1928:92) Anexo A – 2.

Elaborado por: Autor

Tabla 2. Variable Dependiente: Degradación de ácido ascórbico en zumo de naranja

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas Instrumentales
<p>La vitamina C es la más inestable de todas las vitaminas, pues se destruye por oxidación muy fácilmente.</p> <p>La degradación del nutriente es fuertemente dependiente de la temperatura del proceso térmico.</p>	<p>Variación en el contenido de ácido ascórbico</p>	<p>Se midió el contenido cada 15 minutos de deshidratación [mg/100g]</p>	<p>¿Existe variación del contenido de ácido ascórbico sometido a proceso de calentamiento y radiación ultravioleta?</p>	<p>Determinación de Ácido Ascórbico por método de Tillmans (Matissek et al. 1998)</p>

Elaborado por: Autor

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.6.1 Métodos

Para la obtención del mejor tratamiento, se aplicó el diseño experimental de un solo factor con la evaluación de la cantidad de ácido ascórbico durante el calentamiento y el proceso de radiación ultravioleta (con sus réplicas), con la recolección de datos, posteriormente se realizaron cálculos con las fórmulas establecidas para determinar el contenido en mg/100g.

Luego de realizar los cálculos, se procedió a obtener la ecuación cinética que domine la degradación del nutriente durante el proceso tecnológico planteado. Finalmente, se realizó una revisión de bibliografía mediante la cual se propondrá el mejor uso de la ecuación obtenida en procesos de transformación tecnológica.

3.6.1.1 Extracción y caracterización del jugo

La extracción de jugo se realizó en forma manual usando un extractor de jugo semiindustrial. Del zumo extraído se determinó los °Brix con un refractómetro Vee Gee Bx – 1 con un rango de medición de entre 0 y 32 °Brix a 20 °C, y el pH mediante un potenciómetro Hanna HI 9216.

3.6.1.2 Determinación de Ácido L-Ascórbico por el método de Tillmans (Matissek R. et al., 1998)

El ácido L-ascórbico se extrajo del correspondiente material a investigar con una disolución de ácido oxálico, transformándose a continuación con 2,6-diclorofenol-indofenol en ácido dehidroascórbico.

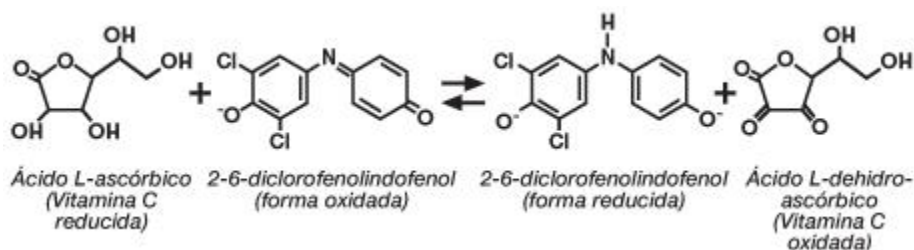


Figura 15. Reacción entre la molécula de ácido ascórbico y 2,6-diclorofenolindofenol

Para la determinación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Buretas finas de 1, 2 y 10ml
- Micro pipeta
- Probeta 100ml
- Matraz Erlenmeyer de 100ml
- Tubos de Ensayo.

Además, se utilizaron los siguientes reactivos

- 2,6-diclorofenol-indofenol sal sódica
- Acido L+- ascórbico AA
- Acido oxálico

Se pesaron 200mg de 2,6-diclorofenol-indofenol en un vaso de precipitación de 100ml, se mezcló con 80ml de agua destilada y se calentó a unos 50°C revolviendo constantemente. Después se enfrió y se pasó la disolución a un matraz de aforo de 500ml y se enrasó. Se guardó bien cerrado y en la oscuridad.

La disolución patrón de ácido ascórbico se elaboró pesando 200mg de ácido L-ascórbico y se enrasó en una disolución de ácido oxálico al 2%.

Finalmente, se determinó el contenido de ácido ascórbico en las muestras siguiendo los pasos descritos a continuación:

a) Titulación de la disolución de DI: Se pipeteó 0,2 ml de la disolución estándar de ácido ascórbico a 10 ó 20ml de ácido oxálico 2% y se valoró con la disolución de DI hasta que apareció claramente una coloración rosa, que permaneció de 10 a 15 segundos. Para establecer el título, se repitió la titulación al menos tres veces. El título se calculó de acuerdo con la Ecuación 27.

$$F_{DI} \left[\frac{mgAA}{mlDI} \right] = \frac{A}{a - b} \quad [25]$$

A: ácido ascórbico añadido en mg por 0,2 ml de disolución patrón de AA

a: gasto de la disolución de DI para la disolución patrón de AA en ml

b: gasto de la disolución de DI para el blanco.

En el proceso de titulación se pipeteó una alícuota de la disolución de la muestra (previamente diluida con ácido oxálico) a un matraz Erlenmeyer de 100ml, se diluyó con la disolución de ácido acético hasta un volumen de 20 ó 30ml y se tituló inmediatamente como se describe en a).

El contenido en vitamina C de la muestra expresado en mg/100ml se calcula a partir del gasto de disolución de DI, considerando el título de esta.

3.6.1.3 Determinación del orden de reacción

a) Reacción de orden 0

La ecuación que se usa para este orden es:

$$[\text{Ácido ascórbico}]_f = [\text{Ácido ascórbico}]_o - kt \quad [26]$$

Al relacionar la ecuación anterior con la ecuación de la línea recta, de forma

$$Y = b + mx$$

Tenemos que la respectiva correspondencia es:

$$Y = [\text{Ácido ascórbico}]_f$$

$$b = [\text{Ácido ascórbico}]_o$$

$$m = k$$

$$x = t$$

b) Reacción de Orden 1

La ecuación que se usa para este orden es:

$$\ln [\text{Ácido ascórbico}]_f = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_o - kt \quad [27]$$

Al relacionar la ecuación anterior con la ecuación de la línea recta, de forma

$$Y = b + mx$$

Tenemos que la respectiva correspondencia es:

$$Y = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_f$$

$$b = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_o$$

$$m = k$$

$$x = t$$

3.6.1.4 Determinación de la energía de activación

Para el cálculo de energía de activación se utilizó la ecuación de Arrhenius (Ecuación 24), relacionando la ecuación de la recta con la expresión lineal de dicha ecuación.

Linealizando la ecuación anterior, tenemos:

$$\ln [\text{Ácido ascórbico}]_f = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_o - \frac{Ea}{R} * \frac{1}{T} \quad [28]$$

Los términos de la ecuación anterior relacionando con la ecuación de la recta, tenemos:

$$Y = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_f$$

$$b = \ln [\text{Ácido ascórbico}]_o$$

$$m = -\frac{Ea}{R}$$

$$x = \frac{1}{T}$$

3.6.1.5 Determinación de la constante de velocidad de inactivación de microorganismos

Para el cálculo de la constante de velocidad de inactivación de los microorganismos (Valor D) se utilizaron placas de Petrifilm marca 3M específicos para mohos y levaduras.

Previamente a la extracción del zumo de las naranjas, se esterilizó el extractor manual en agua hirviendo mientras que los demás utensilios que se usaron para este fin se esterilizaron en estufa a 180 °C durante 2 horas.

La ecuación para el cálculo del valor D es:

$$\log \left(\frac{N}{N_0} \right) = -\frac{t}{D} \quad [29]$$

Linealizando:

$$\log N = \log N_0 - \frac{1}{D} \times t \quad [30]$$

Al relacionar la ecuación anterior con la ecuación de la línea recta, de forma

$$Y = b + mx$$

Tenemos que la respectiva correspondencia es:

$$Y = \text{Log } N$$

$$b = \text{Log } N_0$$

$$m = -\frac{1}{D}$$

$$x = t$$

3.6.1.6 Cálculo del incremento en la temperatura necesario para que el valor D se reduzca a la décima parte del inicial

Dado que el valor Z representa un incremento en la temperatura, este valor solo pudo ser obtenido para el tratamiento térmico. Para este fin, se hizo la relación entre las temperaturas de trabajo y el logaritmo vulgar del Valor D obtenido para cada temperatura

El valor del incremento de la temperatura se obtiene del valor inverso de la pendiente:

$$Z = \frac{1}{m} \quad [31]$$

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento de los datos obtenidos se aplicaron paquetes estadísticos de Excel 2007, Statgraphics Plus 4.0 que definen el mejor tratamiento en comparación con cada factor que intervendrá en el diseño experimental de un solo factor. A continuación se detalla el procedimiento que se aplicará:

- Recolección de los datos de contenido de ácido ascórbico.
- Revisión de los resultados y repetición de los resultados defectuosos o contradictorios.
- Tabulación de los datos obtenidos para el desarrollo de cálculos y representaciones.
- Determinación de la ecuación cinética.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Extracción y caracterización del jugo

Los valores promedios de °Brix y pH se reportan en la Tabla 3, y los datos obtenidos para cada ensayo se reportan en el Anexo B – 1. Estos datos concuerdan con lo estipulado en la norma INEN NTE 2337:2008, en la que se señala que los zumos de fruta deben tener un pH inferior a 4,5 y una concentración de sólidos solubles en zumo de naranja de mínimo 9.

Tabla 3. Caracterización del zumo de naranja

		Temperatura ambiente (20 ± 2 °C)			62 °C	92 °C
		° Brix*				
CALENTAMIENTO	° Brix*	9,87 ± 0,12			9,97 ± 0,47	9,47 ± 0,35
	pH*	3,67 ± 0,11			3,67 ± 0,11	3,66 ± 0,07
RADIACIÓN		30 cm distancia FR	40 cm distancia FR	50 cm distancia FR		
	° Brix*	9,73 ± 0,25	9,83 ± 0,40	9,44 ± 0,39		
	pH*	3,60 ± 0,11	3,62 ± 0,05	3,68 ± 0,09		

* Promedio y desviación estándar obtenidos de tres réplicas para cada tratamiento

4.1.2 Análisis Estadístico de la caracterización del jugo

En el Gráfico 3 se exponen los valores de °Brix y pH del zumo de las naranjas que se usaron para realizar la determinación de ácido ascórbico bajo condiciones de calentamiento y radiación ultravioleta, como se observa no existen significativas diferencias entre los parámetros analizados.

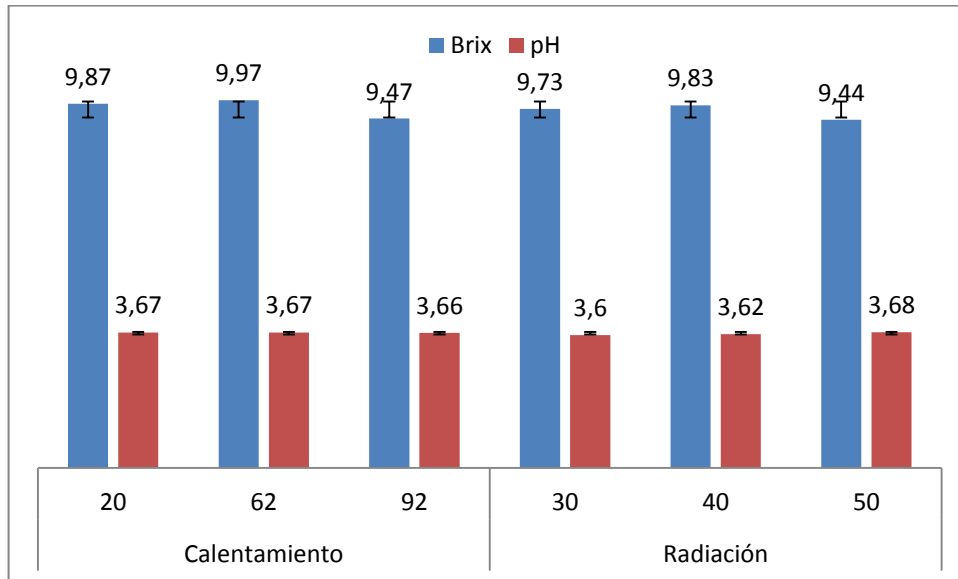


Gráfico 3. Valores promedio de °Brix y pH de las muestras analizadas

Lo anterior se comprueba con la Tabla de análisis de la varianza realizada tanto para °Brix como para pH (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Análisis de la Varianza para °Brix

F. V	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	0,72	5	0,14	1,17	0,3806
Tratamientos	0,72	5	0,14	1,17	0,3806
Error	1,48	12	0,12		
Total	2,20	17			

Tabla 5. Análisis de la Varianza para pH

F. V	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	0,02	5	3,3E-03	0,40	0.8419
Tratamientos	0,02	5	3,3E-03	0,40	0.8419
Error	0,10	12	0,01		
Total	0,12	17			

En ambos casos, se obtiene un valor de $p > 0,05$ lo que indica que no hay significativas diferencias en los valores de pH y °Brix en las muestras de jugo usadas para la experimentación.

4.2 Determinación de la curva de calibración para el método empleado

Una curva de calibración, de acuerdo con la explicación dada por Dosal & Villanueva (2008), es la representación gráfica de una señal que se mide en función de la concentración de un analito. La calibración incluye la selección de un modelo para estimar los parámetros que permitan determinar la linealidad de esa curva y, en consecuencia, la capacidad de un método analítico para obtener resultados que sean directamente proporcionales a la concentración de un compuesto en una muestra, dentro de un determinado intervalo de trabajo. En el procedimiento se compara una propiedad del analito con la de estándares de concentración conocida del mismo analito (o de algún otro con propiedades muy similares a éste). Para realizar la comparación se requiere utilizar métodos y equipos apropiados para la resolución del problema de acuerdo al analito que se desee determinar

En la tabla 6 se muestra la concentración de ácido ascórbico en 5 muestras de zumo a los que se añadieron cantidades conocidas de ácido ascórbico de pureza 99,8%.

Tabla 6. Concentración de ácido ascórbico en los analitos usados

[ÁA] en el jugo (mg)	ÁA añadido (mg)	[ÁA] total (mg)	ml de diclorofenolindofenol
0,501	200	200,50	2,27
0,499	400	400,50	5,13
0,599	600	600,60	7,89
0,501	800	800,50	10,57
0,500	1000	1000,50	13,23

El gráfico 4 muestra la correcta correlación que existe entre la concentración de ácido ascórbico en los analitos y la cantidad de 2,6-diclorofenolindofenol reducido por el ácido ascórbico presente en dichas muestras.

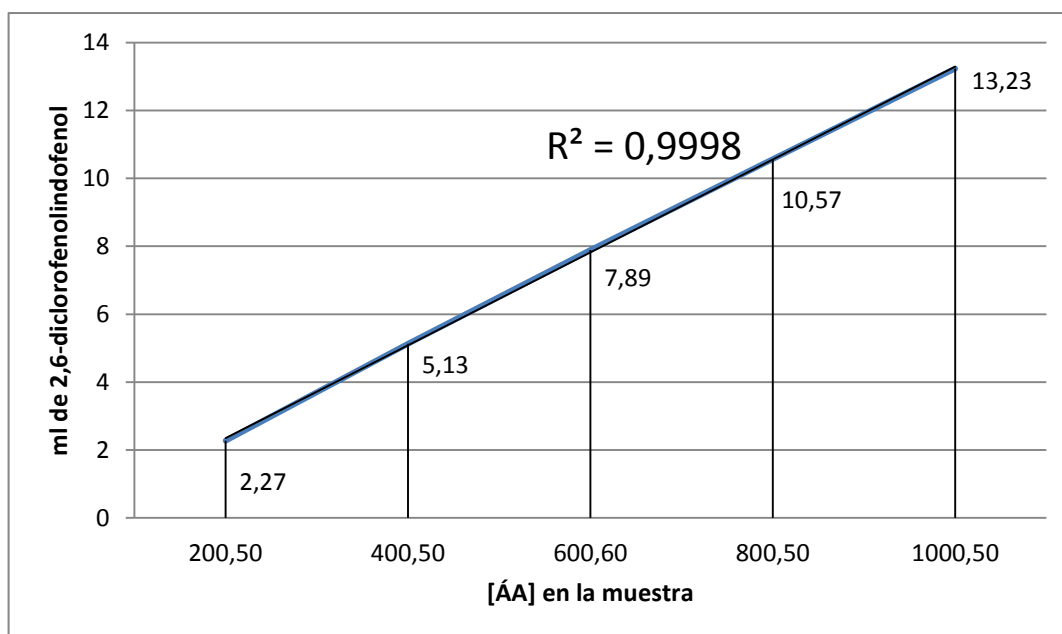


Gráfico 4. Curva de calibración del método empleado

Como se observa, los valores obtenidos producen una recta, y ante esto Pallás (1993), indica que la sensibilidad de la curva es constante y se dice del sensor que es lineal.

4.3 Datos obtenidos en el calentamiento

Para el calentamiento se colocaron muestras de 100 ml de jugo en vasos de precipitación de cristal, a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) y en baños termostáticos a 62 y 92° C como se muestra en la Figura 16, manteniéndose una precisión de 1°C. Cada 15 minutos, previa agitación, se retiraron alícuotas y se diluyeron con solución de ácido oxálico hasta una concentración de máximo 0,5 mg de ácido L-ascórbico conforme a lo especificado en el apartado 3.6.1.1.



Figura 16. Colocación de las muestras en el baño termostático

En el Gráfico 4 se representan los valores promedio de la concentración de ácido ascórbico (ver Anexo B – 2); como es de esperarse, la degradación se incrementa con la temperatura, indicado por los valores más altos de las pendientes a temperaturas mayores.

Por lo tanto, y dado que el ácido ascórbico es predominante en jugos de frutas, los valores pueden ser considerados como una estimación aceptable del

contenido de vitamina C de acuerdo a estudios similares realizados por Irakiza et al. (2014), Acevedo et al. (2004) y Gil et al. (2006).

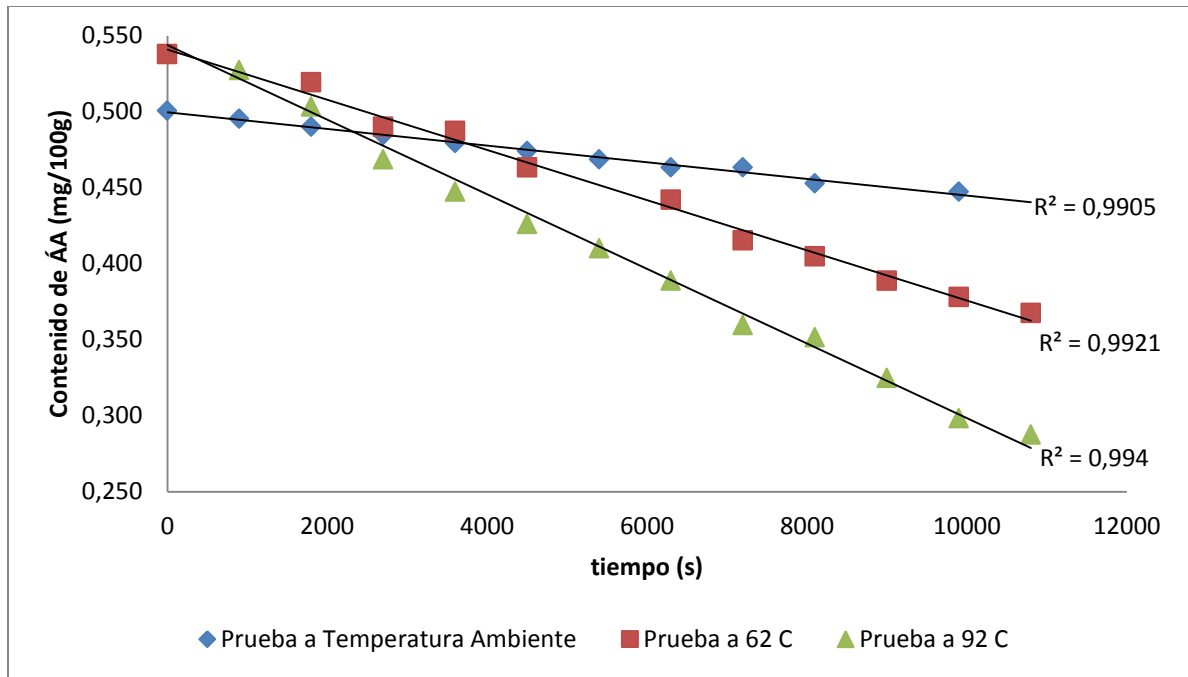


Gráfico 5. Valores promedio del contenido de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a calentamiento

4.3.1 Cálculo del orden de reacción

Se realizaron los cálculos respectivos para el orden de reacción 0 y 1 de acuerdo con el procedimiento explicado en el apartado 3.6.1.2 literales a y b.

Las ecuaciones que se obtienen en los promedios de las tres réplicas realizadas con sus valores de coeficiente de correlación se encuentran en la Tabla 6:

Tabla 7. Ecuaciones obtenidas para el caso de orden de reacción 0

	Ecuación	R²
Temperatura ambiente (20 ± 2°C)	$[\text{ÁA}] = -5 \times 10^{-6} x(t) + 0,4996$	0,9905
62 °C	$[\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} x(t) + 0,5381$	0,9846
92 °C	$[\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} x(t) + 0,5438$	0,994

Las ecuaciones que se obtuvieron en los promedios de las tres réplicas realizadas con sus valores de coeficiente de correlación se encuentran en la Tabla 7:

Tabla 8. Ecuaciones obtenidas para el caso de orden de reacción 1

	Ecuación	R²
Temperatura ambiente	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} x(t) - 0,6967$	0,9914
62 °C	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -4 \times 10^{-5} x(t) - 0,6129$	0,9814
92 °C	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -6 \times 10^{-5} x(t) - 0,5817$	0,9946

Ambos modelos se ajustan satisfactoriamente a los resultados obtenidos. Sin embargo siguiendo las pautas marcadas por la mayoría de los autores, la degradación de la vitamina C siguió una cinética de orden uno, esto concuerda con lo expuesto por Romero (2008), los resultados del coeficiente de correlación se presentan en la Tabla 8. Esto se puede comparar con los señalado por ciertos autores, entre ellos: Kaminski & Tomczak (2007); Altenhofen da Silva et al. (2007); Bradshaw et al. (2011); Akbiyic et al. (2012). Una reacción de orden uno indica, de acuerdo con lo señalado por Heldman (2003), que la degradación de ácido ascórbico es proporcional a la

concentración del mismo ácido dentro del conjunto. Competition Science Vision (2008), complementa esta información indicando que una reacción de orden uno en un reactante en particular, el cambio en la concentración del reactante causa un cambio proporcional en la velocidad. Duplicar la concentración duplicará la velocidad y así sucesivamente.

Tabla 9. Comparación de los coeficientes de correlación para el cálculo del orden de reacción 0 y 1

Orden de reacción	Coeficiente de correlación R ²	
	0	1
Temperatura ambiente (20 ± 2 °C)	0,9905	0,9914
62 °C	0,9846	0,9814
92 °C	0,994	0,9946

En la Tabla 9 se reportan los valores de los términos de la ecuación cinética para el zumo de naranja, con sus respectivos coeficientes de correlación. Dichas ecuaciones pueden ser aplicadas para estimar la cantidad de vitamina C que se degrada durante un proceso de calentamiento al que se esté sometiendo el zumo.

Las ecuaciones mostradas fueron obtenidas con los promedios de tres ensayos realizados, cuyos resultados se muestran en el Anexo B – 3.

Tabla 10. Ecuaciones de cinética para la degradación de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a calentamiento

Temperatura Ambiente	Ecuación	R ²
(20 ± 2 °C)	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} \times t - 0,6967$	0,9914
62 °C	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -4 \times 10^{-5} \times t - 0,6129$	0,9814
92 °C	$\text{Ln} [\text{ÁA}] = -6 \times 10^{-5} \times t - 0,5817$	0,9946

Según se observa en el Gráfico 5, al relacionar el valor de ácido ascórbico representado como logaritmo natural contra el tiempo de exposición a la temperatura propuesta de trabajo, se cumple la linealidad prevista por la ecuación cinética de primer orden, calculado en la sección anterior, con coeficientes de correlación superiores, en su gran mayoría, a 0,9. Se observa de igual manera, que los valores más altos de las pendientes a temperaturas mayores corresponden a las constantes de velocidad de reacción, expresadas en s⁻¹.

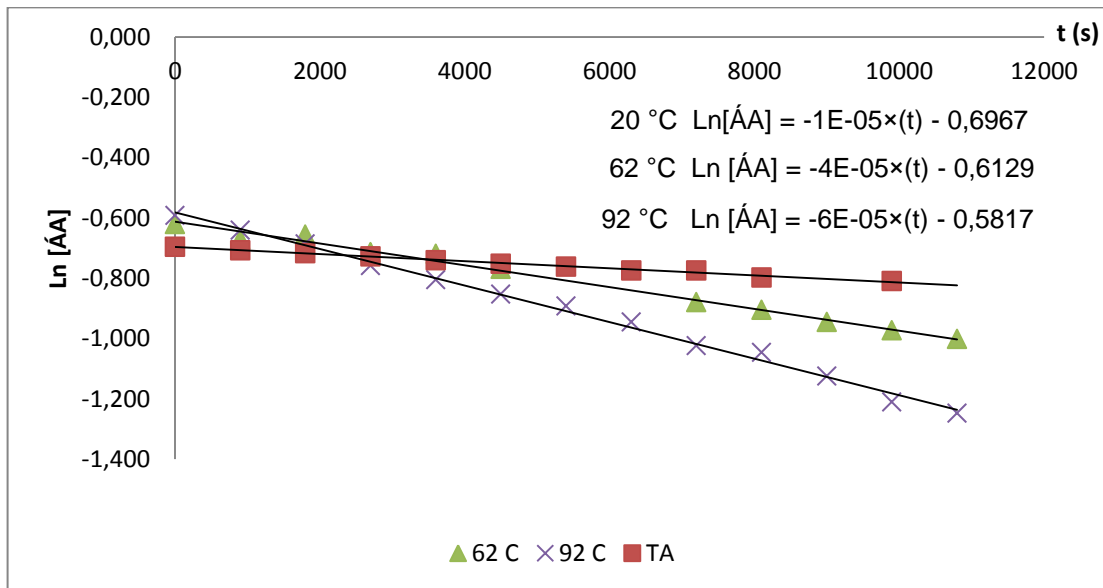


Gráfico 6. Efecto de la temperatura y tiempo sobre la retención de ácido ascórbico en zumo de naranja.

Goula & Adamopoulus (2010), estudiaron el efecto de la deshidratación sobre el contenido de ácido ascórbico en tomate en mitades y pulpa de tomate, determinaron que la degradación es proporcional a la temperatura, contenido de humedad, y el logaritmo natural de la constante de velocidad. El modelo que obtuvieron lo utilizaron para simular la pérdida de vitamina C durante el secado de las mitades de tomate y dos procesos de secado de evaporación-concentración de pulpa de tomate y secado por pulverización. Por su parte, Nicoletti et al. (2007) trabajaron con deshidratación de caquis (*Diospyros kaki*) enteros (Persimmons por su nombre en inglés) determinando que las velocidades de degradación fueron mayores a temperaturas de secado más altas, independientes del tiempo necesario para alcanzar el contenido de humedad deseado.

4.3.2 Análisis estadístico del proceso térmico

Todos los datos se analizaron usando un Análisis de varianza por medio de software estadístico (Statgraphics).

El contenido de ácido ascórbico disminuyó significativamente durante el tiempo de exposición al proceso de calentamiento y exposición a temperatura ambiente ($p < 0,05$). En el Gráfico 6 observa que la intensidad de la temperatura a que se somete el zumo de naranja es un factor decisivo en la retención de ácido ascórbico.

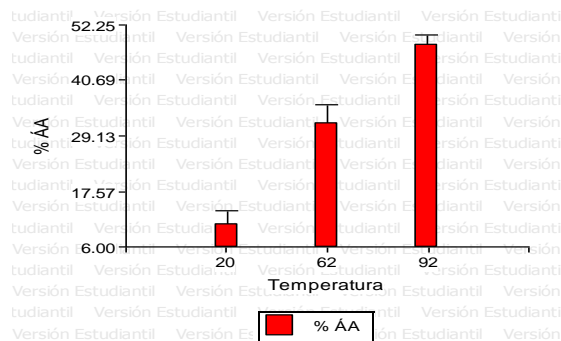


Gráfico 7. Variación en la concentración de ácido ascórbico en el zumo durante el calentamiento

Además de esto, y dado que la diferencia entre la concentración inicial y final de ácido ascórbico en las muestras es mayor después del tratamiento a 92 °C, se demuestra que al trabajar a altas temperaturas la degradación aumentará significativamente, comparado con la misma diferencia de concentraciones a 20 °C (Tabla 10).

Tabla 11. Prueba de Tukey para la concentración de ácido ascórbico

Alfa = 0,05

DMS = 7,4578

Error = 8,8619

Grados de libertad: 6

Temperatura	Medias	n	E.E	
20	10,81	3	1,72	A
62	31,69	3	1,72	B
92	47,97	3	1,72	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De igual manera, lo señalado se ratifica en la Tabla de análisis de la varianza de las muestras, (Tabla 11), en la que se observa un valor de $p < 0,0001$, indicando que existe una significativa diferencia en los resultados obtenidos.

Tabla 12. Análisis de la varianza para las muestras sometida a calentamiento

F. V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2082,23	2	1041,12	117,48	<0,0001
Temperatura	2082,23	2	1041,12	117,48	<0,0001
Error	53,17	6	8,86		
Total	2135,41	8			

4.4 Datos obtenidos para radiación

El zumo fue extraído bajo las mismas condiciones que el tratamiento anterior. 100 ml fueron colocados en vasos de precipitación y estas muestras se expusieron, sin tratamiento previo, a radiación como observa en la Figura 17. Previa agitación, las muestras se retiraron a intervalos de tiempo predeterminados. Para la determinación de ácido ascórbico se aplicó el mismo método usado en el proceso de calentamiento.



Figura 17. Exposición de las muestras a diferentes distancias de la fuente de radiación.

El Gráfico 7 muestra que no existe una degradación elevada de ácido, en comparación con los datos encontrados durante el proceso de calentamiento. Los valores graficados se obtuvieron a partir de 3 réplicas para cada intervalo de tiempo bajo las mismas condiciones. La concentración de ácido ascórbico determinado para las diferentes muestras se expone en el Anexo B – 4.

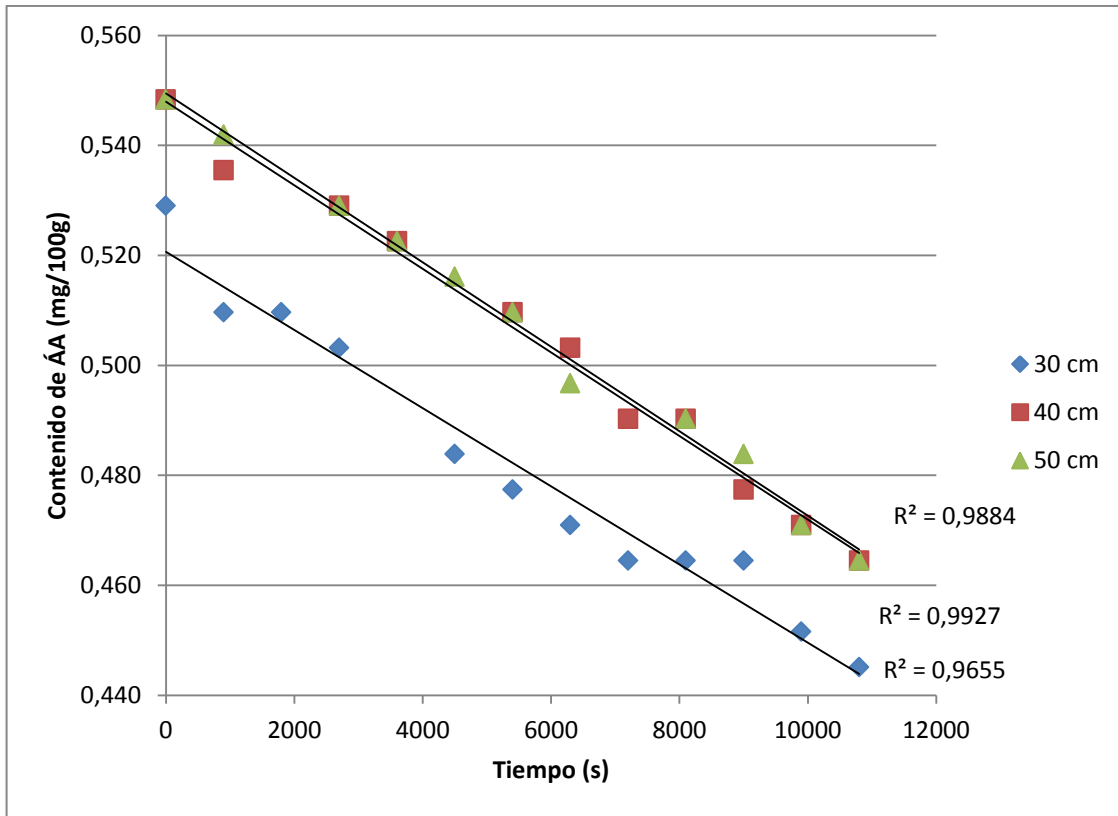


Gráfico 8. Valores promedio del contenido de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a radiación

Gutiérrez et al. (2007), estudiaron la degradación lumínica de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana L.*), después de 400 horas de exposición de las muestras a radiación, concluyen que no existe un efecto positivo ni negativo de la luz sobre el componente. Berg (2014), estudió el efecto de la luz UV visible sobre diferentes tipos de muestras, entre ellos jugos de frutas, concluyendo que la luz no ejerce un efecto sustancialmente decisivo en el contenido de ácido ascórbico de las muestras. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en el presente trabajo de investigación. Sin embargo Rohan et al. (2011), citado por Haro, et al. (2007), indican que la radiación, al contrario de lo expuesto, acelera la degradación de ácido ascórbico en jugo de manzana.

Como es de esperarse, la linealidad de la reacción indica que es de primer orden. En la Tabla 12 se encuentran los valores de las ecuaciones cinéticas para la degradación del ácido ascórbico presente en el zumo de la naranja, con los coeficientes de correlación.

En el Gráfico 8 se presentan los valores del logaritmo natural de la concentración de ácido ascórbico medido en los distintos intervalos de tiempo planteados. Como se observa, no existe una marcada diferencia en el valor de ácido ascórbico al ser expuesto a radiación.

Tabla 13. Ecuaciones de cinética para la degradación de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a radiación

	Ecuación	R²
30 cm de la fuente de radiación	$\text{Ln} [\text{AA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6442$	0,9842
40 cm de la fuente de radiación	$\text{Ln} [\text{AA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,5997$	0,9858
50 cm de la fuente de radiación	$\text{Ln} [\text{AA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,598$	0,9906

Los modelos matemáticos anteriores fueron obtenidos a partir de 3 mediciones del contenido de ácido ascórbico para cada intervalo de tiempo. La ecuación que se obtuvo para cada réplica en las condiciones establecidas se muestran en el Anexo B – 5.

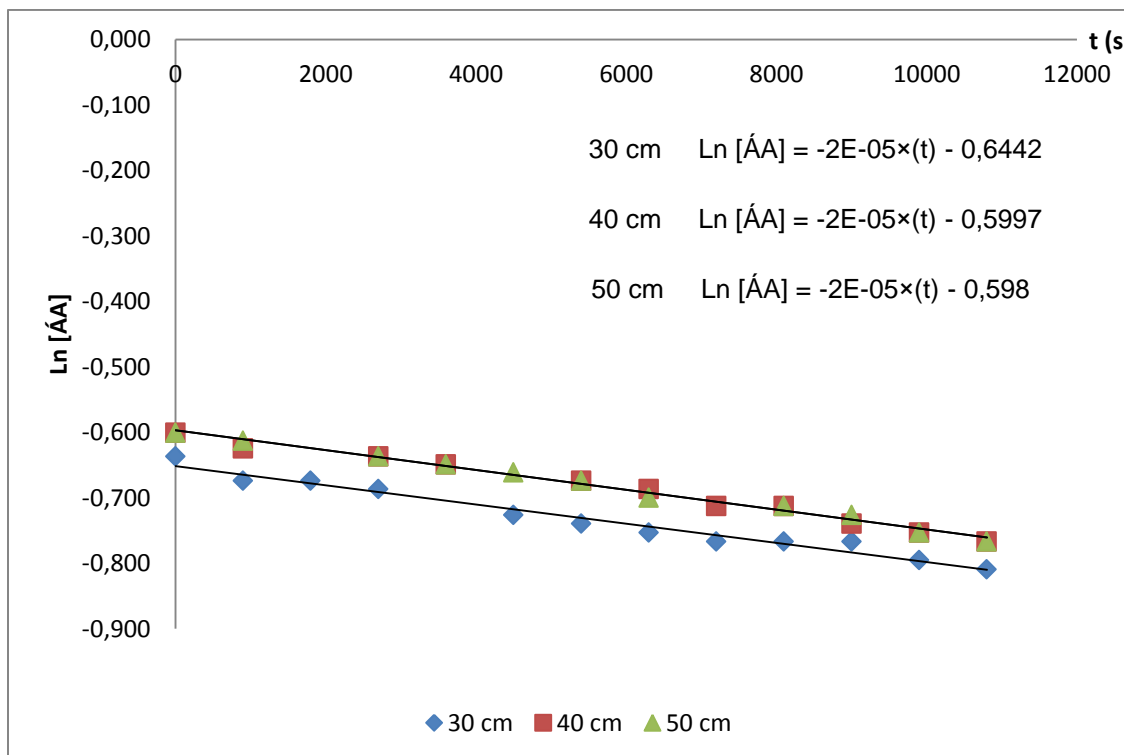


Gráfico 9. Efecto de la distancia de la fuente de radiación y tiempo sobre la retención de ácido ascórbico en zumo de naranja

Los resultados obtenidos al trabajar con radiación concuerdan con lo señalado por Soriano et al. (2014), quienes señalan que la radiación UV artificial no tiene efecto significativo en el contenido de vitamina C al trabajar con la planta Damiana (*Turnera diffusa* Willd) durante todo el período experimental, comprendido por diferentes períodos de tiempo de ensayo. Torkamani & Niakousari (2011), determinaron que bajo condiciones de radiación (254 nm) se pierde un 18% del contenido original de vitamina C en jugo de naranja; este resultado es similar al 15% de reducción determinado en el presente estudio.

4.4.1 Análisis estadístico del tratamiento de radiación

En el caso del tratamiento de radiación, se observa una conducta totalmente diferente, pues no existen diferencias marcadas en la concentración de ácido ascórbico al inicio y al final del proceso, como se observa en el Gráfico 9.

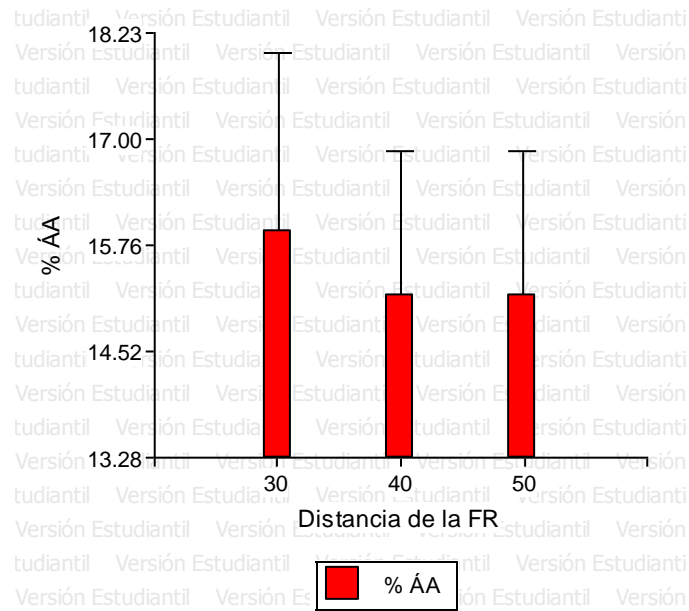


Gráfico 10. Variación en la concentración de ácido ascórbico durante exposición a radiación

Se observa que no existen grupos marcados según la concentración de ácido ascórbico, la prueba de Tukey con un valor α de 0,05 (Tabla 13) señala que trabajando a 30, 40 ó 50 cm de la fuente de radiación no produce una significativa disminución en el contenido de ácido ascórbico.

Tabla 14. Prueba de Tukey para la concentración de ácido ascórbico

Alfa = 0,05

DMS = 4.5705

Error = 3,3283

Grados de libertad: 6

Distancia de la FR	Medias	n	E.E	
50	15,18	3	1,05	A
40	15,18	3	1,05	A
30	15,92	3	1,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 14 muestra el análisis de la varianza del contenido de ácido ascórbico, se concluye en base al resultado expuesto que la radiación no afecta de manera al contenido de ácido ascórbico del zumo de la naranja.

Tabla 15. Análisis de la varianza para las muestras sometida a radiación

F. V	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,10	2	0,55	0,16	0,8520
Distancia de la FR	1,10	2	0,55	0,16	0,8520
Error	19,97	6	3,33		
Total	21,07	8			

4.5 Análisis porcentual de la pérdida de ácido ascórbico

En la Tabla 15 se muestra el contenido inicial y final de ácido ascórbico, con los porcentajes de disminución para cada caso.

Tabla 16. Porcentaje de disminución de ácido ascórbico en los tratamientos realizados

	CALENTAMIENTO			RADIACIÓN ULTRAVIOLETA		
	Valor inicial	Valor final	% disminución	Valor inicial	Valor final	% disminución
	Temperatura ambiente (20 ± 2 °C)			30 cm de la Fuente de Radiación		
Réplica 1	0,463	0,399	13,82	0,542	0,445	17,90
Réplica 2	0,559	0,511	8,59	0,484	0,406	16,12
Réplica 3	0,479	0,431	10,02	0,561	0,484	13,73
Promedio	0,501±0,05	0,447±0,06	10,78±2,7	0,529±0,04	0,445±0,04	15,88±2,1
	62 °C			40 cm de la Fuente de Radiación		
Réplica 1	0,559	0,367	34,35	0,542	0,465	14,21
Réplica 2	0,527	0,383	27,32	0,561	0,465	17,11
Réplica 3	0,527	0,351	33,40	0,542	0,465	14,21
Promedio	0,538±0,02	0,367±0,016	31,78±3,8	0,548±0,011	0,465±0	15,15±1,7
	92 °C			50 cm de la Fuente de Radiación		
Réplica 1	0,559	0,304	45,62	0,542	0,465	14,21
Réplica 2	0,575	0,288	49,91	0,561	0,465	17,11
Réplica 3	0,527	0,272	48,39	0,542	0,465	14,21
Promedio	0,554±0,02	0,288±0,16	48,01±2,17	0,548±0,01	0,465±0	15,15±1,7

Como se observa, a mayor temperatura la disminución porcentual de ácido ascórbico es mayor. En el caso del tratamiento por radiación, no se observa un porcentaje elevado de pérdida. Lo anterior se encuentra demostrado en el Gráfico 10.

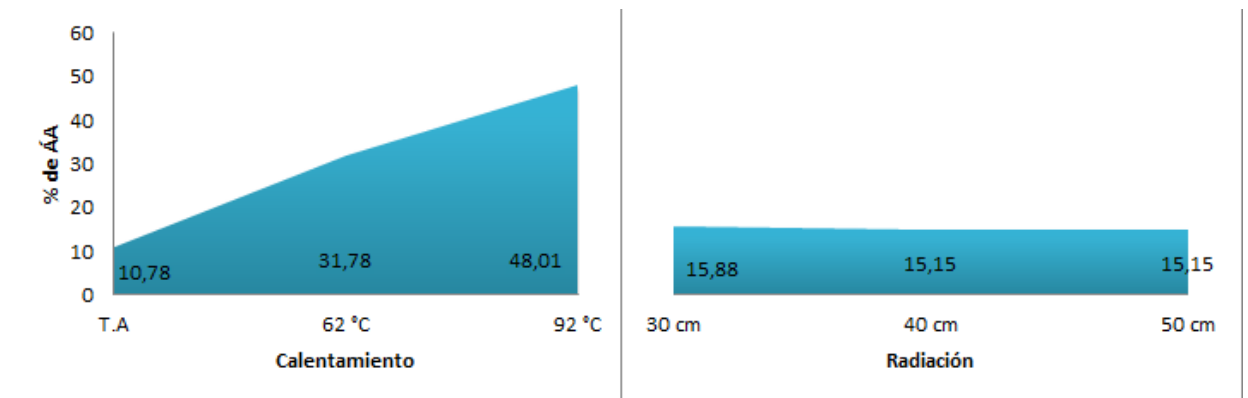


Gráfico 11. Representación gráfica de la disminución porcentual de ácido ascórbico

4.6 Cálculo de la energía de activación

Tabla 17. Constantes de velocidad encontrados en los ensayos

T (°C)	T (°K)	T ⁻¹	k (s ⁻¹)	Ln K
Ambiente (20 ± 2)	293	0,003413	1,00E-05	-11,5129
62	335	0,002985	4,00E-05	-10,1266
92	365	0,00274	6,00E-05	-9,72117

La Tabla 16 presenta los valores de la constante de velocidad aparente k (s⁻¹) promedio para los distintos niveles de temperatura ensayados. En el Gráfico 11 se presenta el valor de $\ln k$ Vs. T^{-1} para de esta manera encontrar el valor de energía de activación.

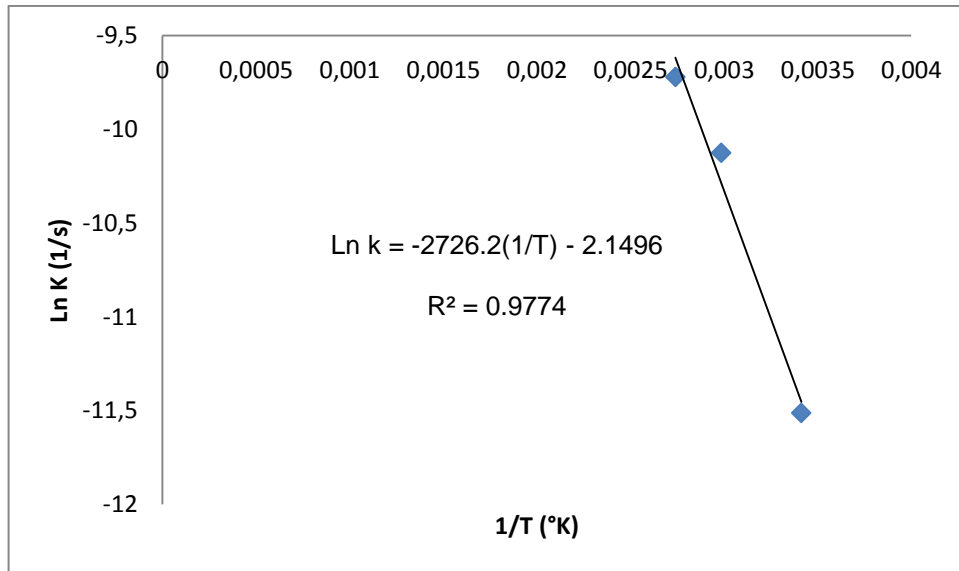


Gráfico 12. Determinación de la energía de activación para la degradación de ácido ascórbico

De lo anterior, según la relación presentada de la ecuación de Arrhenius con la ecuación de la línea recta, tenemos que:

$$Y = \text{Ln } k$$

$$b = -2.1496$$

$$-2726.2 = -\frac{Ea}{R}$$

$$x = \frac{1}{T}$$

Para determinar la energía de activación, tenemos que

$$-\frac{Ea}{R} = -2726.2$$

$$-Ea = -2726.2 \text{ K} * \frac{8.314 \text{ J}}{(\text{K} \cdot \text{mol})}$$

$$-Ea = -22.665,63 * \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

$$Ea = 22,67 * \frac{Kj}{mol}$$

El valor obtenido representa que se necesitan 23 Kj para iniciar el proceso de degradación de ácido ascórbico en un sistema. El resultado encontrado en el presente trabajo de investigación tiene una similitud muy aproximada con el resultado presentado por Rahmawati & Bundjali (2007), de $20,725 \frac{Kj}{(mol)}$, quienes determinaron la cinética de degradación de ácido ascórbico en un intervalo de temperatura de 40 °C y 80 °C. La determinación se realizó mediante el método de titración iodométrica.

Ordóñez-Santos et al. (2013), estudiaron la degradación de ácido ascórbico en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) sometida a calentamiento en un rango de 75 a 95 °C, el análisis se realizó mediante el método del 2, 6-diclorofenol-indofenol. En este caso, la energía de activación presente un valor cercano al obtenido, con $31,67 \frac{Kj}{(mol)}$.

4.7 Análisis microbiológico

4.7.1 Determinación de la constante de velocidad de inactivación de microorganismos

4.7.1.1 Pasteurización

El zumo fue extraído y sin tratamiento previo se colocó en frascos de vidrio esterilizados en autoclave, para que de esta manera los microorganismos del zumo, específicamente mohos y levaduras, puedan desarrollarse durante dos semanas y evidenciar su proliferación (Figura 18).



Figura 18. Contaminación inicial del zumo de naranja previo a tratamiento por pasteurización.

Se tomó 1 ml de las muestras sometidas a 60, 75 y 92 °C cada 15 minutos sucesivamente hasta que en la placa se obtuvo un número contable de colonias (Figura 19).

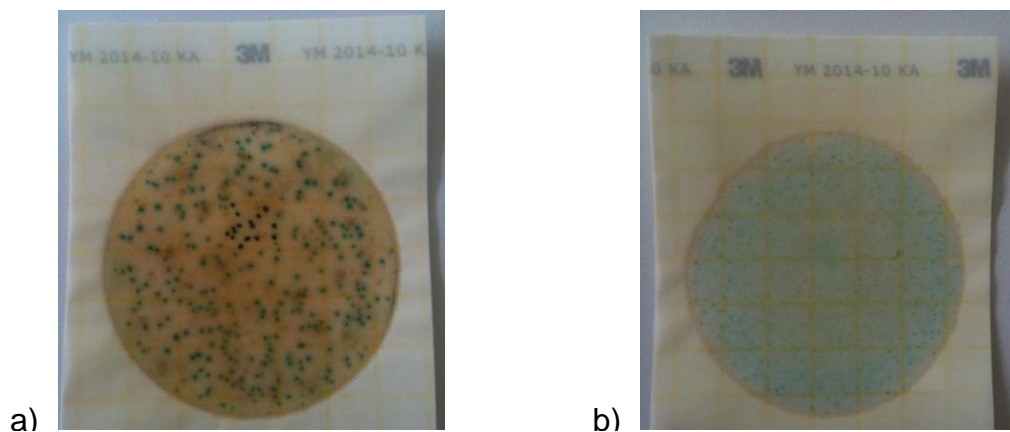


Figura 19. a) Inoculación inicial; b) después del tratamiento térmico

El Anexo B – 6 muestra los valores de UFC con sus valores logarítmicos, usados para graficar y obtener la ecuación de dominio. Se debe resaltar que al inicio de la inoculación, todas las muestras tuvieron un similar número de UFC.

Los resultados del decremento en el número de Unidades formadoras de colonia (UFC) se presentan en el Gráfico 12.

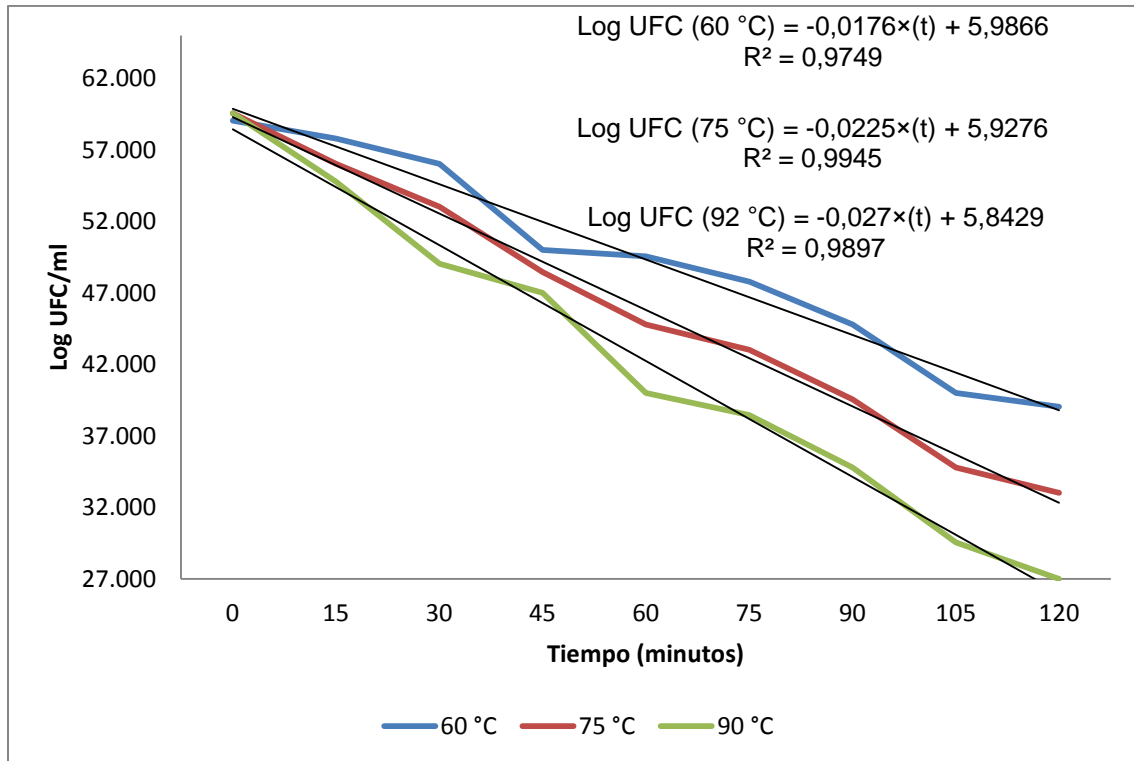


Gráfico 13. Reducción de viables en el tratamiento por temperatura

A partir de las ecuaciones lineales obtenidas, se puede determinar el Valor D mediante el inverso de la pendiente, aplicando la ecuación 31, expresada en el apartado 3.6.1.4:

a) Tratamiento a 60 °C:

La ecuación obtenida para la reducción del número de unidades formadoras de colonia a 60 °C en zumo de naranja es:

$$\text{Log UFC} = -0,0176 \times t + 5,9866$$

El valor del inverso de la pendiente es:

$$D_{60} = 56,8 \text{ min.}$$

Este valor indica que en zumo de naranja con un contenido inicial de 8×10^5 UFC se necesitan 56,8 minutos para que este valor sea reducido al 10%.

b) Tratamiento a 75 °C:

La ecuación obtenida para la reducción del número de unidades formadoras de colonia a 75 °C en zumo de naranja es:

$$\text{Log UFC} = -0,0225 \times t + 5,9276$$

El valor del inverso de la pendiente es:

$$D_{75} = 44,4 \text{ min.}$$

Este valor indica que en zumo de naranja con un contenido inicial de 9×10^5 UFC se necesitan 44,4 minutos para que este valor sea reducido al 10%.

c) Tratamiento a 92 °C:

La ecuación obtenida para la reducción del número de unidades formadoras de colonia a 92 °C en zumo de naranja es:

$$\text{Log UFC} = -0,027 \times t + 5,8429$$

El valor del inverso de la pendiente es:

$$D_{92} = 37 \text{ min.}$$

Este valor indica que en zumo de naranja con un contenido inicial de 9×10^5 UFC se necesitan 37 minutos para que este valor sea reducido al 10%.

Cinquanta et al. (2010), estudian el efecto de la pasteurización en jugo de naranja sometida a 60, 70, 75, y 85 °C. Iniciando con una concentración de $1,4 \times 10^4$ determinaron un valor D_{60} de 23,2 minutos, muy inferior al que se muestra en el presente trabajo, pero justificable debido a la carga microbiana inicial. Por su parte, Borozan et al. (2010), trabajaron con zumo de naranja, pera y manzana pasteurizados y no pasteurizados; las pruebas no solo mostraron algunos grupos microbianos con riesgo como bacterias coliformes, sino también la presencia de hongos filamentosos, levaduras y bacterias

mucogen. Lo que es notable es la ausencia de coliformes a partir de todas las muestras analizadas.

4.7.1.2 Radiación

Para la extracción del zumo se procedió del mismo modo que se usó para el proceso por calentamiento; de igual manera, el zumo fue colocado en frascos de vidrio estériles y se almacenó a temperatura ambiente hasta que la contaminación fue evidente, los valores de UFC se encuentran reportados en el Anexo B – 7. En este caso, se evidenció la producción de gas al interior del frasco, como se observa en la Figura 20.



Figura 20. Contaminación del zumo previo a tratamiento por Radiación

En la Figura 21 se observa la placa inicial del contaje de UFC para realizar los cálculos propuestos.

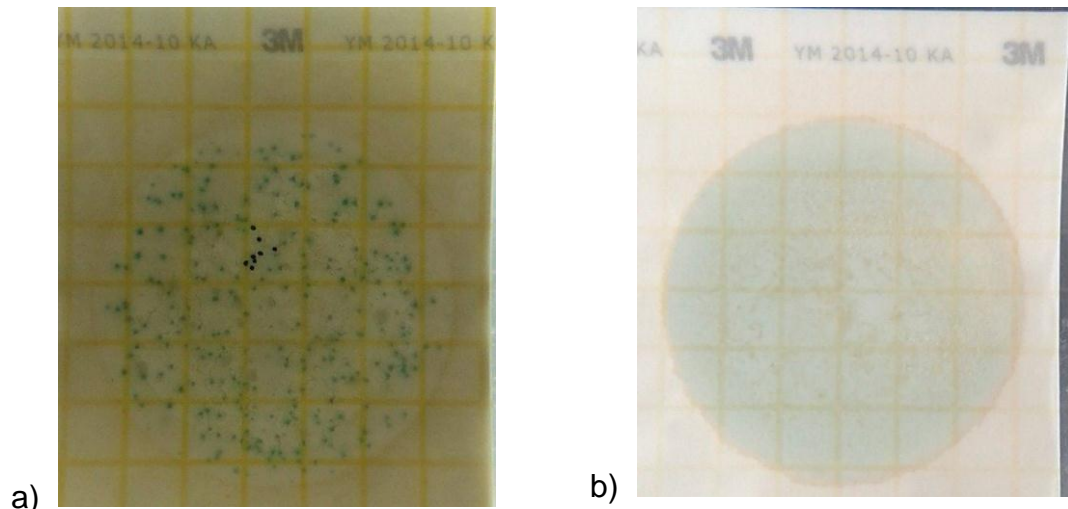


Figura 21. a) Inoculación inicial; b) después del tratamiento por radiación

Para este caso, el tratamiento se realizó a una distancia de 40 cm de la fuente de radiación, debido a que a esta distancia no existió variación significativa en el contenido de ácido ascórbico de las muestras.

Cuando el contenido de UFC fue un número contable, se procedió a realizar las siembras; para este fin, las muestras fueron colocadas en la cámara de radiación y cada 15 minutos se extrajo 1 ml del zumo y se inoculó.

En el Gráfico 13 se presenta la reducción de viables en la muestra sometida a radiación. Como se puede observar, se obtiene un valor de pendiente similar al obtenido cuando se trabajó a 75 °C.

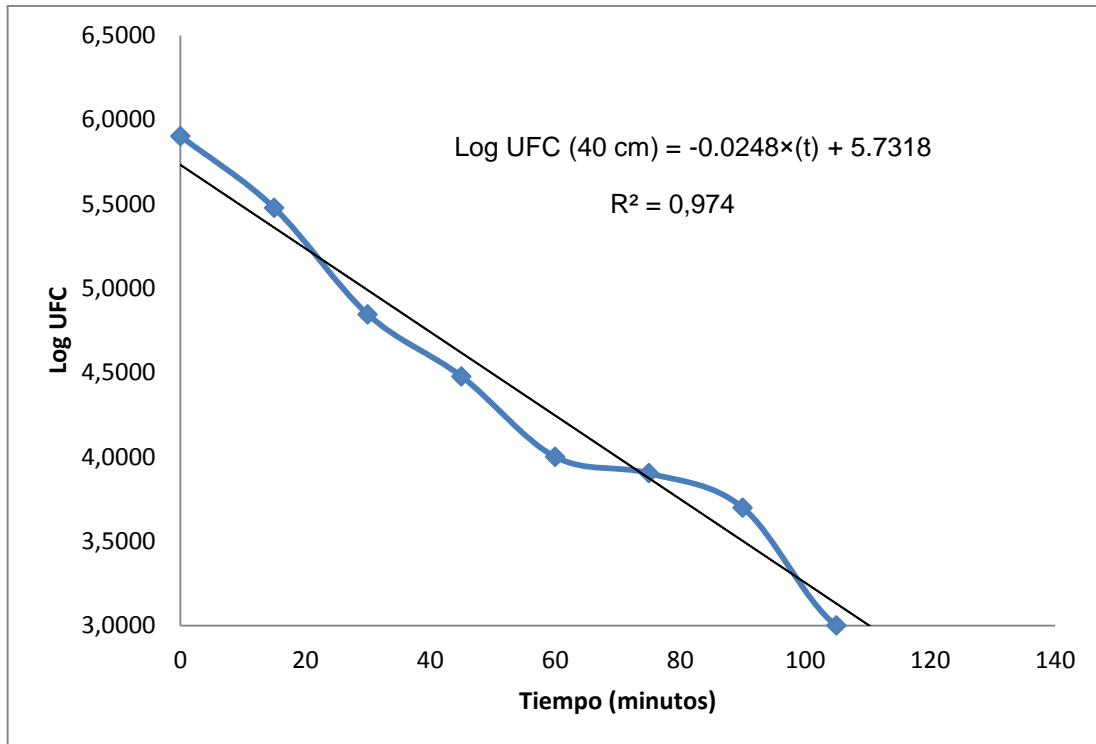


Gráfico 14. Reducción de viables en el tratamiento de radiación

Para el cálculo del valor D se procedió de igual manera, a partir de la ecuación de la recta.

$$\text{Log UFC} = -0,0248 \times t + 5,7318$$

El valor del inverso de la pendiente es:

$$D_{40} = 40,3 \text{ min.}$$

Este valor indica que en zumo de naranja con un contenido inicial de 8×10^5 UFC se necesitan 40,3 minutos para que este valor sea reducido al 10%.

Frente a estos resultados, se puede corroborar con lo expuesto por Syamaladevi et al. (2014), quienes exponen que la radiación UV reduce significativamente la población de *P. expansum* en frutas. Ochoa & Guerrero (2012), expusieron jugo de Pitajaya (*Stenocereus griseus*) a un sistema continuo de luz ultravioleta, después de 25 minutos de exposición, lograron un

valor de 1,14 ciclos logarítmicos de reducción de mohos y levaduras, valor muy inferior al que se presenta. Geveke & Torres (2012), usaron jugo de pomelo y lo expusieron a luz ultravioleta durante 3,2 segundos en un cilindro rotacional con las siguientes características: velocidad de rotación del cilindro 450 a 750 rpm, inclinación del cilindro con un ángulo de 15 a 45°, temperatura de salida de 11 °C, y velocidad de flujo de 300 ml/min y se almacenó durante 35 días en refrigeración; encontraron un valor de reducción decimal de menos de 1UFC/ml.

Como se observa, el valor encontrado en el presente trabajo de investigación se encuentra muy por encima de los valores reportados en bibliografía, ante esto, Shamsudin et al. (2013), indican que factores como una exposición ultravioleta insuficiente, así como el bloqueo de radiación ultravioleta por la existencia de partículas y fibras en el jugo ocasionan bajos valores de reducción decimal. De igual manera, Hegazy & Ibrahim (2012), reportan que la naranja contiene un alto porcentaje de compuestos fenólicos, y debido a esto, según lo expuesto por Fredericks et al. (2011), una gama de compuestos fenólicos son capaces de absorber radiación en la región UV del espectro electromagnético. Por lo tanto, puede suponerse que la luz UV fue absorbida por los compuestos fenólicos en lugar de ser transmitidos a los microorganismos.

4.7.2 Cálculo del incremento en la temperatura necesario para que el valor *D* se reduzca a la décima parte del inicial

Los valores del logaritmo del valor *D* relacionados con la temperatura se encuentran representados en el Gráfico 14. Los resultados se encuentran representados en el Anexo B – 8.

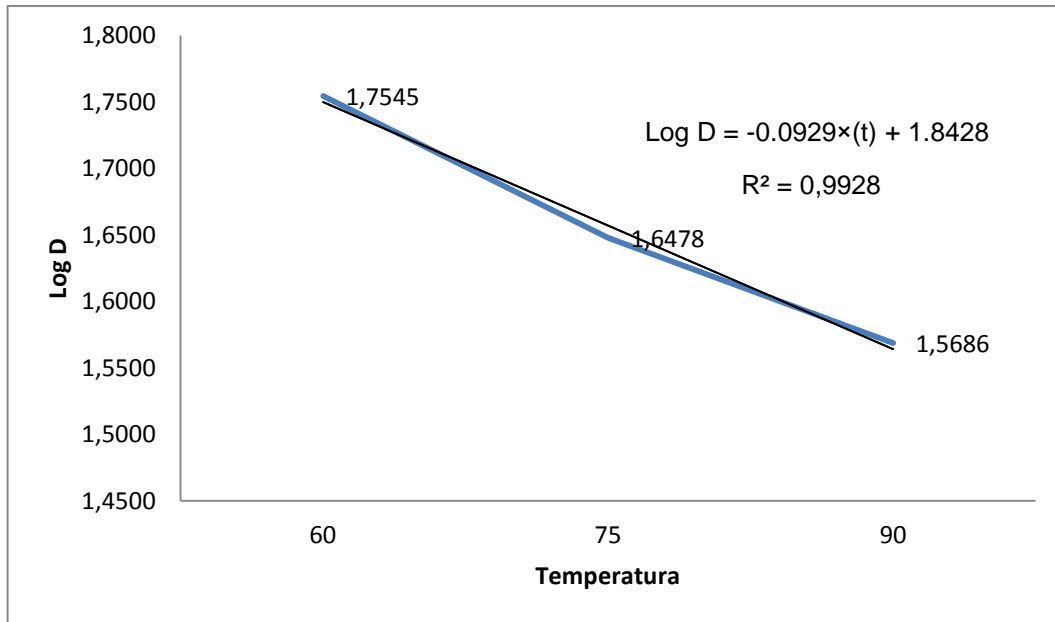


Gráfico 15. Logaritmo del Valor D respecto a cada temperatura

De la ecuación presentada, el valor del incremento de la temperatura se obtiene del valor inverso de la pendiente, mediante la aplicación de la Ecuación 33, que se observa en el apartado 3.6.1.5.

$$\text{Log D} = -0,0929 \times t + 1,8428$$

El valor del inverso de la pendiente es:

$$Z = 10,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El valor Z indica que la temperatura de trabajo debe incrementarse en 10,8 °C para que la carga microbiana inicial pueda ser reducida en 90%.

Gayán et al. (2012), trabajaron sinérgicamente con radiación ultravioleta y temperaturas leves para eliminar la carga microbiana de jugo de naranja; reportan que la combinación sinérgica de luz UV y temperaturas suaves incrementa la eficacia del tratamiento para la inactivación de microorganismos en el jugo de naranja. Silva & Gibbs (2012), aplicaron tratamientos térmicos para eliminar la carga microbiana de ciertos alimentos, exponen que en

alimentos con alto contenido de humedad, fueron encontrados valores Z más altos, en el orden de 6 °C; valor similar al encontrado en el presente trabajo de investigación.

4.8 Cálculo del tiempo de vida útil del zumo sometido a tratamiento térmico y radiación

4.8.1 Pasteurización

El zumo fue extraído bajo condiciones asépticas y sometido a tratamiento de pasteurización (62 °C durante 30 minutos); una vez terminado esto, se colocó 250 ml de zumo en 6 frascos de vidrio estériles, tomando en cuenta que cada frasco corresponde a un día, para de esta manera evitar que el zumo se contamine. Cada 4 días se tomó 1 ml de zumo de cada frasco y se inoculó en placas Petrifilm de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En el Anexo B – 9 se muestra el número de UFC que se reportaron en cada día que se tomaron las muestras. Estos valores se encuentran representados en el Gráfico 15.

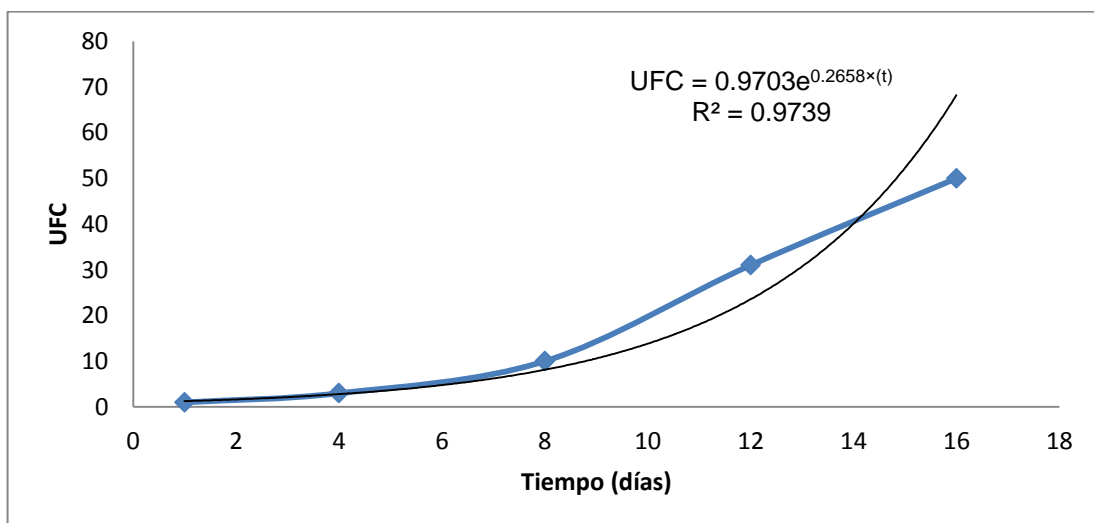


Gráfico 16. Unidades formadoras de colonia (UFC/ml) después del tratamiento térmico

Como se observa, el crecimiento de mohos y levaduras se presenta de forma exponencial en el zumo de naranja.

La ecuación que se obtiene, tomando en cuenta la relación exponencial que se obtiene, es:

$$UFC = 0,9703 e^{0,2658 \times t}$$

Linealizando la ecuación se obtiene:

$$\ln UFC = 0,2658 \times t + \ln 0,9703$$

Tomando en cuenta que dentro de la NOM-130-SSA1-1995 se expone un límite máximo permisibles de 25 UFC/ml, tenemos que:

$$t = \frac{\ln UFC - \ln 0,9703}{0,2659}$$

$$t = \frac{\ln 25 - \ln 0,9703}{0,2659}$$

$$t = 12,2 \text{ días} \approx 12 \text{ días}$$

Borozan et al. (2010), determinaron el tiempo de vida útil de pulpa de manzana, pera y naranja, tanto pasteurizadas como no pasteurizadas. Después del tratamiento térmico a 37 °C durante 5 días, las muestras de jugo pasteurizados presentaron una evolución del segmento microbiano que mostró la presencia de deterioro y la posibilidad de provocar enfermedades humanas en un inadecuado almacenamiento. Rivas et al. (2005), exponen que la vida útil de jugo pasteurizado de naranja y zanahoria almacenado a 4 °C es de 2 semanas, y Nwachukwu & Ezeigbo (2013), señalan que el tiempo de vida útil de zumo pasteurizado, adicionado benzoato y almacenado a temperatura ambiente es de dos semanas.

En base a los resultados expuestos en investigaciones realizadas y citadas, se comprueba que el valor obtenido parece ser razonable, tomando en cuenta el proceso y la temperatura de almacenamiento.

4.8.2 Radiación

El zumo fue extraído y colocado en frascos de vidrio bajo las mismas condiciones que se usaron para el tratamiento térmico, pero en este caso los 6 frascos fueron colocados sin tapa en la cámara de radiación durante 30 minutos, como se observa en la Figura 22.



Figura 22. Colocación de las muestras en la cámara de radiación

De igual manera, cada 4 días se escogió una muestra para extraer 1 ml e inocular en las placas para determinar su carga microbiana. Los resultados se exponen en el Anexo B – 10, y el gráfico de los resultados se muestra a continuación.

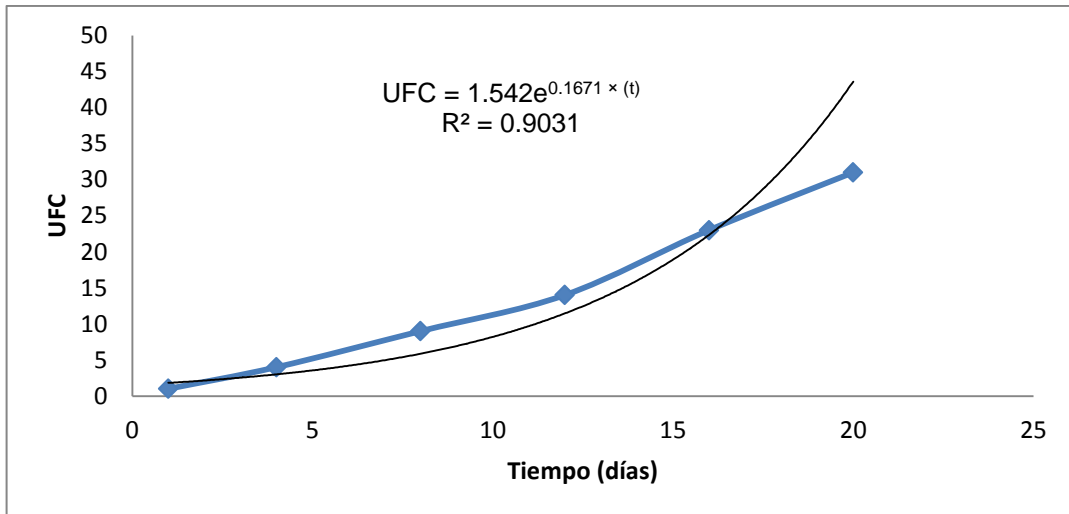


Gráfico 17. Unidades Formadoras de Colonia (UFC/ml) después de la radiación

La ecuación que se obtiene, tomando en cuenta la relación exponencial que se obtiene, es:

$$UFC = 1,542 e^{0,1671 \times t}$$

Linealizando la ecuación se obtiene:

$$\ln UFC = 0,1671 \times t + \ln 1,542$$

Tomando en cuenta que dentro de la NOM-130-SSA1-1995 se expone un límite máximo permisibles de 25 UFC/ml, tenemos que:

$$t = \frac{\ln UFC - \ln 1,542}{0,1671}$$

$$t = \frac{\ln 25 - \ln 1,542}{0,1671}$$

$$t = 16,6 \text{ días} \approx 17 \text{ días}$$

La tecnología de luz ultravioleta, según lo exponen Turtoi y Borda (2013), es capaz de garantizar la seguridad de los zumos de frutas, néctares y sidra, especialmente en combinación con buenas prácticas de fabricación u otras tecnologías de procesamiento mínimo; por lo tanto, es una alternativa de menor costo prometedor para la pasteurización térmica. Chia et al. (2012), analizan el efecto del almacenamiento sobre los atributos de calidad de zumos de piña ultravioleta irradiados y térmicamente pasteurizados y determinan que el zumo irradiado se mantiene durante 7 a 8 semanas almacenado a 4 °C.

Dado que existen factores como la turbidez, que evitan que la luz pueda llegar al total de los microorganismos presentes en el zumo, se obtiene un valor muy por debajo de los reportados en bibliografía. Sin embargo, y tomando en cuenta el valor obtenido en el tratamiento por pasteurización, se evidencia que la radiación UV es una alternativa tecnológica importante para prolongar el tiempo de vida útil y mantener las características naturales del zumo de naranja.

Para controlar el avance de los dos tratamientos, se trabajó con dos muestras sin tratamientos, para que el efecto de los dos tratamientos sea más evidente. En la Figura 23 se muestra las siembras realizadas a estas muestras después de 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Como se ve, la contaminación de las placas es muy alta.

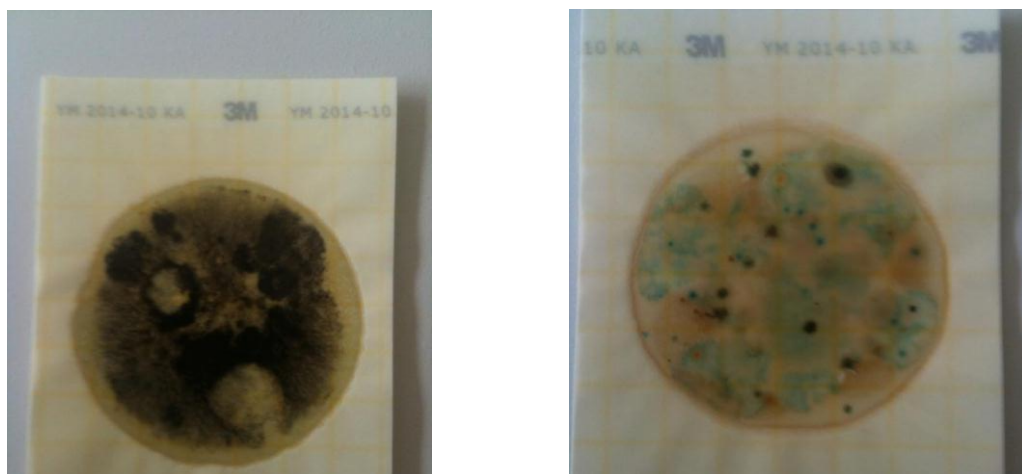


Figura 23. Carga microbiana de las muestras control

4.9 Verificación de la hipótesis

En base a los cálculos que se realizaron con los datos obtenidos en la fase experimental, mediante la aplicación del diseño de un solo factor, se llega a la siguiente decisión:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) para el proceso de calentamiento, pues la temperatura produce variaciones significativas en el contenido de ácido ascórbico. Por el contrario, para el proceso de radiación se acepta la hipótesis nula (H_0) pues este proceso no influye en el contenido de ácido ascórbico.

En el caso de la hipótesis alternativa, (H_1), se acepta para el proceso de calentamiento, pues el análisis estadístico realizado arroja como respuesta que dicho proceso tiene una gran influencia sobre el contenido de ácido ascórbico del zumo de naranja. Para el proceso de radiación esta hipótesis debe ser rechazada, pues no se presentan variaciones significativas de ácido ascórbico durante el tiempo de sometimiento del zumo a radiación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la aplicación de técnicas de regresión a partir de los valores de concentración de ácido ascórbico medido cada 15 minutos durante 3 horas se lograron obtener ecuaciones que permitan predecir la concentración de dicho componente en el zumo de naranja cuando esté siendo sometido a procesos tecnológicos que trabajen bajo las condiciones simuladas en el laboratorio. Dado que la reacción que se produce es de primer orden, las ecuaciones se presentan en valor del logaritmo natural de la respuesta.
- A temperatura ambiente, se produce una disminución de $10,8 \pm 2,7$ del porcentaje original de ácido ascórbico del zumo de naranja; $31,8 \pm 3,8\%$ del contenido original de ácido ascórbico disminuye cuando se somete a una temperatura de $62\text{ }^{\circ}\text{C}$; finalmente, una temperatura de $92\text{ }^{\circ}\text{C}$ produce que el ácido ascórbico disminuya en $48,01 \pm 2,2\%$ del contenido inicial de ácido ascórbico. El trabajo con radiación presenta valores totalmente diferentes, pues trabajando a 30 cm del foco de radiación se produce una disminución de $15,88 \pm 2,2\%$ del contenido de ácido ascórbico; mientras que a 40 y 50 cm del foco de radiación $15,15 \pm 1,7\%$ del contenido inicial de ácido ascórbico disminuye. La temperatura es un factor que influye de manera significativa al contenido de ácido ascórbico en el zumo de la naranja. Los valores de temperatura altos producen pérdidas significativas en la concentración de ácido ascórbico, lo que se evidencia al realizar un análisis de la varianza, pues se presentan significativas diferencias en el contenido de ácido ascórbico del

zumo de naranja. Mientras que el trabajo con radiación no afecta significativamente su contenido, tampoco se evidencian diferencias significativas en las diferentes distancias entre el zumo y el foco de radiación.

- La energía de activación (E_a) requerida para iniciar el proceso de degradación de ácido ascórbico en el zumo de naranja es $22,67 \frac{Kj}{mol}$. Este valor concuerda con lo expresado por ciertos autores.
- Los resultados muestran que el tratamiento por radiación es capaz de prolongar la vida útil del producto un 30%, sin que se vean fuertemente afectadas las características nutricionales del zumo. En cuanto a los valores de desinfección, el tiempo necesario para reducir el 90% de la carga inicial cuando se trabaja a temperatura de pasteurización convencional es de 57 minutos, así mismo, es necesario que la temperatura se eleve en 11 °C para llevar este fin.
- Para evitar una drástica disminución en el contenido de ácido ascórbico, la radiación se presenta como una condición favorable para este fin, pues no lo afecta significativamente y tiene una gran capacidad para reducir la carga microbiana del zumo. Dados los resultados encontrados, la ecuación que se obtuvo al trabajar a 40 cm de la fuente de radiación: $\ln [\text{AA}] = -2 \cdot 10^{-5}(t) - 0,5997$ ($r^2 = 0,9858$), se presenta como la más favorable para ser aplicada en procesos tecnológicos que requieran disminuir la carga microbiana del zumo de naranja y al mismo tiempo producir un impacto mínimo en el ácido ascórbico.

5.2 Recomendaciones

- Para que los resultados sean exactos, trabajar con métodos analíticos modernos, como espectrofotometría o cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC por sus siglas en inglés) o que permitan encontrar resultados más veraces.
- Para obtener mejores resultados, es recomendable que el zumo sea sometido a calentamiento y radiación en condiciones anaerobias, pues el oxígeno es un factor que afecta al ácido ascórbico. De esta manera, se podrán comparar los resultados expuestos y los encontrados para analizar cuál es la vía más favorable de procesamiento.
- Para evitar un exceso de contaminación del zumo durante su extracción, se recomienda lavar previamente a las naranjas con solución de cloro disuelta hasta 200 ppm (200mg de cloro por cada kg de agua), de esta manera la población microbiana solo será la del zumo.
- En caso de desarrollar un producto que se procese bajo temperatura o radiación, realizar análisis sensoriales, para determinar las condiciones adecuadas que satisfagan al consumidor y a sus necesidades nutricionales.
- En cuanto al análisis microbiológico, es importante que se estudien los microorganismos de las placas por separado, para que de esta manera se pueda diferenciar y especificar la carga microbiana inicial y final.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- **Título:** Representación gráfica y modelamiento matemático para relacionar la concentración de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a radiación o proceso térmico.
- **Institución ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos.
- **Beneficiarios:** Sector frutícola, empresarios (Planhofa).
- **Ubicación:** Cantón Ambato – Provincia de Tungurahua
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 5 meses
- **Equipo Técnico Responsable:** José Villacís e Ing. Msc Liliana Acurio
- **Costo:** 5660,60 USD.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Domínguez & Parsaneze (2012a), señalan que en la industria de alimentos se utiliza para desinfectar por ejemplo cintas transportadoras, láminas y tapas de cierre, envases; como también superficies de algunos alimentos sólidos entre los que se pueden mencionar frutas, verduras, pescados y líquidos como jugos y agua. Asimismo se emplea en acuicultura por ejemplo para protección del flujo y de la recirculación en acuarios de agua dulce o salada.

Se conoce acerca de la eficacia de la radiación del UV-C contra una gran variedad de microorganismos, mesófilos, aerobios, aerobios facultativos, bacterias ácido lácticas, entre otros (Wright et al., 2000).

Vale destacar que el poder germicida de la radiación disminuye al aumentar la distancia desde la fuente de luz. Por esto, el tiempo de exposición, la dosis y el perfil de flujo son esenciales para lograr la reducción microbiana necesaria (Domínguez & Parsaneze, 2012b).

Allende et al. (2006), indican que actualmente aquellos métodos alternativos, no invasivos aplicados en el acondicionamiento de las hortalizas como tecnologías de radiación UV, tratamientos de conservación y empaque (atmósferas modificadas, compuestos antietileno, etc) han tomado fuerza en los cultivos de hortalizas ya que mejoran la calidad, el tiempo de vida útil y garantizan alimentos seguros.

Por otro lado, según lo señala Lee & Kader (2000), los procesos térmicos elevados, así como el almacenamiento prolongado, baja humedad relativa, entre otros factores, afectan de manera significativa al contenido de ácido ascórbico en frutas frescas.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Los alimentos cítricos constituyen una buena fuente de ácido ascórbico (Vitamina C), que en la naranja se encuentra en una cantidad aproximada de 50 mg por cada 100 gr; este compuesto es importante para usos terapéuticos como apoyo al sistema inmunitario, regulación del colesterol, autismo, escorbuto, etc. Por ello, es de suma importancia evitar que el contenido original de este componente se vea reducido durante el procesamiento tecnológico del zumo obtenido de la naranja variedad *Valencia*, por ser una de las que mayor producción presenta a nivel nacional.

De manera concreta, se debe enfocar en la importancia tanto teórica como práctica que tiene la exposición del zumo a radiación y tratamientos térmicos para prolongar su vida útil, y como esto influye en el contenido de ácido ascórbico del producto. Esto se encuentra en estrecha relación con la carga microbiana inicial, así como el tiempo de exposición y/o la distancia entre el producto y la fuente de radiación. Los datos que se obtengan, serán importantes para el proceso tecnológico al que deba ser sometido el zumo, así como para mejorar la comercialización del producto tomando en cuenta sus características nutricionales.

El proyecto investigativo proporcionará información de tipo técnica que es importante para el proceso tecnológico que asegura la inocuidad del producto y prolonga la vida útil del mismo durante su comercialización y distribución, reduciendo al mínimo posible el impacto que dicho proceso pueda tener sobre las cualidades nutricionales del alimento.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

Proponer la ecuación cinética más favorable para aplicación en usos tecnológicos

6.4.2 Objetivos Específicos

- Especificar las condiciones de procesamiento adecuadas para que el zumo mantenga un contenido de ácido ascórbico cercano al original y baja carga microbiana durante el tiempo requerido hasta llegar al consumidor.
- Seleccionar el tratamiento que presente el menor impacto nutricional y sensorial en el zumo de naranja.

6.5 Análisis de Factibilidad

El proyecto a desarrollarse tiene un carácter científico, ya que utilizando métodos de análisis químico de alimentos se determinará la cantidad de ácido ascórbico presente en zumos de frutas sometido a los diferentes tratamientos que se utilizan en la industria para prolongar su vida útil, esto servirá para obtener gráficos y ecuaciones que faciliten el enriquecimiento de los zumos con ácido ascórbico después del procesamiento.

La factibilidad se basa principalmente en la obtención de datos experimentales reales del contenido de ácido ascórbico del zumo de frutas durante diferentes intervalos del tiempo que dure el procesamiento, para su aplicación en la Planta Hortofrutícola de Ambato (Planhofa) y de esta manera mejorar la calidad nutricional de los productos.

Se debe tomar en cuenta el factor socio-económico, puesto que se podrá trabajar con muestras reales procesadas en Planhofa, y una vez realizada la

caracterización, así como la determinación de ácido ascórbico, se podrán obtener modelos matemáticos cuya aplicación permitan predecir el contenido final de ácido ascórbico después del tratamiento al que sean sometidos para reducir su carga microbiana.

En la Tabla 17 se presentan un resumen del presupuesto necesario para que el proyecto pueda ser puesto en marcha:

Tabla 18. Recursos económicos de la propuesta

Recursos	Valor económico [USD]
Humanos	
Egresado	1700
Tutor	750,0
Materiales	
Materiales, equipos y reactivos	2350
Recursos Económicos	
Transporte	96,00
Publicaciones	250,0
Otros	
Imprevistos (10%)	514,6
TOTAL	5660,6

6.6 Fundamentación

Heldman (2007), señala que los sistemas usados para la preservación de alimentos varía con el tipo de producto que está siendo procesado. El tratamiento térmico tradicional ha sido usado tanto para procesamiento parcial (pasteurización, blanching) como para esterilización comercial para fabricar productos estables. En el mismo tema Salamanca (2007), indica que la evaluación y caracterización de materias primas para proceso y los procedimientos para su conservación, son base y pilar fundamental de la

evolución y desarrollo de la Ciencia y la Tecnología de los Alimentos. Tradicionalmente los néctares y jugos de manzana, melocotón, naranja y pera, son los de mayor demanda en el mercado porque tradicionalmente se asociaron a las grandes producciones europeas y americanas.

Crane (2000), explica que en algunas operaciones, se requiere de un conocimiento previo de las propiedades físicas del material inicial y/o durante el proceso para formular modelos matemáticos que representen las condiciones críticas de operación, ya que estas propiedades cambian considerablemente en operaciones que implican transferencia de calor o masa. Las propiedades físicas y químicas y por ende la calidad de los jugos de frutas comerciales se ven afectados por distintos elementos.

A partir de ecuaciones se logra predecir la duración y seguridad de los alimentos así también como determinar la estabilidad microbiana de nuevos productos alimenticios y ayudar en la evaluación de posibles riesgos para la salud pudiendo tener como principal desventaja que las predicciones no fueran del todo precisas, indicando sólo una tendencia o la imposibilidad de predecir fuera del rango de las condiciones consideradas (Coll et al., 2001).

Villota & Hawkes (1992), realizaron una revisión sobre la cinética de degradación de ciertas vitaminas en alimentos. Uddin et al. (2001), indican que el ácido ascórbico (Vitamina C) generalmente se selecciona como un índice de la calidad de los nutrientes debido a su naturaleza lábil en comparación con los otros nutrientes en los alimentos.

En los jugos de frutas cítricas, el ácido ascórbico representa uno de los componentes más sensibles a las condiciones de proceso y de almacenamiento (Mujica et al., 2007). Lee & Nagy (1988), indican que la degradación de ácido ascórbico es la principal reacción de deterioro en los jugos cítricos almacenados.

Un estudio cinético consiste en el estudio controlado y análisis del desarrollo y cambios en varios factores de una reacción química. Dado que la oxidación es considerada como un proceso lento, el estudio se lleva a cabo durante un largo período de tiempo, junto con las mediciones regulares de la concentración para modelar la velocidad de cambio de la concentración de ácido ascórbico (Jorgensen, 2010).

6.7 Metodología

Para la construcción de gráficos y modelización matemática que relacionan el contenido de ácido ascórbico en presente en zumo de frutas en función de la temperatura y distancia de la fuente de radiación, primero se realizará la caracterización fisicoquímica del zumo; posteriormente se realizará la determinación de Vitamina C siguiendo el protocolo expuesto en la sección 3.6.1.1.

Tabla 19. Modelo operativo (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
Formulación de la propuesta	Determinar modelos matemáticos para calcular el contenido de ácido ascórbico	Revisión bibliográfica	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	950,00 USD	1 mes
Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Pruebas preliminares sobre el contenido de ácido ascórbico en zumo procesado	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	1235,6 USD	2 meses
Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de tratamiento térmico y radiación UV sobre el zumo de frutas	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	2500,00 USD	2 meses
Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de ejecución	Aplicación en el diseño, determinación y cálculo del contenido de ácido ascórbico	Investigador Analista	Humanos Técnicos Económicos	975,00 USD	1 mes

6.8 Administración

La presente propuesta se desarrollará bajo los siguientes conceptos por los responsables del proyecto:

Tabla 20. Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Representación gráfica y modelamiento matemático para relacionar la concentración de ácido ascórbico en zumo de naranja sometido a radiación o proceso térmico	Control de parámetros ineficientes, debido a que no se cuentan con modelos matemáticos que permitan predecir el contenido final de Vitamina C después del tiempo de procesamiento; consiguientemente no se puede enriquecer el zumo.	Mejoramiento en el procesamiento tecnológico, así como en la calidad nutricional de los zumos.	Determinar el contenido inicial de ácido ascórbico de los zumos de frutas y la reducción del mismo durante el procesamiento para construir gráficos y determinar modelos matemáticos que permitan predecir cuál será la concentración final y de esta manera se pueda enriquecer al zumo.	Egresado José A. Villacís Ch Ing. Liliana Acurio M. Sc.

6.9 Previsión de la evaluación

Tabla 21. Previsión de la evaluación

¿Quiénes solicitan evaluar?	Planta Hortofrutícola de Ambato (Planhofa) y empresarios del sector frutícola en general.
¿Por qué evaluar?	Pérdidas de valor nutricional en el proceso de reducción de la carga microbiana para prolongar la vida útil del producto. Escaza información sobre el porcentaje de reducción de ácido ascórbico en zumos.
¿Para qué evaluar?	Enriquecer al producto después del tratamiento para mejorar sus características nutricionales.
¿Qué evaluar?	Caracterización fisicoquímica – Contenido de ácido ascórbico.
¿Quién evalúa?	Investigador – Analista de alimentos de la planta procesadora.
¿Cuándo evaluar?	Antes, durante y al final del procesamiento.
¿Cómo evaluar?	Análisis de ácido ascórbico mediante el método del 2,6 – diclorofenolindofenol.
¿Con qué evaluar?	Experimentación, revisión bibliográfica, aplicación de normas y paquetes estadísticos.

6.10 Resultados de la propuesta

A continuación se enlistan las ecuaciones que podrán ser aplicadas para predecir el contenido final de ácido ascórbico en un zumo de frutas tratado con temperatura o radiación.

La aplicación de las ecuaciones presentadas a cada proceso permitirá mejorar la calidad nutricional de zumos de frutas, pues permiten conocer el contenido de ácido ascórbico que tendrá el zumo al final de cada uno de los procesos tecnológicos enlistados.

Tabla 22. Aplicación en procesos tecnológicos de los modelos encontrados

TEMPERATURA DE TRABAJO	MODELO	APLICACIONES
Ambiente (20 ± 2 °C)	$[ÁA] = e^{(-1 \times 10^{-5} \times t) - 0,6967}$	Pelado instantáneo con vapor
		Centrifugación
		Filtración
		Expresión
		Extracción con solventes
		Concentración por membranas
		Electrodialisis y pervaporación
62 °C	$[ÁA] = e^{(-4 \times 10^{-5} \times t) - 0,6129}$	Pasteurización (30 minutos)
		Termización
		Inactivación enzimática
92 °C	$[ÁA] = e^{(-6 \times 10^{-5} \times t) - 0,5817}$	Pasteurización (10 minutos)
		Concentración

Como referencia se puede citar al proceso de ósmosis reversa, el cual no produce pérdida de ácido ascórbico comparado con la ultrafiltración que que reducen un 87% del contenido total de ácido ascórbico

El modelo matemático propuesto fue obtenido a una temperatura de 62 °C, debido a que “el tratamiento clásico de pasteurización consiste en el calentamiento del producto a una temperatura de 62 a 63 °C durante 30 minutos” según lo indica Negroni (2009). A esto Montoya (2008), indica que la temperatura seleccionada para la pasteurización depende el tiempo de muerte por calor del microorganismo patógeno más resistente que se debe destruir. En adición a lo expuesto, se debe tomar en cuenta que a una temperatura de 62 °C, la disminución de vitamina C es de 32% del valor inicial.

En caso de usar radiación como tratamiento microbicida, la ecuación que se usará es aquella obtenida a una distancia de 40 centímetros de la fuente de radiación, debido a que en este caso, se evidencia un 15 % de disminución de Vitamina C.

$$\ln [\text{AA}] = (-2 \times 10^{-5} \times t) - 0,5997$$

$$[\text{AA}] = e^{(-2 \times 10^{-5} \times t) - 0,5997}$$

ANEXOS

Anexo A: Normas

Anexo A – 1

**Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas
(Codex Stan 247-2005)**

**NORMA GENERAL DEL CODEX PARA
ZUMOS (JUGOS) Y NÉCTARES DE FRUTAS
(CODEX STAN 247-2005)**

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma se aplica a todos los productos que se definen en la Sección 2.1 *infra*.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

2.1.1 Zumo (jugo) de fruta

Por zumo (jugo) de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius.

Algunos zumos (jugos) podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo (jugo), aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación (BPF).

Los zumos (jugos) se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos (jugos) de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros y podrán contener componentes restablecidos¹ de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células² obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

Un zumo (jugo) de un solo tipo es el que se obtiene de un solo tipo de fruta. Un zumo (jugo) mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos (jugos), o zumos (jugos) y purés de diferentes tipos de frutas.

El zumo (jugo) de fruta se obtiene como sigue:

2.1.1.1 Zumo (jugo) de fruta exprimido directamente por procedimientos de extracción mecánica.

2.1.1.2 Zumo (jugo) de fruta a partir de concentrados, mediante reconstitución del zumo (jugo) concentrado de fruta, tal como se define en la Sección 2.1.2 con agua potable que se ajuste a los criterios descritos en la Sección 3.1.1(c).

¹ Se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos componentes hasta alcanzar la concentración normal que se obtiene en el mismo tipo de fruta.

² En el caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo (jugo) obtenido del endocarpio.

Esta Norma reemplaza a las normas individuales para zumos (jugos) de frutas y productos afines según se indica a continuación:
Zumos (jugos) de frutas conservados por medios físicos exclusivamente: zumo (jugo) de naranja (CODEX STAN 45-1981), zumo (jugo) de pomelo (CODEX STAN 46-1981), zumo (jugo) de limón (CODEX STAN 47-1981), zumo (jugo) de manzana (CODEX STAN 48-1981), zumo (jugo) de tomate (CODEX STAN 49-1981), zumo (jugo) de uva (CODEX STAN 82-1981), zumo (jugo) de piña (CODEX STAN 85-1981), zumo (jugo) de grosella negra (CODEX STAN 120-1981) y Norma General para zumos (jugos) de frutas no regulados por normas individuales (CODEX STAN 164-1989).
Zumos (jugos) concentrados de frutas conservados por medios físicos exclusivamente: zumo (jugo) concentrado de manzana (CODEX STAN 63-1981), zumo (jugo) concentrado de naranja (CODEX STAN 64-1981), zumo (jugo) concentrado de uva (CODEX STAN 83-1981), zumo (jugo) concentrado y azucarado de uva tipo labrusca (CODEX STAN 84-1981), zumo (jugo) concentrado de grosella negra (CODEX STAN 121-1981) y zumo (jugo) concentrado de piña (CODEX STAN 138-1983).
Zumos (jugos) concentrados de frutas con conservantes destinados a la fabricación: zumo (jugo) concentrado de piña (CODEX STAN 139-1983).
Néctares de frutas conservados por medios físicos exclusivamente: néctares de albaricoque, melocotón y pera (CODEX STAN 44-1981), néctar de guayaba (CODEX STAN 148-1985), néctar no pulposo de grosella negra (CODEX STAN 101-1981), néctares pulposos de algunas frutas pequeñas (CODEX STAN 122-1981), néctares de algunas frutas cítricas (CODEX STAN 134-1981), Norma General para néctares de frutas no regulados por normas individuales (CODEX STAN 161-1989) y productos pulposos líquidos de mango (CODEX STAN 149-1985).
Directrices: Directrices sobre mezclas de zumos (jugos) de frutas (CAC/GL 11-1991) y Directrices sobre mezclas de néctares de frutas (CAC/GL 12-1991).

2.1.2 Zumo (jugo) concentrado de fruta

Por zumo (jugo) concentrado de fruta se entiende el producto que se ajusta a la definición dada anteriormente en la Sección 2.1.1, salvo que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix al menos en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo (jugo) reconstituido de la misma fruta, según se indica en el Anexo. En la producción de zumo (jugo) destinado a la elaboración de concentrados se utilizarán procedimientos adecuados, que podrán combinarse con la difusión simultánea con agua de pulpa y células y/o el orujo de fruta, siempre que los sólidos solubles de fruta extraídos con agua se añadan al zumo (jugo) primario en la línea de producción antes de proceder a la concentración.

Los concentrados de zumos (jugos) de fruta podrán contener componentes restablecidos¹ de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células² obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

2.1.3 Zumo (jugo) de fruta extraído con agua

Por zumo (jugo) de fruta extraído con agua se entiende el producto que se obtiene por difusión con agua de:

- fruta pulposa entera cuyo zumo (jugo) no puede extraerse por procedimientos físicos, o
- fruta deshidratada entera.

Estos productos podrán ser concentrados y reconstituídos.

El contenido de sólidos del producto acabado deberá satisfacer el valor mínimo de grados Brix para el zumo (jugo) reconstituido que se especifica en el Anexo.

2.1.4 Puré de fruta utilizado en la elaboración de zumos (jugos) y néctares de frutas

Por puré de fruta utilizado en la elaboración de zumos (jugos) y néctares de frutas se entiende el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante procedimientos idóneos, por ejemplo tamizando, triturando o desmenuzando la parte comestible de la fruta entera o pelada sin eliminar el zumo (jugo). La fruta deberá estar en buen estado, debidamente madura y fresca, o conservada por procedimientos físicos o por tratamientos aplicados de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius.

El puré de fruta podrá contener componentes restablecidos¹, de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células² obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

2.1.5 Puré concentrado de fruta utilizado en la elaboración de zumos (jugos) y néctares de frutas

El puré concentrado de fruta utilizado en la elaboración de zumos (jugos) y néctares de frutas se obtiene mediante la eliminación física de agua del puré de fruta en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo (jugo) reconstituido de la misma fruta, según se indica en el Anexo.

El puré concentrado de fruta podrá contener componentes restablecidos¹, de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta.

2.1.6 Néctar de fruta

Por néctar de fruta se entiende el producto sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene añadiendo agua con o sin la adición de azúcares según se definen en la Sección 3.1.2(a) de miel y/o jarabes según se describen en la Sección 3.1.2(b), y/o edulcorantes según figuran en la *Norma General para los Aditivos Alimentarios* (NGAA) a productos definidos en las Secciones 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.5 o a una mezcla de éstos. Podrán añadirse sustancias aromáticas, componentes aromatizantes volátiles, pulpa y células², todos los cuales deberán proceder del mismo tipo de fruta y obtenerse por procedimientos físicos. Dicho producto deberá satisfacer además los requisitos para los néctares de fruta que se definen en el Anexo.

Un néctar mixto de fruta se obtiene a partir de dos o más tipos diferentes de fruta.

2.2 ESPECIES

Se utilizarán las especies que se indican con su nombre botánico en el Anexo para la preparación de zumos (jugos) de fruta, purés de fruta y néctares de fruta cuyo nombre corresponda a la fruta de que se trate. Para las especies de frutas no incluidas en el Anexo se aplicará el nombre botánico o común correcto.

3. FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICIÓN Y CALIDAD

3.1 COMPOSICIÓN

3.1.1 Ingredientes básicos

(a) Para los zumos (jugos) de frutas exprimidos directamente, el nivel de grados Brix será el correspondiente al del zumo (jugo) exprimido de la fruta y el contenido de sólidos solubles del zumo (jugo) de concentración natural no se modificará salvo para mezclas del mismo tipo de zumo (jugo).

(b) La preparación de zumos (jugos) de frutas que requieran la reconstitución de zumos (jugos) concentrados deberá ajustarse al nivel mínimo de grados Brix establecido en el Anexo, con exclusión de los sólidos de cualesquiera ingredientes y aditivos facultativos añadidos. Si en el Cuadro no se ha especificado ningún nivel de grados Brix, el nivel mínimo de grados Brix se calculará sobre la base del contenido de sólidos solubles del zumo (jugos) de concentración natural utilizado para producir tal zumo (jugo) concentrado.

(c) Para los zumos (jugos) y néctares reconstituidos, el agua potable que se utilice en la reconstitución deberá satisfacer como mínimo los requisitos establecidos en la última edición de las *Directrices de la OMS para la Calidad del Agua Potable* (Volúmenes 1 y 2).

3.1.2 Otros ingredientes autorizados

Salvo que se establezca otra cosa, los siguientes ingredientes deberán ajustarse a los requisitos del etiquetado:

(a) Podrán añadirse azúcares con menos del 2% de humedad, según se define en la *Norma para los Azúcares* (CX-STAN 212-1999): sacarosa³, dextrosa anhidra, glucosa⁴ y fructosa a todos los productos definidos en la Sección 2.1. (La adición de los ingredientes que se indican en las Secciones 3.1.2(a) y 3.1.2(b) se aplicará sólo a los productos destinados a la venta al consumidor o para fines de servicios de comidas).

(b) Podrán añadirse jarabes (según se definen en la *Norma para los Azúcares*) sacarosa líquida, solución de azúcar invertido, jarabe de azúcar invertido, jarabe de fructosa, azúcar de caña líquido, isoglucosa y jarabe con alto contenido de fructosa, sólo a zumos (jugos) de fruta a partir concentrados según se definen en la Sección 2.1.1.2, a zumos (jugos) concentrados de frutas según se definen en la Sección 2.1.2, a purés concentrados de fruta según se definen en la Sección 2.1.5 y a néctares de frutas según se definen en la Sección 2.1.6. Sólo a los néctares de fruta que se definen en la Sección 2.1.6 podrán añadirse miel y/o azúcares derivados de frutas.

(c) A reserva de la legislación nacional del país importador, podrá añadirse zumo (jugo) de limón (*Citrus limon* (L.) Burm. f. *Citrus limonium* Rissa) o zumo (jugo) de lima (*Citrus aurantifolia* (Christm.), o ambos, al zumo (jugo) de fruta hasta 3 g/l de equivalente de ácido cítrico anhidro para fines de acidificación a zumos (jugos) no endulzados según se definen en las Secciones 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.5. Podrá añadirse zumo (jugo) de limón o zumo (jugo) de lima, o ambos, hasta 5 g/l de equivalente de ácido cítrico anhidro a néctares de frutas según se definen en la Sección 2.1.6.

(d) Se prohíbe la adición de azúcares (definidos en los apartados (a) y (b)) a la vez que de acidulantes (enumerados en la Norma General para los Aditivos Alimentarios (NGAA)) al mismo zumo (jugo) de fruta.

³ Denominada "azúcar blanco" y "azúcar de refinación" en la *Norma para los Azúcares* (CODEX STAN 212-1999).

⁴ Denominada "dextrosa anhidra" en la *Norma para los Azúcares* (CODEX STAN 212-1999).

(e) A reserva de la legislación nacional del país importador, podrá añadirse zumo (jugo) obtenido de *Citrus reticulata* y/o híbridos de *reticulata* al zumo (jugo) de naranja en una cantidad que no exceda del 10% de sólidos solubles de *reticulata* respecto del total de sólidos solubles del zumo (jugo) de naranja.

(f) Podrán añadirse al zumo (jugo) de tomate sal y especias así como hierbas aromáticas (y sus extractos naturales).

(g) A los efectos de su enriquecimiento, podrán añadirse a los productos definidos en la Sección 2.1 nutrientes esenciales (por ejemplo, vitaminas, minerales). Esa adición deberá ajustarse a los textos de la Comisión del Codex Alimentarius establecidos para este fin.

3.2 CRITERIOS DE CALIDAD

Los zumos (jugos) y néctares de frutas deberán tener el color, aroma y sabor característicos del zumo (jugo) del mismo tipo de fruta de la que proceden.

La fruta no deberá retener más agua como resultado de su lavado, tratamiento con vapor u otras operaciones preparatorias que la que sea tecnológicamente inevitable.

3.3 AUTENTICIDAD

Se entiende por autenticidad el mantenimiento en el producto de las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de la fruta o frutas de que proceden.

3.4 VERIFICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN, CALIDAD Y AUTENTICIDAD

Los zumos (jugos) y néctares de frutas deberán someterse a pruebas para determinar su autenticidad, composición y calidad cuando sea pertinente y necesario. Los métodos de análisis utilizados deberán ser los establecidos en la Sección 9 – Métodos de análisis y muestreo.

La verificación de la autenticidad/calidad de una muestra puede ser evaluada por comparación de datos para la muestra, generados usando métodos apropiados incluidos en la norma, con aquellos producidos para la fruta del mismo tipo y de la misma región, permitiendo variaciones naturales, cambios estacionales y por variaciones ocurridas debido a la elaboración/procesamiento.

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

En los alimentos regulados por la presente Norma podrán emplearse los aditivos alimentarios que figuran en los Cuadros 1 y 2 de la *Norma General para los Aditivos Alimentarios* en las Categorías 14.1.2.1 (Zumos (jugos) de frutas), 14.1.2.3 (Concentrados para zumos (jugos) de frutas), 14.1.3.1 (Néctares de frutas) y 14.1.3.3 (Concentrados para néctares de frutas).

5. COADYUVANTES DE ELABORACIÓN - Dosis máxima de uso de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación

Función	Sustancia
Antiespumantes	Polidimetilsiloxano ⁵
Clarificantes	Arcillas adsorbentes (tierras blanqueadoras, naturales o activadas)
Coadyuvantes de filtración	Resinas adsorbentes
Floculantes	Carbón activado (sólo de origen vegetal)
	Bentonita
	Hidróxido de calcio ⁶
	Celulosa
	Quitosán
	Sílice coloidal

⁵ 10 mg/l es el límite máximo de residuo del compuesto permitido en el producto final.

⁶ Solo en zumo (jugo) de uva.

Función	Sustancia
	Tierras de diatomeas
	Gelatina (procedente de colágeno de piel)
	Resinas de intercambio iónico (catión y anión)
	Cola de Pescado ⁷
	Caolín
	Perlita
	Polivinilpirrolidona
	Caseinato de potasio ⁷
	Tartrato de potasio ⁶
	Carbonato de calcio precipitado ⁶
	Cáscara de arroz
	Silicasol
	Caseinato de sodio ⁷
	Dióxido de azufre ^{6, 8}
	Tanino
Preparados enzimáticos ⁹	Pectinasas (para la descomposición de la pectina), Proteinasas (para la descomposición de proteínas), Amilasas (para la descomposición del almidón) y Celulasas (uso limitado para facilitar la ruptura de las paredes de las células)
Gas de envasado ¹⁰	Nitrógeno Dióxido de carbono

6. CONTAMINANTES

6.1 RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Los productos regulados por las disposiciones de esta Norma deberán cumplir con los límites máximos para residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para estos productos.

6.2 OTROS CONTAMINANTES

Los productos regulados por las disposiciones de esta Norma deberán cumplir con los niveles máximos para contaminantes establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para estos productos.

7. HIGIENE

7.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969), y otros textos pertinentes del Codex, tales como Códigos de Prácticas y Códigos de Prácticas de Higiene.

⁷ Al utilizar estos coadyuvantes de elaboración deberá tenerse en cuenta su potencial alergénico. Si hubiera cualquier transferencia de estos coadyuvantes de elaboración al producto final, estarán sujetos a la declaración de ingredientes de conformidad con las Secciones 4.2.1.4 y 4.2.4 de la *Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985).

⁸ 10 mg/l (como SO₂ residual).

⁹ Los preparados enzimáticos pueden servir como coadyuvantes de elaboración siempre que no den lugar a una licuefacción total y no repercutan considerablemente en el contenido de celulosa de la fruta elaborada.

¹⁰ Puede utilizarse también, por ejemplo, para conservación.

7.2 Los productos deberán ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los *Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos* (CAC/GL 21-1997).

8. ETIQUETADO

Además de la *Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

8.1 ENVASES DESTINADOS AL CONSUMIDOR FINAL

8.1.1 Nombre del producto

El nombre del producto será el nombre de la fruta utilizada según se define en la Sección 2.2. El nombre de la fruta deberá figurar en el espacio en blanco del nombre del producto mencionado en esta Sección. Este nombre del producto podrá utilizarse únicamente si el producto se ajusta a la definición de la Sección 2.1 o se ajusta de otro modo a la presente Norma.

8.1.1.1 Zumo (jugo) de fruta definido en la Sección 2.1.1

El nombre del producto deberá ser "zumo (jugo) de _____".

8.1.1.2 Zumo (jugo) concentrado de fruta definido en la Sección 2.1.2

El nombre del producto deberá ser "zumo (jugo) concentrado de _____".

8.1.1.3 Zumo (jugo) de fruta extraído con agua definido en la Sección 2.1.3

El nombre del producto deberá ser "zumo (jugo) de _____ extraído con agua".

8.1.1.4 Puré de fruta definido en la Sección 2.1.4

El nombre del producto deberá ser "puré de _____".

8.1.1.5 Puré concentrado de fruta definido en la Sección 2.1.5

El nombre del producto deberá ser "puré concentrado de _____".

8.1.1.6 Néctar de fruta definido en la Sección 2.1.6

El nombre del producto deberá ser "néctar de _____".

8.1.1.7 En el caso de productos de zumo (jugo) de fruta (definidos en la Sección 2.1) elaborados a partir de dos o más frutas, el nombre del producto deberá incluir los nombres de los zumos (jugos) de frutas que componen la mezcla en orden descendente del peso (m/m) o de las palabras "mezcla de zumos (jugos) de frutas", "zumo (jugo) de frutas mixto/mezclado" o un texto similar.

8.1.1.8 Para los zumos (jugos) de fruta, néctares de fruta y zumo (jugo)/néctares mixtos de fruta, si el producto contiene zumo (jugo) concentrado y agua o se ha preparado a partir de éste, o si el producto se ha preparado a partir de zumo (jugo) concentrado y agua, o de zumo (jugo) a partir de concentrado y de zumo (jugo)/néctar exprimido directamente, las palabras "a partir de concentrado" o "reconstituido" deberán figurar junto al nombre del producto o muy cerca del mismo, de forma que destaque bien respecto al fondo con caracteres claramente visibles, no inferiores a la mitad de la altura de las letras que figuran en el nombre del zumo (jugo).

8.1.2 Requisitos adicionales

Se aplicarán las siguientes disposiciones específicas adicionales:

8.1.2.1 Para los zumos (jugos) de frutas, los néctares de frutas, el puré de fruta y los zumos (jugos)/néctares mixtos de frutas, si el producto se ha preparado eliminando físicamente el agua del zumo (jugo) de fruta en una cantidad suficiente para aumentar el nivel de grados Brix a un valor que represente al menos el 50% más que el valor Brix establecido para el zumo (jugo) reconstituido procedente de la misma fruta, según se indica en el cuadro del Anexo, deberá etiquetarse como "concentrado".

8.1.2.2 Para los productos definidos en las Secciones 2.1.1 a 2.1.5, en que se añadan uno o más de los ingredientes de azúcares o jarabes facultativos descritos en las Secciones 3.1.2(a) y (b) el nombre del producto deberá incluir la indicación "azúcar(es) añadido(s)" después del nombre del zumo (jugo) de fruta o del zumo (jugo) mixto de fruta. Cuando se empleen los edulcorantes como sucedáneos de azúcares en los néctares de fruta y néctares mixtos de fruta, deberá incluirse la indicación "con edulcorante(s)" junto al nombre del producto o muy cerca del mismo.

8.1.2.3 Cuando el zumo (jugo) de fruta concentrado, puré concentrado de fruta, néctar concentrado de fruta, zumo (jugo)/néctar/puré mixto concentrado de fruta haya de ser reconstituido antes de su consumo como zumo (jugo) de fruta, puré de fruta, néctar de fruta o zumo (jugo)/néctar/puré mixto de fruta, en la etiqueta deberán darse instrucciones apropiadas para la reconstitución, en términos de volumen/volumen con agua al valor de grados Brix aplicable en el Anexo para el zumo (jugo) reconstituido.

8.1.2.4 Podrán utilizarse en la etiqueta diversas denominaciones de variedades juntamente con los nombres comunes de las frutas cuando su utilización no induzca a error o a engaño.

8.1.2.5 Los néctares de fruta y néctares mixtos de fruta se etiquetarán claramente con la declaración de "contenido de zumo (jugo) ___ %", indicando en el espacio en blanco el porcentaje de puré y/o zumo (jugo) de fruta en términos de volumen/volumen. Las palabras "contenido de zumo (jugo) ___ %" aparecerán muy cerca del nombre del producto en caracteres bien visibles, y de un tamaño no inferior a la mitad de la altura de las letras que figuran en el nombre del zumo (jugo).

8.1.2.6 Una declaración de "ácido ascórbico" como ingrediente, cuando se emplee como antioxidante, no constituye de por sí una declaración de "vitamina C".

8.1.2.7 Cualquier declaración de nutrientes esenciales añadidos deberá etiquetarse de acuerdo con las *Directrices sobre Declaraciones de Propiedades* (CAC/GL 1-1979), las *Directrices sobre Etiquetado Nutricional* (CAC/GL 2-1985) y las *Directrices para el Uso de Declaraciones de Propiedades Nutricionales* (CAC/GL 23-1997).

Para los néctares de fruta en que se haya añadido un edulcorante para sustituir parcial o totalmente los azúcares añadidos o otros azúcares o jarabes, incluida la miel y/o azúcares derivados de frutas que se enumeran en las Secciones 3.1.2(a) y (b), toda declaración relativa al contenido de nutrientes que haga referencia a la reducción de azúcares deberá estar en consonancia con las *Directrices Generales sobre Declaraciones de Propiedades* (CAC/GL 1-1979), las *Directrices para el Uso de Declaraciones de Propiedades Nutricionales* (CAC/GL 23-1997) y las *Directrices sobre Etiquetado Nutricional* (CAC/GL 2-1985).

8.1.2.8 La representación pictórica de la fruta o frutas en la etiqueta no deberá inducir a engaño o a error a los consumidores con respecto a la fruta así ilustrada.

8.1.2.9 Cuando el producto contenga dióxido de carbono añadido, deberá aparecer en la etiqueta cerca del nombre del producto la expresión "carbonatado" o "espumoso".

8.1.2.10 Cuando el zumo (jugo) de tomate contenga especias y/o hierbas aromáticas de acuerdo con la Sección 3.1.2(f), en la etiqueta deberá aparecer cerca del nombre del zumo (jugo) la expresión "con especias" y/o el nombre común de la hierba aromática.

8.1.2.11 En la lista de ingredientes deberá declararse la pulpa y células añadidas al zumo (jugo) además de las que normalmente contiene éste. Asimismo, en la lista de ingredientes deberán declararse las sustancias aromáticas, los componentes aromatizantes volátiles y la pulpa y células añadidos al néctar además de los que normalmente contiene el zumo (jugo).

8.2 ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor que no han de consignarse al consumidor final deberá figurar bien sea en el envase o bien en los documentos que lo acompañan, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote, el contenido neto, y el nombre y la dirección del fabricante, envasador, distribuidor o importador, así como las instrucciones para el almacenamiento, deberán figurar en el envase, salvo para las cisternas, en cuyo caso la información podrá aparecer exclusivamente en los documentos que la acompañan.

No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante, envasador, distribuidor o importador podrán sustituirse por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable en los documentos que acompañan al producto.

9. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Ácido acético (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12632 Método IFU No. 66 (1996)	Determinación enzimática	II
Alcohol (etanol) (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 52 (1996)	Determinación enzimática	II
Antocianinas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 71 (1998)	Cromatografía líquida de alta resolución	I
Ácido L-ascórbico (Sección 4 Aditivos)	Método IFU No. 17a (1995)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Ácido L-ascórbico (Sección 4 Aditivos)	AOAC 967.21 Método IFU No. 17 ISO 6557-2:1984	Método de indofenol	III
Ácido L-ascórbico (Sección 4 Aditivos)	ISO 6557-1:1986	Espectrometría de fluorescencia	IV
Ceniza en productos a base de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 940.26 EN 1135 (1994) Método IFU No. 9 (1989)	Gravimetría	I
Azúcar de remolacha en zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 995.17	Resonancia magnética nuclear de deuterio (RMN de Deuterio)	II
Ácido benzoico como marcador en el zumo (jugo) de naranja (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 994.11	Cromatografía líquida de alta resolución	III
Ácido benzoico y sus sales	ISO 5518:1978 ISO 6560:1983	Espectrometría	III
Ácido benzoico y sus sales; ácido sórbico y sus sales	Método IFU No. 63 (1995) NMKL 124 (1997)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Determinación de la proporción C ¹³ /C ¹² en el etanol derivado de zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	IAOAC 79, No. 1, 1996, 62-72	Espectrometría de masa de isótopos estables	II

¹¹ Véase la Sección 3.4 – Verificación de la Composición, Calidad y Autenticidad.

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Dióxido de carbono (Secciones 4 Aditivos y 5 Coadyuvantes de elaboración)	Método IFU No. 42 (1976)	Titulometría (titulación indirecta después de la precipitación)	IV
Proporción de isótopos de carbono estables en el zumo (jugo) de manzana (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 981.09 - JAOAC 64, 85 (1981)	Espectrometría de masa de isótopos estables	II
Proporción de isótopos de carbono estables en el zumo (jugo) de naranja (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 982.21	Espectrometría de masa de isótopos estables	II
Carotenoide, total/grupos individuales (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12136 (1997) Método IFU No. 59 (1991)	Espectrofotometría	I
Celobiosa	Recomendación IFU N° 4, de octubre de 2000	Cromatografía de gases en columna capilar (cromatografía capilar gaseosa)	IV
Pulpa centrifugable (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12134 (1997) Método IFU No. 60 (1991)	Centrifugación/valor porcentual	I
Cloruro (expresado como cloruro sódico) (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN12133 (1997) Método IFU No. 37 (1991)	Titulometría electroquímica	III
Ácido cítrico ¹² (Sección 4 Aditivos)	AOAC 986.13	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Ácido cítrico ¹² (Sección 4 Aditivos)	EN 1137:1994 Método IFU No. 22 (1985)	Determinación enzimática	III
Aceites esenciales (volumetría de Scott) (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 968.20 Método IFU No. 45b ¹³	Destilación (Scott), volumetría	I
Aceites esenciales (en frutas cítricas) (determinación del volumen) ¹³ (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ISO 1955:1982	Destilación y lectura directa del volumen	I

¹² Todos los zumos (jugos) excepto aquellos a base de cítricos.

¹³ Debido a que no hay valores numéricos en la Norma, se han incluido métodos Tipo I en duplicado lo cual podría conducir a resultados diferentes.

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Fermentabilidad (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 18 (1974)	Método microbiológico	I
Número de formol (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1133 (1994) Método IFU No. 30 (1984)	Volumetría potenciométrica	I
Aminoácidos libres (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12742 (1999) Método IFU No. 57 (1989)	Cromatografía líquida	II
Ácido fumárico (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 72 (1998)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Glucosa y fructosa - Determinación de glucosa, fructosa y sacarosa (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados)	EN 12630 Método IFU No. 67 (1996) NMKL 148 (1993)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
D-Glucosa y D-fructosa (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados)	EN 1140 Método IFU No. 55 (1985)	Determinación enzimática	II
Ácido glucónico (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 76 (2001)	Determinación enzimática	II
Glicerol (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 77 (2001)	Determinación enzimática	II
Hesperidina y naringina (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12148 (1996) Método IFU No. 58 (1991)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Jarabe de maíz de alto contenido de fructosa y jarabe de inulina hidrolizada en zumo (jugo) de manzana (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados)	JAOAC 84, 486 (2001)	Cromatografía de gases en columna capilar (cromatografía capilar gaseosa)	IV
Hidroximetilfurfural (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 69 (1996)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Hidroximetilfurfural (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ISO 7466:1986	Espectrometría	III
Ácido D-isocítrico (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1139 (1999) Método IFU No. 54 (1984)	Determinación enzimática	II

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Ácido láctico -D y -L (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12631 (1999) Método IFU No. 53 (1983/1996)	Determinación enzimática	II
Proporción de ácido L-málico/ácido málico total en el zumo (jugo) de manzana (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 993.05	Determinación enzimática y cromatografía líquida de alta resolución	II
Ácido málico (Sección 4 Aditivos)	AOAC 993.05	Determinación enzimática y Cromatografía líquida de alta resolución	III
Ácido D-málico	EN 12138 Método IFU No. 64 (1995)	Determinación enzimática	II
Ácido D-málico en zumo (jugo) de manzana	AOAC 995.06	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Ácido L-málico	EN 1138 (1994) Método IFU No. 21 (1985)	Determinación enzimática	II
Naringina y neohesperidina en el zumo (jugo) de naranja (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 999.05	Cromatografía líquida de alta resolución	III
Pectina (Sección 4 Aditivos)	Método IFU No. 26 (1964/1996)	Precipitación/fotometría	I
Valor de pH (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	NMKL 179:2005	Potenciometría	II
Valor de pH (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1132 (1994) Método IFU No. 11 (1989) ISO 1842:1991	Potenciometría	IV
Fósforo/fosfato (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1136 (1994) Método IFU No. 50 (1983)	Determinación fotométrica	II
Conservantes en zumos (jugos) de frutas (ácido sórbico y sus sales)	ISO 5519:1978	Espectrometría	III

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Prolina – determinación no específica (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1141 (1994) Método IFU No. 49 (1983)	Fotometría	I
Ácido químico, málico y cítrico en zumo (jugo) de arándano y zumo (jugo) de manzana (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados y 4 Aditivos)	AOAC 986.13	Cromatografía líquida de alta resolución	III
Densidad relativa (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1131 (1993) Método IFU No. 1 (1989) y Método IFU No. hoja general de información (1971)	Picnometría	II
Densidad relativa (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 1A	Densitometría	III
Sacarina	NMKL 122 (1997)	Cromatografía líquida	II
Sodio, potasio, calcio, magnesio en zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 1134 (1994) Método IFU No. 33 (1984)	Espectroscopia de absorción atómica	II
Sólidos solubles	AOAC 983.17 EN 12143 (1996) Método IFU No. 8 (1991) ISO 2173:2003	Indirecto por refractometría	I
D-Sorbitol (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	Método IFU No. 62 (1995)	Determinación enzimática	II
Proporción de isótopos de carbono estables en la pulpa de los zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ENV 13070 (1998) Analytica Chimica Acta 340 (1997)	Espectrometría de masa de isótopos estables	II
Proporción de isótopos de carbono estables en los azúcares de los zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ENV 12140 Analytica Chimica Acta 271 (1993)	Espectrometría de masa de isótopos estables	II

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Proporción de isótopos de hidrógeno estables en el agua de los zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ENV 12142 (1997)	Espectrometría de masa de isótopos estables	II
Proporción de isótopos de oxígeno estables en el agua de los zumos (jugos) de frutas (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	ENV 12141(1997)	Espectrometría de masa de isótopos estables	II
Almidón (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 925.38 (1925) Método IFU No. 73 (2000)	Colorimetría	I
Sucrosa (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados)	EN 12630 Método IFU No. 67 (1996) NMKL 148 (1993)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Sucrosa (Sección 3.1.2 Ingredientes autorizados)	EN 12146 (1996) Método IFU No. 56 (1985/1998)	Determinación enzimática	III
Medición del $\delta^{18}\text{O}$ en el agua del jarabe derivado de la remolacha azucarera en el zumo (jugo) de naranja concentrado/congelado (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 992.09	Análisis de la proporción de isótopos de oxígeno	I
Dióxido de azufre (Sección 4 Aditivos)	Método Monier Williams optimizado AOAC 990.28 Método IFU No. 7A (2000) NMKL 132 (1989)	Titulometría después de la destilación	II
Dióxido de azufre (Sección 4 Aditivos)	ISO 5522:1981 ISO 5523:1981	Titulometría después de la destilación	III
Dióxido de azufre (Sección 4 Aditivos)	NMKL 135 (1990)	Determinación enzimática	III
Ácido tartárico en zumo (jugo) de uva (Sección 4 Aditivos)	EN 12137 (1997) Método IFU No. 65 (1995)	Cromatografía líquida de alta resolución	II

DISPOSICIÓN	MÉTODO	PRINCIPIO	TIPO
Ácidos titulables, total (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12147 (1995) Método IFU No. 3 (1968) ISO 750:1998	Volumetría	I
Materia seca total (horno de secado al vacío a 70°C) ¹³ (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 12145 (1996) Método IFU No. 61 (1991)	Determinación gravimétrica	I
Nitrógeno total	EN 12135 (1997) Método IFU No. 28 (1991)	Digestión/volumetría	I
Sólidos totales (horno de secado a microonda) ¹³ (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 985.26	Determinación gravimétrica	I
Vitamina C (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	EN 14130 (2004)	Cromatografía líquida de alta resolución	II
Vitamina C (ácido dehidro-ascórbico y ascórbico) (Secciones 3.2 Criterios de calidad y 3.3 Autenticidad) ¹¹	AOAC 967.22	Microfluorometría	III

ANEXO**NIVEL MÍNIMO DE GRADOS BRIX¹⁴ PARA ZUMO (JUGO) RECONSTITUIDO Y PURÉ RECONSTITUIDO Y CONTENIDO MÍNIMO DE ZUMO (JUGO) Y/O PURÉ EN NÉCTARES DE FRUTA (% v/v)¹⁵ A 20°C**

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Actinidia deliciosa</i> (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson	Kiwi	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Manzana de acajú	11.5	25.0
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merrill <i>Ananas sativus</i> L. Schult. f.	Piña	12.8 ¹⁷ Se reconoce que el nivel de grados Brix puede diferir por causas naturales entre países. En los casos en que el nivel de grados Brix es sistemáticamente inferior a ese valor, se aceptará el zumo (jugo) reconstituido con un nivel inferior de grados Brix procedente de esos países e introducido en el comercio internacional, a condición de que se ajuste al método de autenticidad indicado en la Norma General del Codex para Zumos (jugos) y Néctares de Fruta y que el nivel no sea inferior a 10° Brix para los zumos (jugos) de piña y manzana.	40.0
<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana / Cachimón espinoso	14.5	25.0
<i>Annona squamosa</i> L.	Anona blanca	14.5	25.0
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	7.5	25.0
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	(*) ¹⁶	25.0
<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Citrullus lanatus</i> (Thumb.) Matsum. & Nakai var. Lanatus	Sandía	8.0	40.0

¹⁴ Para los fines de esta Norma, los grados Brix ("Brix") se definen como el contenido de sólidos solubles del zumo (jugo) determinado según el método que se encuentra en la sección sobre Métodos de Análisis y Muestreo.

¹⁵ Cuando un zumo (jugo) proceda de una fruta no mencionada en la lista precedente, debe ajustarse no obstante a todas las disposiciones de la Norma, salvo que el nivel mínimo de grados Brix del zumo (jugo) reconstituido será el nivel de grados Brix del zumo (jugo) exprimido de la fruta utilizada para elaborar el concentrado.

¹⁶ No se dispone actualmente de datos. El nivel mínimo de grados Brix será el nivel Brix del zumo (jugo) exprimido de la fruta utilizada para elaborar el concentrado.

¹⁷ Acidez corregida determinada según el método para el total de ácidos titulables que figura en la sección sobre Métodos de Análisis y Muestreo.

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) (swingle)	Lima	8.0 ¹⁷	De acuerdo a la legislación del país importador
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria (salvo cidro)	(*) ¹⁶	50.0
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f. <i>Citrus limonium</i> Rissa	Limón	8.0 ¹⁷	De acuerdo a la legislación del país importador
<i>Citrus paradisi</i> Macfad	Pomelo	10.0 ¹⁷	50.0
<i>Citrus paradisi</i> , <i>Citrus grandis</i>	Pomelo dulce (Oroblanco)	10.0	50.0
<i>Citrus reticulata</i> Blanca	Mandarina / Tangerina	11.8 ¹⁷	50.0
<i>Citrus sinensis</i> (L.)	Naranja	11.8 – 11.2 ¹⁷ y coherente con la aplicación de la legislación nacional del país importador, pero no inferior a 11.2. Se reconoce que la gama de grados Brix puede diferir por causas naturales entre países. En los casos en que la gama de grados Brix es sistemáticamente inferior a ese valor, se aceptará el zumo (jugo) reconstituido con un nivel inferior de grados Brix procedente de esos países e introducido en el comercio internacional, a condición de que se ajuste al método de autenticidad indicado en la Norma General del Codex para Zumos (jugos) y Néctares de Fruta y que el nivel no sea inferior a 10° Brix.	50.0
<i>Cocos nucifera</i> L. ¹⁸	Coco	5.0	25.0
<i>Cucumis melo</i> L.	Melón	8.0	35.0
<i>Cucumis melo</i> L. subsp. <i>melo</i> var. <i>inodorus</i> H. Jacq	Melón Casaba	7.5	25.0
<i>Cucumis melo</i> L. subsp. <i>melo</i> var. <i>inodorus</i> H. Jacq	Melón dulce de piel lisa	10.0	25.0
<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	Membrillo	11.2	25.0
<i>Diospyros khaki</i> Thunb.	Caqui	(*) ¹⁶	40.0
<i>Empetrum nigrum</i> L.	"Crowberry"	6.0	25.0

¹⁸ Este producto se conoce como "agua de coco" el cual se extrae directamente del fruto sin exprimir la pulpa.

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero / Níspero del Japón	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Eugenia syringe</i>	"Guavaberry / Birchberry"	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Eugenia uniflora</i> Rich.	Pitanga / Cereza de Suriname	6.0	25.0
<i>Ficus carica</i> L.	Higo	18.0	25.0
<i>Fortunella</i> Swingle sp.	Kumcuat	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Fragaria x. ananassa</i> Duchesne/ <i>Fragaria chiloensis</i> Duchesne x <i>Fragaria virginiana</i> Duchesne)	Fresa (frutilla)	7.5	40.0
<i>Genipa americana</i>	Yagua	17.0	25.0
<i>Hippophae elaeagnaceae</i>	Espino falso	(*) ¹⁶	25.0
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Espino falso / Espino amarillo	6.0	25.0
<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	Litchi	11.2	20.0
<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Tomate	5.0	50.0
<i>Malpighia</i> sp. (Moc. & Sesse)	Acerola (Cereza de Indias Occidentales)	6.5	25.0
<i>Malus domestica</i> Borkh.	Manzana	11.5 Se reconoce que el nivel de grados Brix puede diferir por causas naturales entre países. En los casos en que el nivel de grados Brix es sistemáticamente inferior a ese valor, se aceptará el zumo (jugo) reconstituido con un nivel inferior de grados Brix procedente de esos países e introducido en el comercio internacional, a condición de que se ajuste al método de autenticidad indicado en la Norma General del Codex para Zumos (jugos) y Néctares de Fruta y que el nivel no sea inferior a 10° Brix para los zumos (jugos) de piña y manzana.	50.0
<i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Borkh. <i>Malus sylvestris</i> Mill.	Manzana silvestre	15.4	25.0

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Mammea americana</i>	Maney	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	13.5	25.0
<i>Morus sp.</i>	Mora	(*) ¹⁶	30.0
<i>Musa species</i> incluidas <i>M. acuminata</i> y <i>M. paradisiaca</i> pero excluyendo los otros plátanos	Banana / Banano / Plátano	(*) ¹⁶	25.0
<i>Passiflora edulis</i>	Granadilla amarilla	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Passiflora edulis</i> Sims. f. <i>edulis</i> <i>Passiflora edulis</i> Sims. f. <i>Flavicarpa</i> O. Def.	Granadilla	12 ¹⁷	25.0
<i>Passiflora quadrangularis</i>	Granadilla	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Dátil	18.5	25.0
<i>Pouteria sapota</i>	Sapote	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Prunus armeniaca</i> L.	Albaricoque / Chabacano / Damasco	11.5	40.0
<i>Prunus avium</i> L.	Cereza dulce	20.0	25.0
<i>Prunus cerasus</i> L.	Cereza agria	14.0	25.0
<i>Prunus cerasus</i> L. cv. <i>Stevensbaer</i>	Guinda	17.0	25.0
<i>Prunus domestica</i> L. subsp. <i>domestica</i>	Ciruela	12.0	50.0
<i>Prunus domestica</i> L. subsp. <i>domestica</i>	Ciruela	18.5	25.0
<i>Prunus domestica</i> L. subsp. <i>domestica</i>	Ciruela claudia	12.0	25.0
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>nucipersica</i> (Suckow) c. K. Schneid.	Nectarina	10.5	40.0
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>persica</i>	Melocotón / Durazno	10.5	40.0
<i>Prunus spinosa</i> L.	Bruño	6.0	25.0
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	8.5	25.0
<i>Punica granatum</i> L.	Granada	12.0	25.0
<i>Pyrus arbustifolia</i> (L.) Pers.	Pera arbustiva	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Pyrus communis</i> L.	Pera	12.0	40.0
<i>Ribes nigrum</i> L.	Grosella negra	11.0	30.0
<i>Ribes rubrum</i> L.	Grosella roja	10.0	30.0
<i>Ribes rubrum</i> L.	Grosella blanca	10.0	30.0

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) v/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Ribes uva-crispa</i>	Uva espina roja	(*) ¹⁶	30.0
<i>Ribes uva-crispa</i> L.	Uva espina	7.5	30.0
<i>Ribes uva-crispa</i> L.	Uva espina blanca	(*) ¹⁶	30.0
<i>Rosa canina</i> L.	Rosa canina	(*) ¹⁶	40.0
<i>Rosa</i> sp. L.	Escaramujo	9.0	40.0
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	Mora (de Ronces)	9.0	30.0
<i>Rubus chamaemorus</i> L. <i>Morus hybrid</i>	Mora (de Ronces)	(*) ¹⁶	40.0
<i>Rubus fruticosus</i> L.	Zarzamora	9.0	30.0
<i>Rubus hispida</i> (de América del Norte) <i>R. caesius</i> (de Europa)	Zarzamora	10.0	25.0
<i>Rubus idaeus</i> L. <i>Rubus strigosus</i> Michx.	Frambuesa roja	8.0	40.0
<i>Rubus loganobaccus</i> L. H. Bailey	Zarzaframbuesa / Zarzamora de Logan	10.5	25.0
<i>Rubus occidentalis</i> L.	Frambuesa negra	11.1	25.0
<i>Rubus ursinus</i> Cham. & Schldl.	Zarzamora "Boysen"	10.0	25.0
<i>Rubus vitifolius</i> x <i>Rubus idaeus</i> <i>Rubus baileyanus</i>	Zarzamora	10.0	25.0
<i>Sambucus nigra</i> L. <i>Sambucus canadensis</i> .	Saúco	10.5	50.0
<i>Solanum quitoense</i> Lam.	Lulo	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Serbal / Sorba	11.0	30.0
<i>Sorbus domestica</i>	Serbal común	(*) ¹⁶	30.0
<i>Spondia lutea</i> L.	Cajú	10.0	25.0
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda ex Kost.	Umbú	9.0	25.0
<i>Syzygium jambosa</i>	Pomarrosa	(*) ¹⁶	(*) ¹⁶
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo (dátil Indio)	13.0	Contenido suficiente para alcanzar una acidez mínima de 0.5
<i>Theobroma cacao</i> L.	Pulpa de cacao	14.0	50.0
<i>Theobroma grandiflorum</i> L.	"Cupuacu"	9.0	35.0
<i>Vaccinium macrocarpon</i> Aiton <i>Vaccinium oxycoccos</i> L.	Arándano agrio	7.5	30.0

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) de fruta reconstituido y puré reconstituido	Contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (% v/v) en néctares de fruta
<i>Vaccinium myrtillus</i> L. <i>Vaccinium corymbosum</i> L. <i>Vaccinium angustifolium</i>	Mirtillo / Arándano / Mora azul	10.0	40.0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Arándano rojo	10.0	25.0
<i>Vitis Vinifera</i> L. o sus híbridos <i>Vitis Labrusca</i> o sus híbridos	Uva	16.0	50.0
	Otras: de gran acidez		Contenido suficiente para alcanzar una acidez mínima de 0.5
	Otras: de alto contenido de pulpa, o fuerte aroma		25.0
	Otras: de baja acidez, bajo contenido de pulpa, o poco/mediano aroma		50.0

Anexo A – 2

**Requisitos de aceptación de la naranja
(NTE INEN 1928:92)**

Norma Ecuatoriana Obligatoria	FRUTAS FRESCAS. NARANJA. REQUISITOS.	INEN 1 928 1992-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos generales que debe cumplir la naranja en estado fresco.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Naranja. Fruto del naranjo, pertenece a la familia Rutáceae, género Citrus, especie sinensis (Swingle).</p> <p>2.2 Tipo de naranja. Para objeto de esta norma es el carácter dimensional de las naranjas, que permite su clasificación por tamaño.</p> <p>2.3 Grado de calidad. Es el valor porcentual de defectos admitidos para un mismo tipo de naranja, incluyendo aquel que no ha sido clasificado.</p> <p>2.4 Naranja fuera de norma. Es aquella que no cumple con los requisitos establecidos por esta norma.</p> <p>2.5 Madurez fisiológica. Estado de la fruta que ha completado su desarrollo fisiológico.</p> <p>2.6 Madurez comercial. Estado del fruto que presenta una consistencia firme, facilitando su manipulación, conservación y mantiene las características propias de la variedad.</p> <p>2.7 Madurez de consumo. Estado en el cual la naranja ha completado su metabolismo y presenta las características alimenticias adecuadas.</p> <p>2.8 Madurez uniforme. Estado de desarrollo homogéneo que alcanza el producto como resultado de la maduración.</p> <p>2.9 Naranja fresca. Fruto que, recientemente recolectado, no ha sufrido cambio alguno que afecte su maduración natural y mantenga sus cualidades.</p> <p>2.10 Naranja defectuosa. Aquella que presenta defectos que afecten su calidad comercial.</p> <p>2.11 Pedúnculo. Parte de la planta que une el fruto con el tallo.</p> <p>2.12 Diámetro ecuatorial. Es el valor del mayor diámetro transversal.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DISCRIPTORES: Industria alimentaria. Productos agrícolas. Frutas cítricas. Naranja.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3899 - Segundo 464 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

2.13 Turgencia. Estado de la naranja que presenta sus tejidos saturados de jugo.

2.14 Naranja verde. Fruta cuya superficie externa presenta coloración verde uniforme en un 90%.

2.15 Naranja verde - amarillenta. Fruta cuya superficie externa presenta coloración verde - amarilla o amarilla, en un 50%.

2.16 Naranja pintona. Fruta cuya superficie presenta una coloración entre verde y anaranjada.

2.17 Naranja parda. Fruta cuya superficie presenta manchas oscuras.

2.18 Decoloración. Proceso por el cual se elimina el color verde de la epidermis (cáscara), con la finalidad de que la fruta alcance una coloración típica.

2.19 Defectos tolerables. (Que no afectan la aptitud de consumo). Cuando la naranja tiene ligeras raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras de sol superficiales y no deben cubrir una área de hasta 6 mm de diámetro y que, sumadas, no deben sobrepasar el 1% de la superficie total del fruto.

2.20 Defectos no tolerables. (Que afectan la aptitud de consumo). Conformación defectuosa (corteza negra rugosa o de espesor excesivo); separación de la pulpa; coloración defectuosa; heridas y rozaduras cicatrizadas y magulladuras profundas en la piel. Alteraciones por ataques de insectos como la polilla de la naranja (*Gymandrosoma Aurantianus* Costa L); mosca de la fruta (*Anastrepha fraterculus* Wied); coma de los citrus (*Lepidophes Beeku* Newman); mosca blanca (*Aleurothricus flocosus* Mask); Tostador (*Phyllocoptruta oleivora*); ácaro blanco (*Lorria Turrialbanensis*); araña roja (*Brevipalpus phoenicis* o *Paratetranychus* sp). Alteraciones producidas por enfermedades como la virosis Virus de la tristeza; pudrición negra del fruto (*Alternaria citri*); fumagina (*Capnodium citri*); podredumbre del fruto (*Glomerella* spp); podredumbre del fruto (*Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*); antracnosis (*Collectotrichum gloeosporioides* Penz); podredumbre parda (*Sclerotinia*); melanosia o muerte descendente, (*Diaporthe citri* wolf); tizonbacterial (*pseudomonas syringae*); Gomosis pudrición amarga (*phytophthora parasitica*); gomosis (*phonosis* sp) Gomosis (*Diphodia* sp); Gomosis (*Phoma* sp). Resequedad; cáscara endurecida sin deformaciones; heridas que afecten a la pulpa de la naranja; falta de consistencia o sea fruta cansada y ausencia de cáliz.

3. CLASIFICACION

3.1 La naranja, de acuerdo con la medida del diámetro ecuatorial, se clasifica como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las naranjas.

Tipo (tamaño)	Diámetro en mm
A	> 90
B	76 - 89
C	62 - 71
D	48 - 58

(Continúa)

3.1.1 Se admitirá la presentación a granel, en un medio de transporte, siempre que la altura de la carga no supere a 1,5 m y hasta cuando existan las Normas INEN correspondientes.

3.1.2 Tolerancia máxima de tamaño. Para los tipos y variedades señalados en 3.1 se admitirá una tolerancia máxima de 5mm para el tipo A y de 10 mm para los tipos B, C, D, que puede corresponder a la medida inmediata superior, al inmediato inferior o a la suma de ambos.

3.1.3 La naranja que no se encuadre en ninguno de los tipos o tamaños señalados se considerará no tipificada.

3.2 Las naranjas, de acuerdo a los grados de calidad, se clasifican:

3.2.1 Grado 1. Frutos sin defectos, excepto aquellos sin importancia de la cáscara, siempre que no perjudiquen la calidad, consistencia y apariencia general del fruto, se admitirá un 5% en número o en masa (peso) de frutos que no correspondan a esta categoría. Independientemente, se admitirá un 10% de frutos que hayan perdido su cáliz.

3.2.2 Grado 2. Frutos en los que se pueden admitir pequeños defectos en la forma del fruto y su coloración; la pulpa, de ninguna manera debe estar dañada; se admiten pequeños defectos en la cáscara siempre y cuando no afecten su pulpa. Se considerará un 10% en número o en masa de los frutos que no correspondan a esta categoría. Independientemente se admitirá un 20% de frutos desprovistos de su cáliz.

3.2.3 Grado 3. Frutos en los que se pueden admitir pequeños defectos en la forma del fruto y coloración; la pulpa, de ninguna manera debe estar dañada. Se admite un 10%, en número o en masa, de frutos que no correspondan a esta categoría, pero siempre que sean apropiados para el consumo (En este grado, el fruto puede presentar heridas superficiales no cicatrizadas y secas), (quedan excluidas trazas de podredumbre) o estar blandas o marchitas (frutos cansados). Independientemente, se admite un 35% de frutos desprovistos de cáliz.

3.2.4 Grado 4. Frutos en los que se puede admitir defectos en la forma y coloración del fruto, la pulpa no debe estar dañada, se aceptan defectos en la cáscara, siempre y cuando sean aptos para el consumo. Se admitirá un 15% en número o masa (peso) de frutos que no corresponden a esta categoría.

3.3 Tolerancia máxima para la calidad. Para los grados señalados en 3.2, se admitirá un máximo de defectos totales del 5% (en masa o en número) para el grado 1; un 10% para los grados 2 y 3 y un 1 5% para el grado 4, que pueden corresponder al grado inmediato superior, al inmediato inferior o a la suma de ambos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Las naranjas destinadas a la alimentación, en cualesquiera de los tipos (tamaños) y grados seleccionados, deberán ser del mismo cultivar, con características típicas de la variedad, forma, tamaño, color de la pulpa y de la epidermis (cáscara), deben ser lisas, lustrosas, no arrugadas; consistentes al tacto; con un grado de madurez tal, que, siendo aptas para el consumo, les permita soportar el manipuleo, transporte y conservación en buenas condiciones.

(Continúa)

4.1.1 La pulpa debe presentar gajos bien conformados y turgentes, (llenos de jugo); el pedúnculo deberá ser cortado al ras y el fruto debe ser cuidadosamente recolectado y presentar un desarrollo y madurez conveniente para su comercialización.

4.2 Las variedades de las naranjas conocidas y distribuidas en el país son: la dauleña, la Valencia, Balsapamba, Calumeña, las sin semilla, como Washington Naval y la Cadenera o común.

5. REQUISITOS

5.1 Las naranjas destinadas al consumo, en su estado fresco, deberán estar enteras, sanas, bien formadas, limpias, desprovistas de daños o alteraciones, externas o internas, libres de descomposición, sin olor o sabor extraños; consistentes, sin humedad exterior anormal, con el color, aroma, sabor típico de la variedad y con un grado de madurez uniforme.

5.1.1 El contenido mínimo del jugo ó zumo, en relación al peso total del fruto (extraído por prensa a mano), será del 35%, principalmente en la dauleña o nacional.

5.2 Hasta que se expidan las Normas INEN correspondientes, para los límites máximos de residuos de plaguicidas y productos afines, en alimentos, se adoptarán las recomendaciones del Codex Alimentarius.

5.3 **Requisitos Complementarios.** La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley de Pesas y Medidas y las Regulaciones correspondientes.

6. MUESTREO

6.1 El muestreo de la naranja se efectuará de acuerdo con la Norma INEN 1 750.

7. INSPECCION

7.1 Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se repetirá la inspección en otra muestra; cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso será motivo para considerar el lote como fuera de norma, quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

7.2 Si la muestra inspeccionada no cumple con el calibre y grado declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje, el proveedor deberá rectificar la información suministrada, previamente a su aceptación.

(Continúa)

8. METODO DE ENSAYO

8.1 El proceso de verificación de los requisitos de tamaño del producto, así como sus defectos y contenido en jugo, se realizará de acuerdo al anexo A, de esta Norma.

9. EMBALAJE Y ROTULADO

9.1 **Embalaje.** La naranja debe comercializarse en cajas rígidas o a granel (madera, cartón, plástico o una combinación de éstos); en mallas o a granel, en carros especiales de transporte, (en este caso, las indicaciones figurarán en un documento que acompañe a la mercancía) o de otro material adecuado, que reúna las condiciones de higiene, ventilación, resistencia a la humedad, manipulación y transporte, de modo que garantice una adecuada conservación del producto.

9.1.1 El contenido de cada embalaje tiene que ser homogéneo y referirse exclusivamente a naranjas que tengan el mismo origen, la misma variedad, el mismo tipo y con un nivel uniforme de maduración. Además, este embalaje, en su parte visible, tiene que ser igual a la totalidad del contenido.

9.1.2 Las características del embalaje se encuentran establecidas en la Norma INEN 1 735, y para los productos de exportación deberán satisfacer las disposiciones que exijan los países de destino.

9.2 **Rotulado.** Los envases deben llevar etiquetas o impresiones con caracteres legibles, en español, y colocadas en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, debiendo contener la información mínima siguiente:

- nombre y variedad del producto,
- calibre y grado de calidad (Norma INEN 1 928)
- contenido neto en kilogramos (kg), y /o en unidades,
- nombre y dirección del emparador y/o distribuidor,
- lugar de origen del producto,
- fecha de empaclado.

(Continúa)

Anexo B: Tablas

Anexo B – 1

Valores de pH y °Brix obtenidos en la caracterización de la fruta

	CALENTAMIENTO		RADIACIÓN	
Réplica	° Brix	pH	° Brix	pH
	Temperatura ambiente			
1	9,8	3,58	9,5	3,59
2	9,8	3,79	10	3,71
3	10	3,65	9,7	3,5
	62 °C			
1	9,6	3,58	9,4	3,58
2	10,5	3,79	9,9	3,62
3	9,8	3,65	10,2	3,67
	92 °C			
1	9,8	3,7	9	3,61
2	9,1	3,58	9,76	3,79
3	9,5	3,69	9,55	3,65

Anexo B – 2

Contenido de ácido ascórbico total registrados en el zumo de naranja a tres temperaturas y diferentes tiempos

Contenido de Ácido L-ascórbico [mg/ml] ^a			
Tiempo [seg]	Temperatura Ambiente	62 C	92 C
	(20 ± 2°C)		
0	0,501	0,538	0,554
900	0,495	*	0,527
1800	0,490	0,519	0,503
2700	0,485	0,490	0,469
3600	0,479	0,487	0,447
4500	0,474	0,463	0,426
5400	0,469		0,410
6300	0,463	0,442	0,389
7200	0,463	0,415	0,359
8100	0,453	0,405	0,351
9000	*	0,389	0,325
9900	0,447	0,378	0,298
10800		0,367	0,288

* datos eliminados por considerarse erróneos

^a promedio de tres repeticiones

Anexo B – 3

Valores de los términos de la ecuación cinética para el zumo de naranja sometido a calentamiento

		Ecuación	R ²
Temperatura Ambiente (20 ± 2 °C)	Réplica 1	$\text{Ln} [\text{AA}] = -2 \times 10^{-5} x(t) - 0,7763$	0,9427
	Réplica 2	$\text{Ln} [\text{AA}] = -9 \times 10^{-6} x(t) - 0,582$	0,9307
	Réplica 3	$\text{Ln} [\text{AA}] = -1 \times 10^{-5} x(t) - 0,7337$	0,9138
	Promedio	$\text{Ln} [\text{AA}] = -1 \times 10^{-5} x(t) - 0,6967$	0,9914
62 °C	Réplica 1	$\text{Ln} [\text{AA}] = -4 \times 10^{-5} x(t) - 0,5793$	0,9853
	Réplica 2	$\text{Ln} [\text{AA}] = -3 \times 10^{-5} x(t) - 0,6345$	0,9847
	Réplica 3	$\text{Ln} [\text{AA}] = -4 \times 10^{-5} x(t) - 0,6323$	0,9697
	Promedio	$\text{Ln} [\text{AA}] = -4 \times 10^{-5} x(t) - 0,6129$	0,9814
92 °C	Réplica 1	$\text{Ln} [\text{AA}] = -6 \times 10^{-5} x(t) - 0,6021$	0,9924
	Réplica 2	$\text{Ln} [\text{AA}] = -6 \times 10^{-5} x(t) - 0,5527$	0,9902
	Réplica 3	$\text{Ln} [\text{AA}] = -6 \times 10^{-5} x(t) - 0,5925$	0,9826
	Promedio	$\text{Ln} [\text{AA}] = -6 \times 10^{-5} x(t) - 0,5817$	0,9946

Anexo B – 4

Contenido de ácido ascórbico total registrado en el zumo de naranja a tres distancias de la fuente de radiación y diferentes tiempos

Contenido de Ácido L-ascórbico [mg/ml]			
Tiempo [seg]	30 cm de distancia de la fuente de radiación	40 cm de distancia de la fuente de radiación	50 cm de distancia de la fuente de radiación
0	0,529	0,548	0,548
900	0,510	0,535	0,542
1800	0,510	0,548	0,523
2700	0,503	0,529	0,529
3600	0,658	0,523	0,523
4500	0,484	0,535	0,516
5400	0,477	0,510	0,510
6300	0,471	0,503	0,497
7200	0,465	0,490	0,503
8100	0,465	0,490	0,490
9000	0,465	0,477	0,484
9900	0,452	0,471	0,471
10800	0,445	0,465	0,465

Anexo B – 5

Valores de los términos de la ecuación cinética para el zumo de naranja

		Ecuación	R ²
30 centímetros de la fuente de radiación	Réplica 1	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6231$	0,9524
	Réplica 2	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,7318$	0,9274
	Réplica 3	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} \times (t) - 0,5718$	0,95
	Promedio	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6442$	0,9842
40 centímetros de la fuente de radiación	Réplica 1	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} \times (t) - 0,615$	0,9428
	Réplica 2	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,5809$	0,9313
	Réplica 3	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6087$	0,961
	Promedio	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,5997$	0,9858
50 centímetros de la fuente de radiación	Réplica 1	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6119$	0,9417
	Réplica 2	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,5655$	0,9662
	Réplica 3	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -1 \times 10^{-5} \times (t) - 0,6251$	0,9423
	Promedio	$\text{Ln } [\text{ÁA}] = -2 \times 10^{-5} \times (t) - 0,598$	0,9906

Anexo B – 6

Unidades Formadoras de Colonia obtenidos en el tratamiento térmico
para el cálculo del Valor D

Tiempo (min)	UFC/ml (60)	Log UFC/ml	UFC/ml (75)	Log UFC/ml	UFC/ml (92)	Log UFC/ml
0	8.00E+05	5.9031	9.00E+05	5.9542	9.00E+05	5.9542
15	6.00E+05	5.7782	4.00E+05	5.6021	3.00E+05	5.4771
30	4.00E+05	5.6021	2.00E+05	5.3010	8.00E+04	4.9031
45	1.00E+05	5.0000	7.00E+04	4.8451	5.00E+04	4.6990
60	9.00E+04	4.9542	3.00E+04	4.4771	1.00E+04	4.0000
75	6.00E+04	4.7782	2.00E+04	4.3010	7.00E+03	3.8451
90	3.00E+04	4.4771	9.00E+03	3.9542	3.00E+03	3.4771
105	1.00E+04	4.0000	3.00E+03	3.4771	9.00E+02	2.9542
120	8.00E+03	3.9031	2.00E+03	3.3010	5.00E+02	2.6990

Anexo B – 7

Unidades Formadoras de Colonia obtenidos en el tratamiento por radiación para el cálculo del Valor D

Tiempo (min)	UFC/ml (40 cm)	Log UFC/ml
0	8.00E+05	5.9031
15	3.00E+05	5.4771
30	7.00E+04	4.8451
45	3.00E+04	4.4771
60	1.00E+04	4.0000
75	8.00E+03	3.9031
90	5.00E+03	3.6990
105	1.00E+03	3.0000
120	8.00E+02	2.9031

Anexo B – 8

Temperatura de trabajo y logaritmo del Valor D respectivo para el cálculo del incremento de la temperatura (Valor Z)

Temperatura	Valor D [°C]	Log Valor D
60	56.8182	1.754487332
75	44.4444	1.647817482
92	37.0370	1.568636236

Anexo B – 9

Colonias reportadas cada 4 días para el cálculo del Tiempo de Vida Útil en zumo pasteurizado

Tiempo (días)	UFC/ml
1	1
4	3
8	10
12	31
16	50

Anexo B – 10

Colonias reportadas cada 4 días para el cálculo del Tiempo de Vida Útil en zumo tratado por radiación

Tiempo (días)	UFC/ml
1	1
4	4
8	9
12	14
16	23
20	31

Anexo C: Fotografías

Anexo C – 1

Naranja utilizada para realizar la investigación



Anexo C – 2

Equipos utilizados para realizar la experimentación



Anexo C – 3

Titulación de las muestras



Bibliografía

- Ablin, A. (2012). El mercado del jugo concentrado de naranja; [en línea] disponible en:

http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/JugoConcentradoNaranja_2012_01Ene.pdf. Recuperado: 09/08/2013
- Acevedo, B. et al. (2004). Estudio cinético de la degradación de la actividad antioxidante hidrosoluble de jugos cítricos por Tratamiento térmico. FACENA, Vol. 20, pp. 91-95.
- Agustí, M. (2003). Citricultura. Segunda Edición. Mundi-Prensa. España.
- Akbiyic, T. et al. (2012). Protection of Ascorbic Acid from Copper(II)-Catalyzed Oxidative Degradation in the Presence of Fruit Acids: Citric, Oxalic, Tartaric, Malic, Malonic, and Fumaric Acids. International Journal of Food Properties. 15:2. 398-411.
- Alberola, J. & Izquierdo, L. (1980). La fracción aromática del zumo de naranja. IV componentes identificados. Revista de agroquímica y Tecnología de Alimentos. 20. 79 – 85
- Allende, A. & Artés, F. (2006). Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 36: 779-786.
- Alvarado, J. (1996). Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Editorial Radio Comunicaciones. Ecuador.
- Altenhofen da Silva, M. et al. (2007). Ascorbic Acid Thermal Degradation during Hot Air Drying of Camu-Camu (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh) Slices at Different Air Temperatures. Drying Technology: An International Journal. 23:9-11. 2277-2287

- Anónimo. (2011). Cítricos: Producción mundial de naranjas y mandarinas; [en línea] disponible en: <http://www.comenaranjas.com/es/blog/282-citricos-produccion-mundial-de-naranjas-y-mandarinas.html>; Recuperado: 09/08/2013.
- Aranceta, J., Serra, L., Ortega, R., Entrala, A. Gil, A. (2001). Las vitaminas en la alimentación de los españoles. Grupo Gran – Editorial Médica Panamericana. España.
- Arthey, D. & Dennis, C. (1992). Procesado de Hortalizas. Acribia. España.
- Badui, S. (1999). Química de los Alimentos. Pearson Educación. México.
- Bauerfeind, J. & Pinkert, D. (1974). Ascorbic acid and food technology. In: Johnson, A. and Peterson, M. (eds.). "Encyclopedia of food technology". Volume II. AVI publications. United States.
- Bello, J. (2000). Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos. Diaz de Santos. España.
- Berg, R. (2014). Investigation of L(+)-Ascorbic acid with Raman spectroscopy in visible and UV light. Applied Spectroscopy Reviews.
- Bintsis, T., Litopoulou, E., Robinson, R. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review. J. Sci. Food Agric. 80, 637 – 645.
- Boatella, J., Codony, R., López, P. (2004). Química y bioquímica de los alimentos II. Publicacions i Edicions de la Universitat Politècnica de Barcelona. España.
- Borozan, A. et al. (2010). A comparison between the pasteurization efficiency of pulp juices and not pasteurized juices. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 4(3), 45-47.

- Borozan, A. et al. (2010). Microbiological study of fresh and pasteurised pulped fruits juices. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 2010, 16(4), 461 – 465.
- Bradshaw, M. et al. (2011). Ascorbic Acid: A Review of its Chemistry and Reactivity in Relation to a Wine Environment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 51:6. 479-498
- Brennan, J. & Grandison, A. (2012). *Food Processing Handbook*. Second Edition. Volume 2. Wiley-VCH. England.
- Cabrerizo, D., Barrio, J., Antón, J. (2008). *Física y Química*. Cuarta Edición. Edítex. España.
- Cárdenas, F. & Gélvez, C. (1998). *Química y Ambiente*. Segunda Edición. McGraw Hill. Colombia
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de calor y masa*. Tercera Edición. McGraw Hill. México.
- Cinquanta, L. et al. (2010). Effect on Orange Juice of Batch Pasteurization in an Improved Pilot-Scale Microwave Oven. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE*. Vol. 75 (1). 46 – 50.
- Cisan. (s/a). Los alimentos procesados – Historia, ventaja y métodos. [en línea] disponible en: http://www.cisan.org.ar/articulo_ampliado.php?id=71&hash=1968577f968f269130c5a9a3e4f8ebb7. Recuperado: 8/17/2014
- Chia, S. et al. (2012). El efecto del almacenamiento sobre los atributos de calidad de zumos de piña ultravioleta irradiados y térmicamente pasteurizados. *International Food Research Journal* 19 (3): 1001-1010.

- Chimborazo, M. (2011). Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (*Citrus sinensis*). Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Christen, H. (1977). Química General. Reverté. España.
- Codex Alimentarius. (2005). Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (Codex Stan 247 – 2005).
- Coll, F. et al. (2001). El modelado matemático: Una herramienta útil para la industria alimenticia. Ciencia Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional de La Pampa. 4: 22 – 28.
- Competition Science Vision. (2008). Chemical Kinetics. India
- Crane, C. (1992). Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Reporte técnico N° 410. Mc Graw Hill - Iberoamericana. México
- Da-Wen Sun. (2005). Emerging Technologies for Food Processing. Elsevier. England.
- Desrosier, N. (2000). Conservación de alimentos. Compañía Editorial Continental. México
- Diario El Comercio. (2011). La naranja está en temporada [en línea] disponible en: <http://www.elcomercio.com.ec/actualidad/negocios/naranja-temporada.html>.
Recuperado: 22/09/14
- Dickerson, R.W. (1969), Thermal properties of foods, in The Freezing Preservation of Foods, (D.K. Tressler, W.B. Van Arsdel, and M.J. Copley, Eds.), Vol. 2, 4th ed., Westport, CT: AVI.
- Dobles, C. et al. (1998). Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones. San José. EUNED. [en línea] disponible en:

<http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/ContribucionesV4n22003/meza/pag1.html>.

Recuperado: 01/11/2013

- Domínguez, L. & Parzanese, M. (2012a). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. Alimentos Argentinos. Ficha N°2. [en línea] disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha_02_ultravioleta.pdf. Recuperado: 22/09/14
- Domínguez, L. & Parzanese, M. (2012b). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. [en línea] disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/52/articulos/r52_13_LuzUltravioleta.pdf. Recuperado: 22/09/14
- Doran, P. (1995). Bioprocess Engineering Principles. Elsevier Science & Technology Books. Australia.
- Dosal, M. & Villanueva, M. (2008). Introducción a la metrología química. Curvas de calibración en los métodos analíticos. [en línea] disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CURVASDECALIBRACION_23498.pdf. Recuperado: 20/12/2014
- Ellner, R. (2000). Microbiología de la leche y de los productos lácteos. Preguntas y respuestas. Diaz de Santos. España.
- Eskin, N. (1971). Biochemistry of Foods. Academic Press Inc. Unites States.
- Esplugas, S. & Chamorro, E. (2005). Fundamentos de Transmisión de Calor. Universitat de Barcelona. España.
- Etter, D. (1997). Solución de problemas de ingeniería con Matlab. Segunda Edición. Prentice Hall. México

- FAO. (1992). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. [en línea] disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s01.htm#TopOfPage>. Recuperado: 8/1772014.
- FAO. (2004). Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al año 2010.
- FAO. (2012). Frutos cítricos frescos y elaborados. Estadísticas anuales 2012.
- Felder, R. & Rosseau, D. (2004). Principios Elementales de los Procesos Químicos. Tercera Edición. Limusa Editores. México.
- Fellows, P. (2000a). Food Processing Technology. Second Edition. CRC Press. England.
- Fellows, P. (2000b). Food Processing Technology. Principles and practice. Second Edition. CRC Press. England.
- Fennema, O. (1996). Food Chemistry. Third Edition. Series: Food Science and Technology. United States.
- Figura, L. & Teixiera, A. (2007). Food physics. Physical Properties – Measurement and applications. Springer. Germany.
- Fredericks, I. et al. (2011). Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines. Food Microbiology. 28, 510 – 517.
- Garcés, M. & Ramos, H. (1993). Estudio de la cinética del cambio de color en extractos alcohólicos de vainilla curada. Universidad Técnica de Ambato – Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Garza, S. et al. (2001). Modelos cinéticos de degradación en cremogenado de naranja concentrado tratado a elevadas temperaturas. Alimentaria. 111 – 120.

- Gayán, E., Boix, J., Ibarz, A. (2012). Combining ultraviolet light and mild temperatures for the inactivation of *Escherichia coli* in orange juice. *Journal of Food Engineering*. 113, 598–605
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. Tercera Edición. CECSA. México.
- Geveke, D. & Torres, D. (2012). Pasteurization of grapefruit juice using a centrifugal ultraviolet light irradiator. *Journal of Food Engineering* (111). 241–246
- Gil, M. et al. (2006). Quality Changes and Nutrient Retention in Fresh-Cut versus Whole Fruits during Storage. *J. Agric. Food Chem.* 54, 4284-4296
- Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición*. Tomo II. Editorial Médica Panamericana. España.
- Guillespie, R. et al. (1990). *Química*. Reverté. España.
- González; E. (2007). Inocuidad de los Alimentos. [en línea] disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos41/inocuidad-alimentos/inocuidad-alimentos.shtml>; Recuperado: 7/11/2013
- Goula, A. Adamopoulos, K. (2010). Retention of Ascorbic Acid during Drying of Tomato Halves and Tomato Pulp. *Drying Technology: An International Journal*, 24:1, 57-64.
- Gutiérrez, T. et al. (2007). Seguimiento de la degradación térmica y lumínica del ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Scientia et Technica Año XIII*, No 33. 211 - 215
- Haro, J. et al. (2013). Efecto de la radiación UV – C en frutas y verduras. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*. 7:1, 68 – 77.
- Hegazy, A. & Hibrahium, M. (2012). Antioxidant Activities of Orange Peel Extracts. *World Applied Sciences Journal* 18 (5): 684 – 688.

- Heldman, D. & Hartel, R. (1999). Principles of Food Processing. Aspen publishers. United States.
- Heldman, D. (2003). Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering. Marcel Dekker. United States
- Heldman, D. (2007). The role of alternative processing technologies in quality improvement of shelf-stable foods. Alimentos Ciencia e Ingeniería. 16(1), 21 – 23.
- Heldman, D & Lund, D. (2007). Handbook of Food Engineering. Second Edition. CRC Press. United States.
- Hernández, M. & Sastre, A. (1999). Tratado de nutrición. Diaz de Santos. España.
- Herrera, C., Bolaños, N., Lutz, G. (2003). Química de alimentos. Manual de Laboratorio. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Holdman, J. (1998). Transferencia de calor. CECOSA. México.
- Holdsworth, D. & Simpson, R. (2007). Thermal Processing of Packaged Food. Second Edition. Springer. United States
- Hui, Y. et al. (2004). Handbook of Frozen Foods. CRC Press. United States.
- Hui, Y. (2006). Food biochemistry and food processing. Blackwell publishing. Australia
- Hui, Y. (2006a). Handbook of food science, technology and engineering. Volume 1. CRC Press. United states.
- Hulse, J. (1995). Science, Agriculture and Food Security. NRC Monograph Publishing Program. Canada.
- Ibarz, A. & Barbosa-Cánovas, G. (2003). Unit Operations in Food Engineering. CRC Press. USA.
- Incropera, F. & DeWitt, D. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Cuarta Edición. Prentice Hall. México.

- INEC. (2013). Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador. [en línea] disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesador-de-estadisticas-agropecuarias-3/>. Recuperado: 22/09/14.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (1992). Frutas frescas. Naranja. Requisitos NTE INEN 1928:92. Norma ecuatoriana obligatoria.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2008). Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos. Requisitos NTE INEN 2337:2008. Norma ecuatoriana obligatoria.
- Irakiza, G. et al. (2014). Retention of β -carotene, vitamin C and sensory characteristics of orange fleshed sweet potato syrup during storage. *International Food Research Journal* 21(3): 1157-1164
- Jay, J. et al. (2005). *Modern Food Microbiology*. Seventh Edition. Springer. United States.
- Jhonson, J. et al. (1995). Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: experimental rate constants. *Journal of Food Science*. 60: 502 – 505.
- Jorgensen, C. 2010. A Kinetic Study of the Rate of Degradation of Ascorbic Acid by Titrimetry. International School of Helsingborg. Sweden.
- Kaminski, W. & Tomczak, E. (2007). Degradation of ascorbic acid in drying process - a comparison of description methods. *Drying Technology: An International Journal*. 18:3. 777-790.
- Kreith, F. et al. (2011). Seventh Edition. Cengage Learning. United States.
- Kuo, F. et al. (1997). Shell egg sanitation: UV radiation and egg rotation to effectively reduce population of aerobes, yeasts and molds. *J. Food Prot.* 60, 694 – 697.

- Lawrie, R. (1967). Ciencia de la carne. Acribia. España.
- Lee, S. & Kader, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20 (2000) 207–220.
- Lee, H. & Labuza, T. (1975). Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. *Journal of Food Science*. 40. 370 – 373.
- Lee, H. & Nagy, S. (1988). Quality changes and nonenzymatic browning intermediate in grapefruit juice during storage. *J. Food Sci.* 53: 168 – 172.
- Lusas, E. & Rooney, L. (2001). *Snack Foods Processing*. CRC Press. United States.
- Macaruña, J. & Goñi, F. (1994). *Bioquímica Humana*. Segunda Edición. Reverté. España.
- MAGAP. (2001). III Censo nacional agropecuario; [en línea] disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec//censo-nacional-agropecuario>. Recuperado: 13/08/2014
- Martínez, N. et al. (1998). *Termodinámica y cinética de sistemas alimento entorno*. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Mataix, J. (2002). *Tecnología alimentaria y valor nutricional de los alimentos*. Nutrición y alimentación humana. España
- Matissek, R. et al. (1998). *Análisis de los Alimentos*. Editorial Acribia. España.
- Milner, C. & Carpenter, K. (1969). Effect of wet-heat processing on the nutritive value of whole-wheat protein. *J. of Cereal Chem.* 46 (5), 425 – 434.
- Modest, M. (2013). *Radiative Heat Transfer*. Third Edition. Academic Press. United States

- Montoya, H. (2008). Microbiología básica para el área de la salud y afines. Segunda Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia
- Morata, A. (2010). Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. Segunda Edición. AMV Ediciones. España.
- Moreira, G. (2009). Disminuye la Producción en los Cultivos de Naranja. Ediciones El Telégrafo. [en línea] disponible en (www.telegrafo.com.ec/economiasolidaria/noticia/archive/com). Recuperado: 09/08/2013
- Morton, I. & Lenges, J. (1992). Education and training in Food Science. A changing scene. Ellis Horwood series in Food Science and Technology. England.
- Mujica, M. et al. (2007). Influencia de las condiciones de procesamiento y almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y la acidez titulable del jugo de limón congelado. Alimentos Ciencia e Ingeniería. 16(1), 220 – 232.
- Nagy, S. & Dinsmore, H. (1974). Relationship of furfural to temperature abuse and flavor change in commercially canned single-strength orange juice. Journal of Food Science. 39. 1116 – 1119.
- Negroni, M. (2009). Microbiología estomatológica: fundamentos y guía práctica. Segunda Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina.
- Nicoletti, J. et al. (2007). Influence of Drying Conditions on Ascorbic Acid during Convective Drying of Whole Persimmons, Drying Technology: An International Journal, 25:5, 891-899.
- Nwachukwu, E. & Ezeigbo, C. (2013). Changes in the microbial population of pasteurized soursop juice treated with benzoate and lime during storage. African Journal of Microbiology Research. 7(31), 3992 – 3995.
- Ochoa, C. & Guerrero, J. (2012). Ultraviolet-C Light Effect on Pitaya (*Stenocereus griseus*) Juice. Journal of Food Research. 1(2): 60 – 70.
- Olivas, E. & Alarcón, L. (2004). Manual de prácticas de Microbiología básica y Microbiología de alimentos. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México.

- Ordóñez-Santos, L. et al. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava L.*). Revista Lasallista de Investigación. 10:2. 44 – 51.
- Orrego, C. (2003). Procesamiento de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Manzanares. Colombia.
- Owusu-Apenten, R. (2004). Introduction to Food Chemistry. CRC Press. United States.
- Pallás, R. (1993). Adquisición y distribución de señales. Ediciones técnicas Marcombo. España.
- Pazmiño, A. & Aguiar, M. (2007). Tesis: Proyecto de Elaboración Artesanal y comercialización del vino de naranja San Marcos en la Ciudad de Guayaquil. Universidad Politécnica de Guayaquil. Ecuador
- Párraga, Max. (2012). La cosecha de naranjas promete jugosas ganancias en Los Ríos. Recorte de Prensa: Diario La Hora. [en línea] disponible en: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101349385/-1/La_cosecha_de_naranjas_promete__jugosas_ganancias_en_Los_R%C3%ADos.html#.VCCKEWNcZ_Q. Recuperado: 22/09/14
- Pineda, M. (2003). Procesos de Elaboración de Alimentos y Bebidas. AMV Ediciones – Mundi Prensa. España.
- Pineda, A. (2010). El cultivo de la naranja. [en línea] disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos82/cultivo-naranja/cultivo-naranja.shtml>; Recuperado: 09/08/2013
- Pino, J. & Torricella, R. (1983). Conocimientos actuales sobre los constituyentes volátiles de los jugos cítricos. Boletín de reseñas. Cítricos y otros frutales. N° 14
- Química Avanzada Nuffield. (1984). Ciencia de la Alimentación. Reverté. España.

- Rahmawati S. & Bundjali, B. (2007). KINETICS OF THE OXIDATION OF VITAMIN C. Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII. 9 – 11 June
- Ramaswamy, H. & Marcotte, M. (2006). Food Processing. Principles and applications. CRC Press. United States.
- Ratore, M. & Kapuno, R. (2011). Engineering Heat Transfer. Second Edition. Jones & Bartlett Learning. United States.
- Riedel, L. (1949), Chem. Ing. Tech., 21, 340.
- Rivas, A. et al. (2005). Effect of PEF and heat pasteurization on the physical–chemical characteristics of blended orange and carrot juice. Swiss Society of Food Science and Technology. 5(1), 1 – 8.
- Robertson, L. & Samaniego, H. (1986). Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and browning of lemon juice during storage. Journal of Food Science. 51: 184 – 187.
- Romero, F. (2008). Tesis Doctoral: Estabilidad de vitaminas, vida comercial y Bioaccesibilidad de folatos – hierro en fórmulas Infantiles de continuación y crecimiento. Universidad de Murcia. España.
- Ruffier, J. (2005). La Frontera como ventaja competitiva: La Producción de Naranjas en ambos márgenes del Río Uruguay. Revista Galega de Economía. Universidad Santiago de Compostela. España
- Saguy, I. et al. (1978). Simulation of ascorbic acid stability during heat processing and concentration of prapefruit juice. Journal of Food Process Engineering. 2 (2): 213 . 225.
- Salamanca, G. (2007). Evolución y perspectivas de la investigación en el estudio de las propiedades fisicoquímicas, estabilidad microbiológica y enzimática de cremogenados de frutas tropicales. Alimentos Ciencia e Ingeniería. 16(1), 67 – 72.

- Salinas-Hernández, R. et al. (2007). Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 23 (2): 183 – 196.
- Saravacos, G. & Kostaropoulos, A. (2002). Handbook of Food Process Equipment. Food Engineering Series. Kluwer Academics/Plenum Publishers. United states.
- Saravia, M. (2006). Metodología de Investigación. Artículo Técnico. Vol. 8(3). Barcelona – España. Pág. 18. [en línea] disponible en: (www.ucm.es/BUCM/psi/guia_red_apa.htm). Recuperado: 19/02/2014
- Schmidt, R. & Rodrick, G. (2003). Food Safety Handbook. John Wiley & Sons Inc. United States.
- Serra, L. & Aranceta, J. (2006). Nutrición y salud pública. Segunda edición. Elsevier. España.
- Shang, D. (2011). Theory of Heat Transfer with with forced convection film flows. Springer. Canadá
- Shigley, J. (1979). Diseño en Ingeniería Mecánica. Segunda Edición. McGraw Hill. México.
- Shamsudin, R. et al. (2014). Effect of repetitive ultraviolet irradiation on the physico-chemical properties and microbial stability of pineapple juice. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 23; 114–120
- Sikorski, Z. (2007). Chemical and functional properties of Food components. Third Edition. CRC Press. United States.
- Silva, F. & Gibbs, P. (2012). Thermal pasteurization requirements for the inactivation of Salmonella in foods. Food Research International. 45, 695–699
- Sinclair, W. (1972). The grapefruit, it's composition. Physiology and products. University of California. Division Agricultural sciences.
- Sivansakar, B. (2002). Food processing and preservation. Prentice Hall. India

- Syamaladevi, R. et al. (2014). Ultraviolet-C light inactivation of *Penicillium expansum* on fruit surfaces. *Food Control*. 50; 297 – 303.
- Soriano, L. et al. (2014). Antioxidant responses of damiana (*Turnera diffusa* Willd) to exposure to artificial ultraviolet (UV) radiation in an *in vitro* model; part I; UV-C radiation. *Nutr Hosp*. 2014;29(5):1109-1115.
- Soto, P. & Castillo, L. (2003). Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá. [en línea] disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2054/1/4073.pdf>. Recuperado: 8/18/2014.
- Spreen, T. (2001). Proyecciones de la producción y consumo mundial de los cítricos para el 2010. [en línea] disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/x6732s/x6732s03.pdf>. Recuperado: 09/08/2013
- Toledo, R. (1999). *Fundamentals of Food Process Engineering*. Third Edition. Springer. United States
- Torkamani, A. & Niakousari, M. (2011). Impact of UV-C light on orange juice quality and shelf life. *International Food Research Journal* 18(4): 1265-1268.
- Tortora, G. et al. (2007). *Introducción a la microbiología*. Novena Edición. Editorial Médica Panamericana. Argetina.
- Trifiro, A. et al. (1995). Effects of storage time and temperature on the quality of fresh juices from pigmented oranges. *Ind. Delle Conserve*, 70: 243-251.
- Turtoi, M. & Borda, D. (2013). Ultraviolet light efficacy for microbial inactivation on fruit juices, nectars and apple cider. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 19(1), 130-140
- Uddin, M. et al. (2001). Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51: 21-26

- Valentas, K. et al. (1997). Handbook of Food Engineering Practice. CRC Press. United States.
- Villota, R. & Hawkes, J. (1992). Chapter 2: Reaction Kinetics in Food Systems. In Handbook of Food Engineering, Ed by D.R. Heldman and D.B. Lund, pp. 39–143. New York: Marcel Dekker Inc.
- Wentworth, B. (1977). Química general. Reverté. España.
- Wright J.R. et al. (2000). Efficacy of ultraviolet light for reducing Escherichia coli O157: H7 in unpasteurized apple cider. Journal of Food Protection 174; 63: 563-567.