



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE
ÁRBOL DESHIDRATADO (*Solanum betaceum cav*) VARIEDAD
ANARANJADO GIGANTE”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO

PRESENTADO POR

KATIUSCA ALEJANDRA AVILES MIRANDA

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

DEDICATORIA

A Dios y María Auxiliadora por darme fe y fortaleza para culminar este trabajo de investigación con éxito.

A mis padres y mi hermano quienes me han brindado todo su apoyo, convirtiéndose en un ejemplo a seguir y pilar fundamental en mi carrera estudiantil.

AGRADECIMIENTO

A Dios y María Auxiliadora por la permitirme culminar este trabajo de investigación.

A mis Padres y mi Hermano, porque siempre me han acompañado en todo momento de manera incondicional, para ellos mi gratitud y cariño.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial la Escuela de Bioquímica y Farmacia por la formación académica brindada.

Mi profunda gratitud a la Doctora Olga Lucero y al Doctor Carlos Pilamunga, por su dirección y colaboración de la presente Tesis y por compartir su conocimiento en los momentos requeridos.

Al Dr. Xavier Robles, al Ing. Carlos Romero y a todos quienes de una u otra manera colaboraron para el desarrollo y culminación de éste trabajo de investigación.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“ESTUDIO DEL PROCESO DE REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO (*Solanum betaceum cav*) VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE”**, de responsabilidad de la señorita egresada Katusca Alejandra Aviles Miranda, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Yolanda Díaz	-----	-----
DECANA FACULTAD DE CIENCIAS		
Dr. Luis Guevara	-----	-----
DIRECTOR DE ESCUELA		
Dra. Olga Lucero	-----	-----
DIRECTOR DE TESIS		
Dr. Carlos Pilamunga	-----	-----
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Sr. Carlos Rodríguez	-----	-----
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		
NOTA DE TESIS		-----

Yo, Katusca Alejandra Aviles Miranda soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

KATIUSCA ALEJANDRA AVILES MIRANDA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AOAC	Association of Oficial Analytical Chemist
A	Área
Ab	Absorbancia
Aci	Ácido ascórbico
a_w	Actividad de agua
°C	Grados centígrados
CR	Capacidad de Rehidratación
CRA	Capacidad de retención de agua
cm	Centímetro
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
g	Gramos
Glu	Glucosa
ha	Hectáreas
h	Hora
HR	Humedad Relativa
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INNE	Instituto Nacional de Nutrición Ecuatoriana
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramo
L	Litro
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
MF	Muestra fresca

m	Metro
m ²	Metro cuadrado
min	Minutos
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
%	Porcentaje
pH	Potencial de Hidrógeno
p	Promedio
ppm	Partes por millón
msnm	Metros sobre el nivel del mar
t	Tiempo
T	Temperatura
T/ha	Toneladas por hectárea
µg	Microgramos
UFC	Unidades formadoras de colonias
V	Volumen
M	Peso molecular
W	Velocidad de secado

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

1.	MARCO TEÓRICO	1
1.1.	Tomate de Árbol (<i>Solanum betaceum cav</i>).....	1
1.1.1.	Origen, Historia y Domesticación.....	1
1.1.2.	Clasificación Taxonómica.....	2
1.1.3.	Características Botánicas.....	3
1.1.4.	Variedades.....	5
1.1.4.1.	Variedad Anaranjado Gigante.....	5
1.1.5.	Producción Nacional y Distribución Geográfica.....	6
1.1.6.	Utilidades.....	7
1.1.7.	Composición Nutricional.....	9
1.1.8.	Ácido L-ascórbico (vitamina C).....	10
1.1.8.1.	Estructura Química.....	10
1.1.8.2.	Características.....	11
1.1.9.	Carotenos.....	11
1.1.9.1.	Estructura Química.....	11
1.1.9.2.	Características.....	12
1.1.9.3.	Carotenos en el tomate de árbol.....	13
1.2.	Deshidratación.....	13
1.2.1.	Definición.....	13
1.2.2.	Ventajas y Desventajas del proceso.....	14
1.2.2.1.	Ventajas.....	14
1.2.2.2.	Desventajas.....	14
1.2.3.	Efecto de la deshidratación en los alimentos.....	15
1.2.3.1.	Textura.....	15
1.2.3.2.	Redistribución de solutos.....	15
1.2.3.3.	Agua Ligada.....	15
1.2.3.4.	Pérdida de aroma por evaporación de compuestos volátiles.....	16
1.2.3.5.	Cambio de color.....	16
1.2.3.6.	Valor nutritivo.....	16

1.3.	Rehidratación.....	17
1.3.1.	Definición y Objetivo.....	17
1.3.2.	Procesos de Rehidratación.....	18
1.3.2.1.	Capacidad de Retención de Agua y Capacidad de Rehidratación.....	19
1.3.3.	Medios de Rehidratación.....	19
1.3.4.	Factores influyentes en el proceso.....	20
1.3.4.1.	Factores Extrínsecos.....	20
1.3.4.2.	Factores Intrínsecos.....	21
1.3.5.	Distribución de agua en los alimentos.....	21
1.3.6.	Efecto de la rehidratación sobre los alimentos.....	23
1.3.7.	Procedimientos que mejoran la rehidratabilidad.....	24
1.3.7.1.	Humectabilidad.....	24
1.3.7.2.	Sumergibilidad.....	24
1.3.7.3.	Dispersabilidad.....	24
1.3.7.4.	Solubilidad.....	24
1.3.8.	Propiedades de Calidad.....	25
1.4.	Análisis Proximal.....	25
1.4.1.	Determinación de Humedad.....	26
1.4.2.	Determinación de Ceniza.....	26
1.4.3.	Determinación de Proteína.....	27
1.4.4.	Determinación de extracto etéreo o grasa bruta.....	28
1.4.5.	Determinación de Fibra.....	29
1.5.	Análisis Complementario.....	29
1.5.1.	Determinación de carbohidratos.....	30
1.5.2.	Determinación de acidez.....	30
1.5.3.	pH.....	31
1.5.4.	Métodos Cromatográficos.....	31
1.6.	Análisis Sensorial.....	32
1.6.1.	Atributos Sensoriales.....	33
1.6.1.1.	Gusto y Sabor.....	33
1.6.1.2.	Aroma y Olor.....	33
1.6.1.3.	Color y Apariencia.....	34
1.6.1.4.	Textura.....	34
1.6.2.	Métodos para detectar diferencias en evaluación sensorial.....	35
1.6.2.1.	Test Pareado (pair comparison).....	36
1.7.	Análisis Microbiológico.....	37
1.7.1.	Mohos y Levaduras.....	38
2.	PARTE EXPERIMENTAL	39
2.1.	Lugar de investigación.....	39
2.2.	Materiales, equipos y reactivos.....	39

2.2.1.	Material fresco.....	39
2.2.2.	Materiales.....	40
2.2.3.	Equipos.....	40
2.2.4.	Reactivos.....	41
2.2.5.	Medio de cultivo.....	41
2.3.	Métodos.....	42
2.3.1.	Fase experimental.....	42
2.3.1.1.	Análisis físico del tomate de árbol variedad anaranjado gigante.....	42
2.3.1.1.1.	Determinación de pH NTE INEN 389.....	42
2.3.1.1.2.	Determinación de °Brix.....	43
2.3.1.1.3.	Determinación de acidez titulable.....	43
2.3.1.1.4.	Determinación de índice de maduración.....	45
2.3.1.2.	Deshidratación del tomate de árbol variedad anaranjado gigante.....	45
2.3.1.3.	Rehidratación del tomate de árbol variedad anaranjado gigante deshidratado.....	46
2.3.1.3.1.	Elección del mejor líquido rehidratante.....	46
2.3.1.3.2.	Selección de la temperatura óptima de rehidratación.....	47
2.3.1.3.3.	Determinación del tiempo de rehidratación.....	47
2.3.1.3.4.	Corte histológico del tomate de árbol fresco y rehidratado.....	47
2.3.1.3.	Evaluación sensorial.....	47
2.3.1.4.	Análisis bromatológico del tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado variedad anaranjado gigante.....	48
2.3.1.4.1.	Determinación de la humedad.....	48
2.3.1.4.2.	Determinación de cenizas (NTE INEN 401).....	49
2.3.1.4.3.	Determinación de proteína.....	50
2.3.1.4.4.	Determinación de grasa cruda o extracto etéreo.....	52
2.3.1.4.5.	Determinación de fibra cruda.....	53
2.3.1.4.6.	Determinación de azúcares.....	54
2.3.1.4.6.1.	Azúcares totales.....	55
2.3.1.4.6.2.	Azúcares reductores.....	56
2.3.1.4.6.3.	Azúcares no reductores.....	57
2.3.1.4.7.	Determinación de vitamina C.....	57
2.3.1.4.8.	Determinación de carotenos.....	59
2.3.1.5.	Análisis microbiológico de tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado variedad anaranjado gigante.....	60
2.3.1.5.1.	Determinación de hongos (mohos y levaduras).....	60
2.3.2.	Análisis estadístico.....	60
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1.	Deshidratación del tomate de árbol variedad anaranjado gigante.....	61
3.2.	Evaluación sensorial.....	61

3.3.	Rehidratación de tomate de árbol deshidratado.....	63
3.4.	Determinación de indicadores de eficiencia de la rehidratación.....	67
3.4.1.	Vitamina C en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado.....	67
3.4.1.1.	Análisis de ANOVA para el contenido de vitamina c en el tomate de árbol variedad anaranjado gigante rehidratado en tres líquidos de inmersión a 40°C.....	70
3.4.2.	Determinación de carotenos en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado.....	71
3.4.2.1.	Análisis de ANOVA para el contenido de carotenos en el tomate de árbol variedad anaranjado gigante rehidratado en tres líquidos de inmersión a 40°C.....	72
3.5.	Análisis físico - químico del tomate de árbol (<i>Solanum betaceum cav</i>) variedad anaranjado gigante fresco, deshidratado y rehidratado.....	73
3.5.1.	Determinación de pH.....	74
3.5.2.	Determinación de humedad.....	74
3.5.3.	Determinación de cenizas.....	75
3.5.4.	Determinación de proteína.....	76
3.5.5.	Determinación de extracto etéreo.....	77
3.5.6.	Determinación de fibra.....	78
3.5.7.	Determinación de azúcares.....	79
3.6.	Análisis microbiológico del tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco, deshidratado y rehidratado.....	80
3.7.	Corte histológico del tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco, deshidratado y rehidratado.....	82
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		87
RESUMEN		88
SUMMARY		89
BIBLIOGRAFÍA		90
ANEXOS		100

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1.	Taxonomía y Morfología del Tomate De Árbol.....	3
TABLA N° 2.	Producción Nacional del Tomate de Árbol.....	7
TABLA N° 3.	Composición Nutricional del Tomate de Árbol.....	9

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1.	Resultado de evaluación sensorial del tomate de árbol fresco y rehidratado.....	62
CUADRO N° 2.	Resultado de evaluación sensorial del jugo de tomate de árbol fresco y rehidratado.....	63
CUADRO N° 3.	Resultados de grados brix del tomate de árbol rehidratado en los tres líquidos rehidratantes.....	64
CUADRO N° 4.	Resultados del tiempo de rehidratación del tomate de árbol deshidratado a diferentes temperaturas con tres líquidos rehidratantes.....	65
CUADRO N° 5.	Contenido de vitamina C en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado.....	68
CUADRO N° 6.	Análisis estadístico de la concentración de vitamina C en el tomate de árbol fresco y rehidratado a 40°C.....	70
CUADRO N° 7.	Contenido de carotenos en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado.....	71
CUADRO N° 8.	Análisis estadístico de la concentración de carotenos en el tomate de árbol fresco y rehidratado a 40° C.....	72
CUADRO N° 9.	Contenido nutricional promedio de las muestras en estudio..	73
CUADRO N° 10.	Contenido de mohos y levaduras en muestras de tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1.	Relación entre la capacidad de rehidratación y temperatura.....	66
GRÁFICO N° 2.	Relación entre la capacidad de retención de agua y temperatura.....	66
GRÁFICO N° 3.	Relación de contenido de vitamina C en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratados.....	69
GRÁFICO N° 4.	Relación de contenido de carotenos totales en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratados.....	71
GRÁFICO N° 5.	Relación de pH en tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	74
GRÁFICO N° 6.	Relación de humedad en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	75
GRÁFICO N° 7.	Relación de cenizas en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	76
GRÁFICO N° 8.	Relación de proteína en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	77
GRÁFICO N° 9.	Relación de extracto etéreo en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	78
GRÁFICO N° 10	Relación de fibra en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	79
GRÁFICO N° 11	Relación de azúcares en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	80
GRÁFICO N° 12	Relación de contenido de mohos y levaduras en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado a 40° C.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.	Estructura química del Ácido L-ascórbico.....	10
FIGURA N° 2.	Estructura de β -caroteno.....	11
FIGURA N° 3.	Interacción entre la CR y CRA.....	19
FIGURA N° 4.	Representación gráfica de la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación de un alimento deshidratado.....	23

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1.	Tomate de Árbol (<i>Solanum betaceum cav</i>).....	3
FOTOGRAFÍA N° 2.	<i>S. betaceum cav</i> variedad anaranjado gigante.....	5
FOTOGRAFÍA N° 3.	Distribución geográfica de la producción de tomate de árbol.....	6
FOTOGRAFÍA N° 4.	Corte transversal del tomate de árbol fresco.....	82
FOTOGRAFÍA N° 5.	Corte transversal del tomate de árbol deshidratado.....	83
FOTOGRAFÍA N° 6.	Corte transversal del tomate de árbol rehidratado.....	84

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1.	Test de Tukey contenido de vitamina C en tomate de árbol anaranjado gigante fresco con tomate de árbol rehidratado en tres líquidos rehidratantes a 40°C.....	100
ANEXO N° 2.	Test de Tukey contenido de carotenos en tomate de árbol anaranjado gigante fresco con tomate de árbol rehidratado en tres líquidos rehidratantes a 40°C.....	100
ANEXO N° 3.	Cromatograma del estándar de vitamina C.....	101
ANEXO N° 4.	Cromatograma de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante fresco.....	101
ANEXO N° 5.	Cromatograma de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante deshidratado.....	101
ANEXO N° 6.	Cromatograma de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante rehidratado con agua.....	102
ANEXO N° 7.	Cromatograma de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante rehidratado con glucosa 0,13%.....	102
ANEXO N° 8.	Cromatograma de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante rehidratado con ácido ascórbico 0,13%.....	102
ANEXO N° 9.	Fotografías del proceso de deshidratación.....	103
ANEXO N° 10.	Fotografías del proceso de rehidratación.....	103
ANEXO N° 11.	Fotografías del análisis de indicadores (vitamina C y carotenos).....	104
ANEXO N° 12.	Fotografías del análisis bromatológico del tomate fresco, deshidratado y rehidratado.....	105
ANEXO N° 13.	Fotografías del análisis microbiológico del tomate fresco, deshidratado y rehidratado.....	106
ANEXO N° 14.	Resultados del análisis microbiológico del tomate fresco, deshidratado y rehidratado.....	107
ANEXO N° 15.	Modelos de encuestas aplicadas en la Unidad Educativa “María Auxiliadora”.....	110
ANEXO N° 16.	Evaluación sensorial en la Unidad Educativa “María Auxiliadora”.....	112
ANEXO N° 17.	Corte histológico del tomate fresco, deshidratado y rehidratado.....	112

INTRODUCCIÓN

El encontrar la manera más adecuada de conservar los alimentos ha llevado al hombre a desarrollar métodos físicos y químicos mediante los cuales pueda conservar todos los nutrientes que el alimento posee; uno de estos métodos es la deshidratación, el mismo que garantiza conservar en un gran porcentaje las propiedades del alimento y al mismo tiempo ayuda a su almacenamiento. Una desventaja de este método es que el líquido perdido hace que el alimento tome una textura demasiado dura razón por la cual se limita su consumo, es por eso que se ha visto conveniente el realizar un estudio mediante el cual se pueda investigar el uso de distintos líquidos de inmersión para volver a hidratar el alimento y así poder comparar los valores nutritivos y la aceptabilidad sensorial tanto del alimento fresco como del rehidratado.

En vista de que existe una amplia gama de productos deshidratados en nuestro medio que se ofertan en varios supermercados del país, nuestro aporte investigativo irá orientado a definir las condiciones óptimas para la rehidratación del tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*), mediante el estudio de parámetros de rehidratación tales como: temperatura, líquido rehidratante, capacidad de rehidratación, capacidad de retención de agua, tiempo y velocidad de rehidratación; de tal forma, poder garantizar una correcta rehidratación para mantener las características sensoriales y nutritivas de la fruta.

Si bien es cierto todos los productos deshidratados presentan un etiquetado correcto en base a la NTE INEN 1334-1:2011 pero no todos presentan una indicación de cómo se los debe rehidratar para consumirlos. Los resultados de ésta investigación permitirán a los fabricantes de alimentos deshidratados proporcionar una información validada y que pueda ser incluida en su rotulado cumpliendo así con el literal 5.1 Requisitos obligatorios en el mismo que uno de sus ítems es 5.1.8 Instrucciones para el uso; de esta manera se

garantiza un correcto proceso de rehidratación y una satisfacción al que lo deleita protegiendo ante todo la seguridad del consumidor.

El estudio de rehidratación se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, controlando parámetros como temperatura, líquido rehidratante, tiempo, velocidad, CR y CRA mediante una comparación entre las muestras frescas, deshidratadas y rehidratadas.

El tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*) variedad anaranjado gigante, es una fruta altamente nutritiva en minerales y vitaminas, posee un alto contenido de vitamina C, con bajo nivel de calorías, rica en carotenoides, además posee cualidades terapéuticas muy importantes, lo que lo hace una fruta muy apetecida en los mercados internacionales; es por ello que se lo eligió para este estudio; valorando el contenido de vitamina C y carotenos, como indicadores de eficiencia (temperatura y tiempo); comparando el valor nutritivo del tomate de árbol fresco con su rehidratado mediante un análisis físico, químico y microbiológico; además de la observación de cortes histológicos de cada una de las muestras.

Para este fin se tomó tres temperaturas de 20, 30 y 40°C, y tres líquidos de inmersión, agua, agua con glucosa y agua con ácido ascórbico a diferentes concentraciones; determinándose que el tiempo adecuado de rehidratación es de 15 minutos en agua a una temperatura de 40°C. Experimentalmente se comprueba que si mayor es la temperatura menor es el tiempo de rehidratación.

Este trabajo permitió comprobar que el rehidratado a esta temperatura y en este líquido rehidratante produce pérdidas menores de los indicadores de eficiencia (vitamina C y carotenos). Además que se conservan las estructuras celulares provocando ligeros daños lo cual se pudo comprobar con la vista al microscopio de cada uno de los cortes histológicos realizados.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum cav*)

1.1.1. ORIGEN, HISTORIA Y DOMESTICACIÓN

El centro de origen del tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) se encuentra en Sudamérica, de donde son nativas la gran mayoría de las especies de *Solanum*. Su área de distribución se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Argentina. Tiene mejor desarrollo en los valles subtropicales y estribaciones de la sierra del Ecuador, pero no hay certeza acerca de dónde se encuentran sus formas primitivas. (45)

El nombre científico del tomate de árbol se fijó definitivamente como *Solanum betaceum* en el año de 1995, en sustitución del anterior nombre científico *Cyphomandra betacea* Sendt.(46)

En cuanto a datos históricos reales, el cultivo comercial del tomate de árbol se inició en el Ecuador en 1970; desde ahí, ha demostrado un incremento, tanto en su área cosechada como en su producción; es así que la superficie cultivada para 1991 fue de 1,020 hectáreas, para 1998 fue de 2,287 hectáreas, y para el año 2005 fue de 3,254 hectáreas, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP). (45)

Actualmente en el Ecuador, este cultivo ocupa unas 5 000 ha de terreno, convirtiéndose en un frutal típico de la región Interandina, se desarrolla entre 600-3300 msnm, donde la temperatura óptima está entre 14-20°C, el encharcamiento y vientos fuertes afectan directamente. (50)

El cultivo comercial intensivo del tomate de árbol ha demostrado una evolución favorable en lo que se refiere al área sembrada, producción y rendimientos obtenidos hasta estos días. El tomate de árbol goza de una excelente aceptación por parte de los consumidores locales y Regionales, especialmente por consumidores de la Sierra Ecuatoriana. Tiene la cualidad de ser un producto de venta muy versátil, en ocasiones se le cataloga como un fruto muy noble, ya que se encuentra disponible en el mercado a lo largo de todo el año, siempre cuenta con un precio accesible y sus características nutricionales son ampliamente conocidas, esto conlleva a que su estrategia de comercialización sea también muy variada. Mientras a nivel internacional se ha detectado la presencia de países que demandan el producto y otros mercados donde por su naturaleza de ser un producto relativamente nuevo, todavía no ha ingresado. (46)

1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El tomate de árbol es conocido internacionalmente como "tamarillo" en Nueva Zelanda y Estados Unidos, "Baum tomate" en Alemania, "tomate de cera" o "chimango" en Portugal, "tree tomatoe" en Inglaterra, "Straiktomaad" o "terong blanda" en Holanda,

"tomate de l'arbre" en Francia, "tomate de árbol" o "tomate de ají" en España. (51). En la Tabla N°1 se observa la taxonomía que posee este frutal en forma simultánea.

TABLA N°1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL TOMATE DE ÁRBOL

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Fanerógamas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
CLASE	Dicotiledóneas
SUBCLASE	Metaclamideas
ORDEN	Tubiflorales
FAMILIA	Solanaceae
GÉNERO	<i>Solanum</i>
ESPECIE	<i>Solanum betaceum.Cav</i>
NOMBRE COMÚN	Tomate de árbol

(León y Viteri, 2004)

1.1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS



FOTOGRAFÍA N° 1. Tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*)

El tomate de árbol en forma natural es un arbusto cuyo tamaño varía de 2 a 3 m de altura, con un tallo semileñoso y una copa que se desarrolla en diversas formas (BERNAL y DÍAZ, 2003).

Las plantas de este cultivar se ramifican a 1.5 m de altura de forma erecta, el diámetro de la copa puede tener 2.57 m. Los frutos se cosechan a partir de los 357 días, es jugosa, de buen sabor (42), como se observa en la Fotografía N°1.

Tiene *hojas* alternas, enteras, en los extremos de las ramas, con pecíolo robusto de 4 a 8 cm de longitud. El limbo presenta de 15 a 30 cm de longitud, con forma ovalada, acuminado, de color verde oscuro, un poco áspero al tacto. Las hojas jóvenes tienen una fina pubescencia en ambas caras. La nerviación es marcada y sobresaliente (20).

Las *flores* son pequeñas, de 1,3 a 1,5 cm de diámetro, de color blanco-rosáceo, dispuestas en pequeños racimos terminales. Tienen 5 pétalos y 5 estambres amarillos (20).

Las *semillas* son semiplanas, lisas, redondas de 2,0 a 4,0 mm de diámetro de color amarillento o a veces pardo. Se encuentran en el interior del fruto están recubiertas por una sustancia mucilaginosa y por la pulpa del fruto, dispuestas en forma arriñonada y de fácil digestión. El número de semillas por fruto difiere entre variedades en un rango de 186 a 343. Constituyen la principal forma de propagación (20).

El *fruto* es una baya ovoide de 4 a 8 cm x 3 a 5 cm, con un largo pedúnculo en el que persiste el cáliz de la flor. La piel es lisa, de color rojo o anaranjado en la madurez, con estrías de color más claro. La pulpa es jugosa, algo ácida, de color naranja, a roja, con numerosas semillas. Los frutos son comestibles. Proporcionan hierro, potasio, magnesio, fósforo y vitaminas A, C y E (10). Mide unos 8 cm de largo y 5 cm de diámetro, con un

peso de 80-120 g. Su Pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agridulce, agradable y muy particular. (10)

1.1.4. VARIEDADES

Existen probablemente cinco diversidades cultivadas nativas de tomate de árbol y una introducida desde Nueva Zelanda, pero las más conocidas son tres: Tomate de Árbol amarillo, Tomate de Árbol naranja y rojo, según su propio color en la pulpa (52). Sin embargo, con el propósito de tener una definición comercial, se puede decir que existen variedades de pulpa morada, denominadas “tomate mora”, y variedades de pulpa anaranjada; en estos dos grandes grupos los agricultores definen a las variedades tomando en consideración la forma del fruto (12) (14).

La variedad más difundida es la tradicional anaranjada, habiéndose introducido últimamente el tomate “mora”, de color morado y pulpa más rojiza, pero de palatabilidad inferior (53).

1.1.4.1. Variedad Anaranjado Gigante



FOTOGRAFÍA N° 2. *S. betaceum cav*
VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE

Las plantas de este cultivar se ramifican a 1,40 m de altura y alcanzan alturas totales cercanas a los 2,83 m. Los árboles inician a florecer en los valles subtropicales a los 194 días desde la plantación y se cosecha sus frutos a partir de los 368 días, siendo el genotipo más tardío. (25)

Este genotipo es de mayor cultivo en la actualidad, debido a que presenta frutos de buen tamaño, característica que es apreciada en el mercado internacional, por lo que alcanza mayores precios en la comercialización por kilogramo de fruta (45).

1.1.5. PRODUCCIÓN NACIONAL Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA



FOTOGRAFÍA N° 3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL
(Instituto Geográfico Militar del Ecuador, 2010)

En el Ecuador, el porcentaje de las provincias con mayor producción del tomate de árbol en el año 2009, representadas en la Fotografía N°3 fueron: Tungurahua (39,2%) las zonas de Patate, Pelileo y Baños; Chimborazo (22,2%) la zona de Chambo y Penipe; Azuay (14,1%) la zona de Santa Rita y Bullcay; Pichincha (10,0%) las zonas como el

Valle de Tumbaco, Puembo, Checa, Yaruquí; Imbabura (4,8%) Natabuela, Cotacachi, Buenos Aires, Antonio Ante, Pimampiro y Urcuquí (15) (23)

La producción de tomate de árbol en Ecuador es enteramente absorbida por el mercado local y nacional, tienen gran aceptación por su sabor agradable y aroma exquisito, siendo considerada una fruta exótica. (45)

La producción nacional de tomate de árbol se distribuye como muestra la Tabla N°2:

TABLA N°2. PRODUCCIÓN NACIONAL DEL TOMATE DE ÁRBOL

Consumo en fresco	82,5%
Agroindustria	0,5%
Exportación	12%
Pérdida postcosecha	5%

(Lucas *et al*, 2010)

El 60% de los productores venden en finca y el 40% van a mercados. Sin embargo, cuando el precio es alto, los intermediarios van a cada finca recolectando el producto y es el agricultor el que tiene el poder de negociación aun cuando el comercializador impone las características de la fruta. En cambio, cuando el precio está bajo, los agricultores se ven obligados a acudir al mercado. (46)

1.1.6. UTILIDADES

Se sirve fresco sin emplear la corteza, y se utiliza para la preparación de jaleas, jugos, helados, dulces, mermeladas y ensaladas, se utiliza también en platos de carnes con sabores combinados. (42)

El tomate de árbol se puede procesar y comercializar congelado, en pulpa congelada, concentrado, jugo, conservas, mermeladas. Al momento en el país se está produciendo pulpa congelada de tomate de árbol para consumo local (Fábricas La Jugosa y María Morena). En Europa se la consume fresca, mientras que el consumidor estadounidense la prefiere preparada. (47) (25)

Industrialmente se han fabricado mermeladas por su alto contenido de pectina, néctares, jugos turbios, y conservas con resultados muy satisfactorios, las variedades gigantes ofrecen un rendimiento de 83 a 86% en pulpa, en comparación a otras frutas como la tuna, el mango y el melón que ofrecen rendimientos de 45%, 64% y 59% respectivamente. A su vez el rendimiento de su semilla es del 10%. (25)

Además posee aplicaciones medicinales. Los usos medicinales del tomate de árbol en Ecuador están relacionados con las afecciones de garganta y gripe. El fruto o las hojas, previamente calentadas o soasadas, se aplican en forma tópica contra la inflamación de amígdalas o anginas especialmente. Para la gripe, se debe consumir el fruto fresco en ayunas. Se sabe que el fruto posee alto contenido de ácido ascórbico. Otra propiedad atribuida es como remedio de problemas hepáticos. (41)

En fruto terapia el tomate de árbol es muy apreciado por la variedad de aplicaciones y excelentes resultados. El consumo de la fruta fortalece el cerebro y la memoria, contribuye a curar migrañas y cefaleas severas, a controlar la rinitis, beneficia el sistema circulatorio, y se lo prepara en jugos para programas de reducción de peso. (54)

Actualmente ha llegado a convertirse en una fruta de exportación, debido a que posee cualidades terapéuticas para problemas inflamatorios de garganta y para control de colesterol, a más de presentar características organolépticas, beneficiosas en la

alimentación humana cuando se consume como fruta fresca, en jugos, en repostería o en conservas. (55)

1.1.7. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*), es una fruta ácida de alto valor nutricional como se aprecia en la Tabla N°3, que contiene niveles altos de fibra, vitaminas A, B, C y K y es rico en minerales, especialmente calcio, hierro y fósforo; además posee niveles importantes de proteína y caroteno. También contiene una buena fuente de pectina, y es bajo en calorías. (43)

TABLA N°3. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL TOMATE DE ÁRBOL

Composición nutricional del Tomate de Árbol	Componentes en 100g de parte comestible
Humedad (%)	86.70
Calorías (cal)	40.00
Proteína (g)	2.00
Extracto etéreo (g)	0.60
Carbohidratos totales (g)	10.10
Fibra (g)	2.00
Ceniza (g)	0.60
Calcio (mg)	9.00
Fósforo (mg)	41.00
Hierro (mg)	0.90
Caroteno (mg)	0.67
Tiamina (mg)	0.10
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	1.07
Ácido ascórbico (mg)	29.00

(Instituto Nacional de Nutrición
Tabla de composición de Alimentos Ecuatorianos)

1.1.8. ÁCIDO L-ASCÓRBICO (VITAMINA C)

La vitamina C o enantiómero L del ácido ascórbico, es un nutriente esencial para los mamíferos. La presencia de esta vitamina es requerida para un cierto número de reacciones metabólicas en todos los animales y plantas y es creada internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una notable excepción (56) (65).

1.1.8.1. Estructura Química

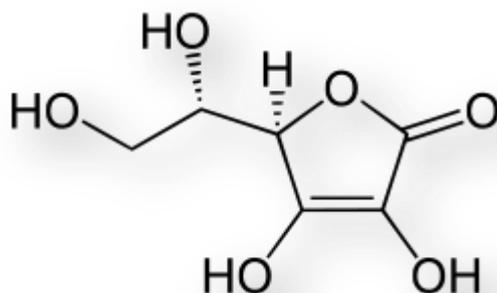


FIGURA N°1. ESTRUCTURA QUÍMICA DEL Ácido L- Ascórbico

El ácido ascórbico tiene una estructura de lactona como se aprecia en la Figura N°1. La acidez no se debe a un grupo carboxílico, sino a la posibilidad de que se ionice el hidroxilo situado sobre el carbono 3, formando un anión que queda estabilizado por resonancia.

El ácido ascórbico solamente se encuentra en concentraciones significativas en los vegetales. En muchas frutas se encuentra en concentraciones elevadas (50 mg/100g en los cítricos), pero para muchas personas el aporte principal se obtiene de verduras y hortalizas. (66)

La vitamina C es considerada un ácido orgánico y un antioxidante, hidrosoluble sensible al calor y a la oxidación. Por ello los tiempos de deshidratación deben ser cortos, las temperaturas bajas y durante el almacenamiento el contenido en agua, y la concentración de oxígeno deben también mantenerse bajos para evitar posibles pérdidas que de lo contrario podrían llegar a ser importantes. (27)

1.1.8.2. Características

La vitamina C es soluble en agua, por lo que suele eliminarse en el agua de cocción. Se oxida con facilidad en solución, en especial cuando se expone al calor. La oxidación puede acelerarse por la presencia de hierro, cobre o pH alcalino. (28)

1.1.9. CAROTENOS

Se denomina caroteno al compuesto químico llamado más específicamente β -caroteno. Este es el carotenoide más abundante en la naturaleza y el más importante para la dieta humana, por lo que da su nombre a todo un grupo de compuestos bioquímicos (31) (7).

1.1.9.1. Estructura Química

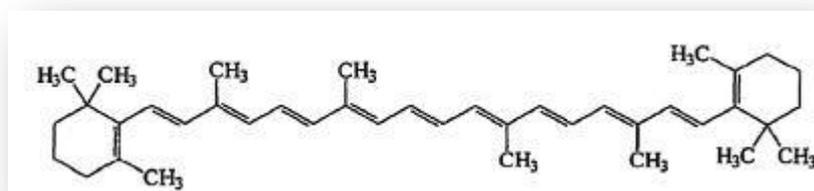


FIGURA N°2. ESTRUCTURA DE β -caroteno

Químicamente los carotenoides son terpenoides como se puede apreciar en la Figura N°2, formados básicamente por ocho unidades de isopreno, de tal forma que la unión de cada unidad se invierte en el centro de la molécula. En los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. El oxígeno puede estar presente como grupo hidroxilo, metoxilo, epoxi, carboxilo o carbonilo. Los dobles enlaces conjugados presentes en los carotenoides son los responsables de la intensa coloración de los alimentos que contienen estos pigmentos. Así, por ejemplo, los colores naranja de la zanahoria y rojo del tomate, se deben a la presencia de β -caroteno. (44)

1.1.9.2. Características

Los carotenos son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados. Están presentes en todos los tejidos fotosintéticos, junto con las clorofilas, así como en tejidos vegetales no fotosintéticos, como componentes de cromoplastos, que pueden ser considerados como cloroplastos degenerados (33) (13).

Los carotenoides, cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disolución en aceites o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. No todos los tipos de cocinado afectan en la misma medida a los carotenoides, de forma que la pérdida de estos pigmentos aumenta en el siguiente orden: cocinado con microondas < cocinado al vapor < hervido < salteado. (18)

Los carotenoides, son insolubles en agua y por lo tanto las pérdidas por lixiviación durante el lavado y procesamiento de frutos son mínimas. El escaldado industrial de los alimentos puede producir pérdidas de carotenoides, si bien la inactivación enzimática que produce previene pérdidas posteriores durante el procesado y almacenamiento. En

cambio, la congelación, la adición de antioxidantes y la exclusión del oxígeno (vacío, envases impermeables al oxígeno, atmósfera inerte) disminuyen las pérdidas durante el procesado y almacenamiento de los alimentos. (32)

1.1.9.3. Carotenos en el Tomate de Árbol

Los principales carotenos presentes en el tomate de árbol son criptoxantina (6,8-12,3 y 9,8-18,2 $\mu\text{g-g}$ peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente) y β -caroteno (6,2-12,8 y 4,9-11,8 μg peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente). El valor del fruto como aportador de pro-vitamina A proviene principalmente de estos dos carotenos (46).

Los frutos de tomate de árbol presentan mayor concentración de β -caroteno (7,8 versus 5,6 $\mu\text{g-g}$ parte comestible) (34).

1.2. DESHIDRATACIÓN

1.2.1. DEFINICIÓN

La deshidratación es un método de conservación de los alimentos que consiste en reducir a menos del 13% su contenido de agua. Cabe diferenciar entre secado, método tradicional próximo a la desecación natural (frutos secados al sol, por ejemplo) y deshidratación propiamente dicha, una técnica artificial basada en la exposición a una corriente de aire caliente (36) (39).

El secado o deshidratación es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración (8) (11).

1.2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO

El secado es una operación importante en industrias alimenticias de transformación, la razón por la que se aplica puede ser: facilita el manejo posterior del producto, permite el empleo satisfactorio del mismo, reduce el costo del embarque, conservación el producto en función del tiempo, permite que el producto tenga una mayor estabilidad, permite que las materias primas tengan las características deseadas, para la elaboración de un producto (3) (6).

La pérdida de agua en los alimentos presenta las siguientes ventajas y desventajas:

1.2.2.1. Ventajas

- Reduce el número de microorganismos
- Los microorganismos que quedan presentes no son patógenos
- Se aumenta la vida útil en comparación con el alimento en estado fresco
- Se minimiza los costos relativos al transporte

1.2.2.2. Desventajas

- La coloración generalmente se afecta de manera negativa
- El alimento tratado tiende a ganar humedad en ambientes con humedad relativa alta
- Cuando se rehidratan, algunos no logra asemejarse al alimento original

1.2.3. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LOS ALIMENTOS

Los principales efectos se tornan en base a lo siguiente:

1.2.3.1. Textura

Principal causa de alteración de la calidad de los alimentos deshidratados. Se producen tensiones internas que producen roturas y distorsiones permanentes en las células. La superficie del alimento adquiere un aspecto arrugado y se produce endurecimiento superficial (40).

1.2.3.2. Redistribución de solutos

A medida que el agua se va eliminando los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento.

1.2.3.3. Agua ligada

El agua sale libremente de una superficie cuando su presión de vapor es mayor que la presión de vapor de la atmósfera que está sobre ella. Pero cuando un producto se deseca y su agua libre se elimina progresivamente, la presión de vapor de la unidad del área del producto desciende. Esto se debe a que es menor el agua que queda por unidad de volumen y por unidad de área, y también porque parte del agua es retenida o ligada por fuerzas químicas y físicas a los constituyentes sólidos del alimento. (40)

El agua libre se elimina más fácilmente y es la primera en evaporarse. El resto retenido débilmente por fuerzas de adsorción a los sólidos del alimento. El agua que forma los geles coloides, como cuando hay almidón, pectinas o gomas, es más difícil de eliminar.

1.2.3.4. Pérdida de aroma por evaporación de compuestos volátiles

También por oxidación de pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento (baja actividad del agua). Por ejemplo, en la leche en polvo la oxidación de lípidos da lugar a un aroma a rancio (δ -lactosas). La oxidación durante el almacenamiento puede reducirse mediante el almacenamiento a baja temperatura, preservando los antioxidantes naturales del alimento y/o adicionando antioxidantes sintéticos (por ejemplo, ácido ascórbico o ácido cítrico en las frutas). (4)

1.2.3.5. Cambio de color

Puede darse por oxidación de carotenos, vitaminas y lípidos.

1.2.3.6. Valor nutritivo

Los cambios se deben al pre-tratamiento empleado, a la temperatura del proceso de deshidratación y a las condiciones de almacenamiento. (5)

1.3. REHIDRATACIÓN

1.3.1. DEFINICIÓN Y OBJETIVO

Algunos alimentos deshidratados enteros, en trozos o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Es por ello que el estudio de la transferencia de materia ocurrida durante el fenómeno de rehidratación es importante, por ejemplo para el caso de la leche en polvo, ésta no solo debe disolverse rápidamente, sino que también se debe formar una solución uniforme de características lo más parecida posible a la leche fresca.(58)

Es importante considerar que la rehidratación no es el proceso inverso a la deshidratación, ya que ambos fenómenos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos. Las operaciones previas a la deshidratación, llamadas pretratamientos, tienen marcada influencia sobre las características y la composición del producto finalmente rehidratado. Aquellos pretratamientos que contribuyen a mantener la integridad de los tejidos permiten evitar mayores pérdidas de sólidos solubles hacia el medio de rehidratación. (58)

Varios autores proponen que la rehidratación se puede considerar como una medida del daño en el alimento ocurrido durante la deshidratación, considerándose como un complejo proceso que ayuda a restaurar las propiedades del alimento fresco, anteriormente deshidratado con o sin pretratamientos al secado. En algunos casos la velocidad de rehidratación sirve como medida de la calidad del producto deshidratado, siendo los alimentos deshidratados en condiciones óptimas, los que se deterioran menos y se rehidratan de forma normal. (29)

Los alimentos deshidratados deben en lo posible rehidratarse lo más rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. (29)

1.3.2. PROCESOS DE REHIDRATACIÓN

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua (o solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante. De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos. (58)

En el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial. Las variables operacionales del secado (temperatura, velocidad de aire, humedad relativa y tiempo) afectan significativamente la calidad final del producto rehidratado, por lo que es común utilizar índices numéricos para observar este efecto, entre estos indicadores destacan la capacidad de rehidratación (ecuación 1) y la capacidad de retención de agua (ecuación 2), que tienen que ver con la estructura, el tejido y la capacidad de mantener el agua absorbida por el alimento. (58)

$$CR = \frac{\text{contenido de agua absorbida}}{\text{masa de la muestra deshidratada}} \quad (\text{ecuación 1})$$

$$CRA = \frac{\text{contenido de agua retenida}}{\text{materia seca de la muestra deshidratada}} \quad (\text{ecuación 2})$$

1.3.2.1. Capacidad de Retención de Agua y Capacidad de Rehidratación

CRA (capacidad de retención de agua) es la medida de la cantidad de líquido que puede quedar atrapado en una red, sin que exista exudación o sinéresis. (2)

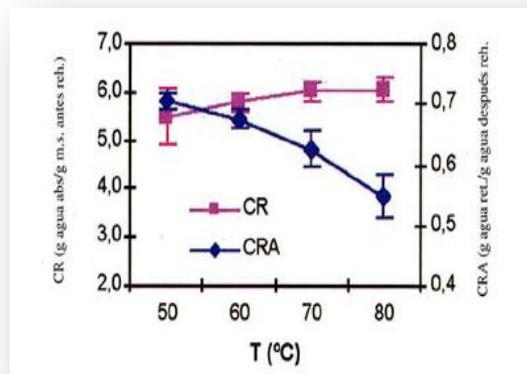


FIGURA N°. 3 INTERACCIÓN ENTRE LA CR Y CRA

La figura N°3 muestra la interacción entre la capacidad de rehidratación (CR) y la capacidad de retención de agua (CRA), donde se demuestra que a medida que aumenta la temperatura de secado se produce el mayor daño de los tejidos vegetales (membrana y pared celular), lo que implica en una mayor capacidad de rehidratación y una menor capacidad de retención de agua, es decir, que los tejidos al estar más dañados son capaces de absorber más agua pero no pueden retenerla. (64)

1.3.3. MEDIOS DE REHIDRATACIÓN

Dentro de los medios de rehidratación más utilizados en alimentos se encuentran, la inmersión en agua como la más simple, en soluciones azucaradas (glucosa, sacarosa, trehalosa), leche, yogur, jugos de frutas y verduras, entre otras, donde los períodos de inmersión, deben ser breves, y estos medios de rehidratación ayuden a conseguir un producto de características similares al producto fresco. (29)

Las características de calidad de un alimento rehidratado se mejoran aplicando pretratamientos antes del proceso de secado, por ejemplo inmersión en soluciones azucaradas, salinas (con NaCl) o ácidas (con ácido cítrico o ascórbico), entre otras. (29)

1.3.4. FACTORES INFLUYENTES EN EL PROCESO

Dentro de los factores que influyen en los mecanismos de transferencia de materia ocurridos durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores propios del proceso de deshidratación (pretratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado, almacenamiento) y las condiciones de rehidratación a utilizar. (29)

1.3.4.1. Factores Extrínsecos

- Pretratamiento al secado: todo pretratamiento de secado tiene cierta influencia sobre el producto deshidratado en el proceso posterior de rehidratación. Estos pretratamientos se pueden citar de acuerdo a tratamientos químicos con compuestos inorgánicos o no químicos.
- Método de secado: los diferentes tipos o sistemas de secado son la principal causa que pudiese afectar la rehidratación del producto deshidratado. También se pueden hacer combinaciones de los sistemas de secado, por ejemplo aire caliente con microondas, irradiación previa o al mismo tiempo; igualmente se debe considerar el tipo de secado que menor daño provoque a la estructura del producto, y sobre sus propiedades sensoriales y nutricionales.
- Temperatura y velocidad de secado: se ha observado que altas temperatura de secado implican un menor tiempo de rehidratación, pero los índices de calidad del producto final presentan cambios muy variables con respecto al producto fresco, como son la textura y el color, dejando ver que la temperatura de secado es uno de los principales factores que influyen sobre la calidad del producto rehidratado.

1.3.4.2. Factores Intrínsecos

- Líquido de rehidratación: los alimentos deshidratados generalmente se rehidratan con agua, pero en algunos procesos se utilizan medios de rehidratación tales como leche, yogur, disoluciones azucaradas o salinas, entre otros. La velocidad de rehidratación es mayor en un medio como el agua, en cambio es menor por ejemplo en soluciones azucaradas, leche o yogurt, debido a la elevada viscosidad que presentan éstas, sin embargo, estas últimas pueden transportar sólidos de importancia nutritiva al producto como vitaminas, proteínas, minerales, entre otros.
- La temperatura de la solución de rehidratación: Un alimento deshidratado a una temperatura constante, y luego rehidratado a diferentes temperaturas en un medio rehidratante, aumenta su contenido de humedad de equilibrio cuanto mayor sea la temperatura de rehidratación.
- Agitación durante la rehidratación: la generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentando la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia.
- Características del producto: antes de aplicar rehidratación a alimentos deshidratados, se deben conocer las características del alimento en su estado fresco y deshidratado, ya que las propiedades físico-químicas, mecánicas, sensoriales y nutricionales, cambian considerablemente de un producto fresco a deshidratado.

1.3.5. DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LOS ALIMENTOS

El término contenido de agua de un alimento se refiere, en general, a toda el agua de manera global. Sin embargo, en los tejidos animal y vegetal, el agua no está uniformemente distribuida por muchas razones. (24)

El citoplasma celular presenta un alto porcentaje de polipéptidos capaces de retener más agua que los organelos que carecen de macromoléculas hidrófilas semejantes. Esta situación de heterogeneidad de la distribución del agua también se presenta en productos procesados debido a que sus componentes se encuentran en distintas formas de dispersión; por estas razones, en los alimentos existen diferentes estados energéticos en los que se encuentra el agua; es decir, no toda el agua de un producto tiene las mismas propiedades fisicoquímicas. (2)

El agua ligada y agua libre, hace referencia a la forma y al estado energético que dicho líquido guarda en un alimento. El agua libre es también llamada agua congelable y agua capilar, es la que se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento, se congela primero y es la principal responsable de la actividad del agua. (2)

La relación de concentraciones entre la “libre” y la “ligada” se incrementa en la medida que el producto contiene más agua, mientras que en los deshidratados, dicha relación se reduce considerablemente. Algunos investigadores consideran que el “agua ligada” está fuertemente unida al alimento por medio de puentes de hidrógeno, pero por otros establecen que dicha agua solo esta físicamente atrapada en una matriz muy viscosa que no permite su movilidad y difusión, por tanto, no está disponible. (2)

No hay agua completamente libre debido a que también está unida a otras moléculas de su misma especie o con otros constituyentes que la estabilizan y retienen en el alimento; no es libre puesto que no se libera del alimento, cuando este se somete a esfuerzos mecánicos ligeros y no fluye. (2)

Estos conceptos se relacionan con la capacidad de retención de agua de diversas proteínas y polisacáridos, que de forma natural integran tejidos y que por su hidratación

le proporcionan frescura a los alimentos; además, por esta misma razón, dichos polímeros se emplean como aditivos en la industria alimentaria. (2)

1.3.6. EFECTO DE LA REHIDRATACIÓN SOBRE LOS ALIMENTOS



FIGURA N° 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TRANSFERENCIA DE MATERIA OCURRIDA DURANTE LA REHIDRATACIÓN DE UN ALIMENTO DESHIDRATADO

La deshidratación mejora las características finales del producto rehidratado, como son la textura, retención de color y aroma, aumento de la viscosidad, disminución de la actividad de agua (a_w), reducción de tiempos de proceso, entre otros. (49)

En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura característica de la materia prima original (Fig N°3). El grado de contracción experimentado varía mucho de unos alimentos a otros. (9)

El color visual o superficial de los alimentos representa un parámetro de calidad muy importante y está dentro de las propiedades ópticas a evaluar en productos rehidratados.(9)

Durante la rehidratación de los tejidos vegetales no sólo ocurre la absorción de agua sino también, simultáneamente, ocurren pérdidas de solutos (azúcares, ácidos, minerales y vitaminas), debido a que el daño en la estructura celular y la pérdida de turgencia sufridas

durante la deshidratación dejan al material permeable a los solutos y, por lo tanto, durante la rehidratación cantidades significativas de solutos pueden ser eliminados en el medio de rehidratación. (37)

1.3.7. PROCEDIMIENTOS QUE MEJORAN LA REHIDRATABILIDAD

1.3.7.1. Humectabilidad

Es la capacidad de las partículas para absorber agua en su superficie e iniciar la rehidratación. Depende del tamaño de las partículas: si son excesivamente pequeñas, forman grumos y no se humedecen individualmente. La grasa también disminuye la humectabilidad. Este efecto se puede paliar con productos emulsionantes. (60)

1.3.7.2. Sumergibilidad

Se trata de la capacidad de la partícula para hundirse en el agua. Los mejores resultados se obtienen con las partículas más grandes y densas. (60)

1.3.7.3. Dispersabilidad

Es la facilidad con la que las partículas se distribuyan de forma individual en la superficie o el espesor del agua. (60)

1.3.7.4. Solubilidad

Es la velocidad y el grado de disolución de las partículas en el agua. Depende de su composición química y de su estado físico. Algunos productos que se presentan en forma de polvo (como la leche o café), para que tengan buenas características de reconstitución, se someten a un proceso de “instantaneización” antes del secado final. En otros casos, se recomienda emplear agua caliente o ligeramente salada. (60)

1.3.8. PROPIEDADES DE CALIDAD

Las propiedades de calidad más importantes a tener en cuenta en un alimento rehidratado son: (64)

- Estructurales como la densidad, la porosidad o el tamaño
- Ópticas como el color y la apariencia
- Sensoriales como el aroma, el sabor
- Nutricionales como el contenido de vitaminas, proteínas o azúcares.

Las características de calidad de un alimento rehidratado se mejoran aplicando pretratamientos antes del proceso de secado, por ejemplo inmersión en soluciones azucaradas, salinas (con NaCl) o ácidas (con ácido cítrico o ascórbico), entre otras. (57)

1.4. ANÁLISIS PROXIMAL

Entendemos por Análisis Básico (proximal), la determinación conjunta de un grupo de sustancias estrechamente emparentadas. Comprende la determinación del contenido de agua, proteína, grasa (extracto etéreo), cenizas y fibra; las sustancias extractibles no nitrogenadas (ELN) se determinan por cálculo restando la suma de estos 5 componentes de 100%, para subrayar que se trata de grupos de sustancias más o menos próximas y no de compuestos individuales, los analistas suelen usar el término bruta y/o cruda detrás de proteína, grasa o fibra. (16)

Como todas las determinaciones son empíricas es preciso indicar y seguir con precisión las condiciones del analista. Los resultados obtenidos en las determinaciones de cenizas y contenido de agua están muy influidos por la temperatura y el tiempo de calentamiento. Cualquier error cometidos en las determinaciones de los cinco componentes citados aumenta la cifra de las sustancias extraíbles no nitrogenadas. (16)

1.4.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

La humedad indica el contenido de agua libre del material de estudio, siendo necesaria para calcular el valor nutritivo de un producto alimenticio y para expresar los resultados de las determinaciones analíticas en una base uniforme. (17)

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas (Comité de Normas alimentarias, 1979), pero su determinación precisa es muy difícil.

El agua existe en los alimentos al menos en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento, sino que está presente en los espacios intergranulares y dentro de los poros del material, y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contienen proporciones variables de ambas formas. (15)(19)

En la mayoría de las industrias alimentarias, la humedad se suele determinar a diario. Los niveles máximos se señalan frecuentemente en las especificaciones comerciales. (16)

1.4.2. DETERMINACIÓN DE CENIZA

El concepto de residuo de incineración o cenizas se refiere al residuo inorgánico que queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un

alimento en condiciones determinadas. Una vez que se eliminan otras impurezas posibles y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde con el contenido de minerales del alimento. (17)

La ceniza puede estar compuesta de óxidos, sales que contienen aniones como fosfatos, cloruros, sulfatos y otros halógenos y cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, etc. (16)

La determinación de cenizas es importante porque:

- Nos da el porcentaje de minerales presentes en el alimento.
- Permite establecer la calidad comercial o tipo de harina.
- Da a conocer adulteraciones en alimentos, en donde se ha adicionado sal, talco, yeso, cal, carbonatos alcalinos, etc, como conservadores, material de carga, auxiliares ilegales de la coagulación de la leche para quesos, neutralizantes de la leche que empieza a acidificarse, respectivamente.
- Establece el grado de limpieza de materias primas vegetales (exceso de arena, arcilla).
- Sirve para caracterizar y evaluar la calidad de alimentos. (17)

1.4.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Hasta hace poco, el contenido total de proteínas en los alimentos se determinaba a partir del contenido de nitrógeno orgánico determinado por el método Kjeldahl. En la actualidad, existen varios métodos alternativos físicos y químicos, algunos de los cuales han sido automatizados o semi automatizados. (17)

El método Kjeldahl, sigue siendo la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico. (17)

Involucra la oxidación húmeda de la materia orgánica con H_2SO_4 concentrado y la conversión de nitrógeno reducido presente a sulfato de amonio. Posteriormente se descompone el sulfato de amonio por alcalinización con NaOH y se destila el amoníaco liberado captándolo en solución de ácido bórico. Finalmente se valora el NH_3 . (62)

1.4.4. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO O GRASA BRUTA

Los diversos métodos disponibles permiten determinar como grasa todo el material soluble en éter, incluyendo: fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, pigmentos carotenoides, clorofila, etc.; además de la grasa propiamente dicha. Por esta razón, los resultados de este análisis se informan frecuentemente como grasa cruda o extracto etéreo. (62)

Los métodos a usar pueden agruparse en dos clases:

1. Métodos directos de extracción.
2. Métodos de extracción con ataque previo. (62)

El primer grupo comprende los procedimientos de remoción de las grasas y sustancias solubles en ellas a partir del material desecado, mediante el uso de un solvente anhidro.

En el segundo caso se realiza un ataque ácido o alcalino previo a la extracción. No es necesario un secado previo de la muestra a analizar. (17)

1.4.5. DETERMINACIÓN DE FIBRA

El AOAC define a la fibra cruda como “la porción que se pierde tras la incineración del residuo seco obtenido después de digestión ácida-alcalina de la muestra seca y desengrasada en condiciones específicas”. La fibra contribuye a la textura rígida, dura y a la sensación de fibrosidad de los alimentos vegetales. (48)

La fibra cruda o bruta representa la parte fibrosa e indigerible de los alimentos vegetales, químicamente está constituida por compuestos poliméricos fibrosos carbohidratados (celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas, mucílagos) y no carbohidratados (lignina, polímero del fenilpropano). El organismo humano carece de sistemas enzimáticos que degraden estos polímeros y por ello aparecen inalterados en el intestino grueso (colon) y ejercen una acción reguladora del peristaltismo y facilitan la evacuación de las heces fecales. (48)

1.5. ANÁLISIS COMPLEMENTARIO

El análisis complementario corresponde a pruebas o determinaciones sensoriales, físicas y químicas que deben realizarse en un alimento, dependiendo del objetivo y alcance del análisis para establecer su calidad, valor nutritivo e inocuidad garantizando la salud y economía del consumidor. (48)

El análisis complementario comprende la caracterización de los carbohidratos (azúcares totales, reductores y no reductores), acidez total, vitaminas (Vitamina C) y minerales.(48)

1.5.1. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

La mayoría de las sustancias denominadas azúcares son mono, di y oligosacáridos. Existe una gran variedad de métodos para su determinación que se basan en distintos principios. La sensibilidad de cada método depende entre otras cosas de la composición de la muestra, de su estado físico y es muy variable. (16)

Los métodos más usuales son:

- Cromatográficos
- Polarimétricos
- Refractométricos
- Enzimáticos
- Químicos de oxidación del grupo aldehído/ceto en disolución alcalina
- Fotométricos tras su conversión en compuestos colorados. (16)

1.5.2. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

La acidez titulable de los alimentos es un parámetro de gran importancia analítica ya que nos da información sobre el estado de conservación y/o alteración de los alimentos. También nos permite conocer la acidez normal del alimento, la que se expresa en función del ácido representativo. (17)

La acidez total se define como la suma de los ácidos en estado libre que existen en el producto y que sean valorables, cuando se realiza la neutralización hasta $\text{pH}=7.0$, por adición de una disolución alcalina. Los ácidos que se valoran son de naturaleza orgánica, siendo los principales:

- Ácido tartárico
- Ácido málico.
- Ácido láctico
- Ácido cítrico.

- Ácido succínico.

1.5.3. pH

El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. (15)

Se puede determinar colorimétricamente mediante los indicadores adecuados, pero, para su mayor exactitud, se ha de recurrir a métodos eléctricos mediante el uso de pH-metros.(21)

1.5.4. MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

Son los métodos en el que los componentes de una mezcla se van repartiendo de forma diferenciada entre dos fases: una móvil y otra estacionaria. (60) (38)

- La fase móvil puede ser un gas (cromatografía de gases) o un líquido (cromatografía líquida)
- La fase estacionaria generalmente un líquido, que recubre la superficie de partículas sólidas, o en ocasiones el mismo sólido.

La cromatografía es un método de separación con alta resolución que permite la identificación y cuantificación de los componentes de una mezcla. Los procesos de retención se deben a continuas adsorciones y desorciones de los componentes de la muestra a lo largo de la fase estacionaria. (38)

Los más importantes tipos de cromatografía son:

- Cromatografía en columna: que puede ser líquida o de gases.

- Cromatografía líquida (HPLC).
- Cromatografía de gases.
- Cromatografía en papel.
- Cromatografía en capa fina.

1.6. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis o evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características de un alimento como son su sabor, olor, color y textura, por lo que el resultado de este complejo de sensaciones captadas e interpretadas son usadas para medir la calidad de los alimentos. (35)

Asegurar la calidad de los productos, su inocuidad y ganar la confianza del consumidor son algunos de los principales objetivos de la industria alimentaria. Por tanto, es importante tanto la determinación de su calidad tecnológica a base de análisis físicos, químicos y microbiológicos como su calidad estética mediante la apreciación de sus caracteres organolépticos. (26) (63)

El análisis sensorial es un auxiliar de suma importancia para el control y mejora de la calidad de los alimentos ya que a diferencia del análisis físico-químico o microbiológico, que solo dan una información parcial acerca de alguna de sus propiedades, permite hacerse una idea global del producto de forma rápida, informando llegando el caso, de un aspecto de importancia capital: su grado de aceptación o rechazo. (26)

1.6.1. ATRIBUTOS SENSORIALES

1.6.1.1. Gusto y Sabor

Se entiende por gusto a la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo. El resto de las sensaciones gustativas proviene de mezclas de estas cuatro, en diferentes proporciones que causan variadas interacciones. (26)

Se define *sabor* como la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión y los cutáneos de calor, frío y dolor.

El sabor (dulce, amargo, ácido) no suele quedar afectado por los procesos de elaboración, excepto los provocados por: la respiración metabólica de los alimentos frescos y los cambios de acidez y dulzor producidos durante las fermentaciones. (26)

1.6.1.2. Aroma y olor

El olfato es el sentido más complejo a los efectos de un estudio, para la degustación. Para producir olores, las sustancias volátiles deben ser solubles en la mucosa del bulbo olfativo. La nariz es sólo un conducto, no es el órgano olfativo. Hay percepción de olores por vía nasal directa y vía nasal indirecta y precisamente el olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. (1)

Olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. Aroma es la fragancia del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato. El sentido del olfato es un órgano versátil, con gran poder de discriminación y sensibilidad, capaz de distinguir unos 2000 a 4000 olores diferentes. (26)

En la fruta y verdura los cambios se deben a: degradación, recombinación o volatilización de: aldehídos, cetonas, azúcares, lactonas, aminoácidos y ácidos orgánicos.

1.6.1.3. Color y Apariencia

El sentido de la vista permite detectar la apariencia, forma, color, transparencia etc. El color observado en un alimento depende de la composición espectral de la fuente luminosa, de las características físicas y químicas su naturaleza de la iluminación base y la sensibilidad espectral del ojo.

El sentido de la visión es estimulado por impresiones luminosas o radiantes que pueden provenir de grandes distancias, éstas pasan por las lentes de los ojos y son enfocadas como imágenes en la retina. (30)

La visión es de importancia fundamental para la evaluación de aspecto y color. El color adquiere importancia como índice de madurez y/o deterioro, por lo que constituye un parámetro de calidad. El consumidor espera un color determinado para cada alimento, cualquier desviación de este color puede producir disminución de la demanda, además es importante para la sensación gustativa y olfativa; también es conocido que el ojo enseña a la mano, para la sensación táctil. (26)

Se puede afirmar que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia: aspecto, tamaño, color, forma, defectos, etc. (26)

1.6.1.4. Textura

Es la propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. La textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado; es decir, por medio del tacto podemos decir, por ejemplo si el alimento está duro o blando al hacer presión sobre él. Al morderse una fruta, más atributos de textura empezarán a manifestarse como el crujido, detectado por el oído y al masticarse, el contacto de la parte interna con las mejillas, así como con la lengua, las encías y el paladar nos permitirán decir de la fruta si presenta fibrosidad, granulosidad, etc. (59)

La textura queda determinada por el contenido y proporción en: agua, grasa, proteínas e hidratos de carbono (celulosa, almidones, pectina). (26)

1.6.2. MÉTODOS PARA DETECTAR DIFERENCIAS EN EVALUACIÓN SENSORIAL

Los tests que se usan en este grupo miden las diferencias existentes entre las muestras y son el acercamiento más próximo al análisis de alimentos. (59)

Las diferencias que captamos en las características sensoriales de los alimentos pueden provenir de diferentes causas: variedades genéticas, métodos y procesos diferentes de fabricación, tipos de material de empaque y condiciones de almacenamiento. Una aplicación frecuente de los tests de diferencia es como herramienta del Control de Calidad, para determinar factores que influyen en la uniformidad de la calidad del producto. (59)

Son métodos por excelencia objetivos, y analizables estadísticamente. Su limitación está en que requiere que las muestras sean homogéneas y que las diferencias entre ellas sean pequeñas. El panel que requiere está constituido por pocos jueces, entrenados, que hacen varias repeticiones de la degustación. (59)

Los resultados se analizan estadísticamente en base a docimasia de hipótesis, o sea, planteando la "hipótesis nula" (H_0) y la "hipótesis alternativa" (H_1). Es decir, se plantea en H_0 que las muestras no difieren entre sí, o lo que es lo mismo, que no se detectan diferencias. (59)

Cuando no se detecta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos o muestras, no se necesita seguir evaluando. Cuando por el contrario se detectan diferencias significativas, se puede continuar evaluando con métodos cuantitativos, con el fin de cuantificar la magnitud de la diferencia, o con un test analítico para establecer la naturaleza de la diferencia. (59)

1.6.2.1. Test Pareado (Pair Comparison)

Este método permite detectar pequeñas diferencias entre dos muestras. Elimina el efecto de la memoria, que es fundamental en el método anterior. (59)

Puede usarse para medir: (59)

- a) Diferencias de calidad.
- b) Diferencias de una característica de calidad.

En la primera se les pregunta a los jueces si hay diferencias entre las dos muestras presentadas que conforman cada par. Se usa cuando una muestra la queremos confrontar a un estándar. Se identifica el estándar dentro de cada par y el test se plantea así: (59)

- Par 1 estándar K - muestra 1
- Par 2 estándar K - muestra 2
- Par 3 estándar K - muestra 3

Y se pregunta si las muestras son o no diferentes del estándar. Esto permite hacer estudios de posibles formulaciones que reemplacen o imiten a un producto que se considera estándar (K) y es de buena aceptación u óptimo. También permite saber si al modificar procesos o parte de ellos la calidad del producto resulta modificada. (59)

Otras veces puede que interese obtener un nuevo producto, que esperamos sea mejor que el habitual o modificamos la composición del habitual con el fin de abaratar costos y nos

interesa mantener la calidad que el consumidor ya conoce en ese producto, entonces planteamos este test en esta forma: (59)

Comenzamos presentando al juez, una bandeja con las muestras colocadas en pares

- Par 1 estándar K - muestra 1
- Par 2 estándar K - muestra 2
- Par 3 estándar K - muestra 3

La primera pregunta será si las muestras son ó no diferentes del estándar K.

Si ha detectado diferencias, continuamos preguntando ahora el grado de diferencia de cada muestra respecto del estándar. Además podemos determinar a qué se debe la diferencia (olor, sabor, olor y sabor, color, textura). (59)

1.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El conocimiento de la microbiología es la base para el manejo adecuado de los productos alimenticios. Así pues, el estudio del número y tipo de microorganismos presentes en un alimento permite: Conocer la fuente de contaminación del producto en examen. Evaluar las condiciones higiénicas de trabajo en las que se procesan o preparan los alimentos.(10)

El análisis microbiológico de alimentos es una inspección que permite valorar el número y tipo de microorganismos presentes en los alimentos con la finalidad de verificar que cumpla con la calidad higiénico-sanitaria (que esté libre de microorganismos patógenos que causen problemas de salud en el consumidor) y con la Calidad Comercial (que esté libre de microorganismos alterantes, haciéndolo no comestible, aunque no sean patógenos). (61)

1.7.1. MOHOS Y LEVADURAS

Existen varias especies de hongos (mohos y levaduras) que contaminan los alimentos. Su capacidad para atacar varios alimentos se explica por sus requerimientos ambientales tan versátiles. Aunque mohos y levaduras son aerobios obligados su rango de pH es muy amplio de 2 a 9, igual su rango de temperatura (10-35°C)

Las levaduras y los mohos crecen más lentamente que las bacterias en los alimentos no ácidos que conservan humedad y por ello pocas veces determinan problemas en tales alimentos. Sin embargo, en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, crecen con mayor rapidez que las bacterias, son importantes organismos alteradores de frutas fresca, jugos de frutas, vegetales, quesos, cereales y derivados, alimentos salazonados, encurtidos, alimentos congelados, alimentos deshidratados almacenados bajo condiciones inadecuadas. (22)

Las levaduras crecen más rápidamente que los mohos, pero con frecuencia junto a ellos.(18)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

- Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias ESPOCH.
- Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias ESPOCH.
- Laboratorio de Instrumental de la Facultad de Ciencias ESPOCH.
- Laboratorio de Microbiología Aplicada de la Facultad de Ciencias ESPOCH.
- Laboratorio de Histopatología SOLCA.

2.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.2.1. MATERIAL VEGETAL

Tomate de Árbol (*Solanum betaceum cav*) variedad Anaranjado Gigante proveniente de El Triunfo Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.

2.2.2. MATERIALES

- Acrodiscos de membrana
- Balones aforados (10mL, 25mL, 100mL, 250mL, 500mL, 1000mL)
- Balones esmerilados (250mL)
- Bureta (50mL)
- Guantes de nitrilo
- Láminas petrifilm 3M
- Mangueras
- Mascarilla
- Micropipetas
- Parafilm
- Puntas para micropipetas
- Cápsulas de porcelana
- Crisoles de Gooch
- Desecador
- Embudo buchner
- Embudo de filtración
- Embudo de separación, 500 mL
- Erlenmeyer 250mL
- Espátula
- Jeringa
- Gasa
- Kitasato
- Lana de vidrio
- Mortero y pistilo
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Pinzas para cápsula
- Pipetas volumétricas (1mL)
- Pipetas graduadas (5mL, 10mL)
- Písetas
- Probeta graduada
- Vidrio reloj
- Viales de vidrio
- Soporte universal
- Toallas absorbentes
- Varilla de vidrio
- Vasos de precipitación (150mL, 250mL, 500mL)

2.2.3. EQUIPOS

- Balanza
- Balanza analítica
- Baño ultrasonido
- Bomba de vacío
- Sorbona
- Cámara fotográfica
- Estufa de aire caliente
- Equipo de Filtración
- Equipo de Soxhlet
- Equipo de digestión y destilación micro Kjeldhal
- Espectrofotómetro UV-VIS

- Cámara de flujo laminar
- Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC-SHIMADZU)
- Computador
- Cronómetro
- Estufa
- Licuadora
- Mufla
- pH metro
- Rotavapor
- Refrigerador
- Reverbero

2.2.4. REACTIVOS

- Acetona
- Acetonitrilo
- Ácido Fosfórico 0,05M (H_3PO_4)
- Ácido Clorhídrico N/10 (HCl)
- Ácido Sulfúrico 1,25% (H_2SO_4)
- Ácido Sulfúrico p.a (H_2SO_4)
- Ácido Bórico 4% (H_3BO_3)
- Agua destilada
- Agua bidestilada
- Anaranjado de metilo
- Azul de bromocresol
- Azul de metileno
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína
- Hexano
- Metanol
- Sulfato de potasio (K_2SO_4)
- Sulfato cúprico pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5 H_2O$)
- Dióxido de selenio (SeO_2)
- Rojo de metilo
- Sodio Hidróxido 40%, 50% (NaOH)
- Sulfato de sodio (Na_2SO_4)
- Solución de Fehling A y B
- Solución de Carrez I y II
- Tiosulfato de Sodio 5% ($Na_2S_2O_3$)
- Verde de bromo cresol

2.2.5. MEDIO DE CULTIVO

- Placas petrifilm 3M

2.3. MÉTODOS

2.3.1. FASE EXPERIMENTAL

2.3.1.1. Análisis físico del Tomate de Árbol variedad Anaranjado Gigante:

- Determinación de pH NTE INEN 389: Método Potenciométrico
- Peso: Método Gravimétrico
- Determinación de °Brix
- Determinación de Acidez titulable
- Determinación del Índice de Maduración

2.3.1.1.1. DETERMINACIÓN DE pH NTE INEN 389

PRINCIPIO

Determina la concentración de ion hidrógeno presente en la muestra.

PROCEDIMIENTO

- Si la muestra corresponde a productos densos o heterogéneos, homogeneizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) con agitación.
- Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10g la muestra preparada, añadir 100mL de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitarla suavemente.
- Si existen partículas en suspensión, dejar en reposos el recipiente para que el líquido se decante.

- Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro, en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente, ni las partículas sólidas.

2.3.1.1.2. DETERMINACIÓN DE °BRIX

PRINCIPIO

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en la solución. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20 °C.

PROCEDIMIENTO

Colocar una gota de la solución en el refractómetro, y observar. Se ve una escala y un lugar donde existe un cambio de color o una división con una línea horizontal, el lugar donde cambia el color es el sitio de lectura e indica el total de grado brix de la muestra.

2.3.1.1.3. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE

PRINCIPIO

La determinación se basa en una reacción ácido-base, para la cual la muestra se coloca en una solución acuosa y se titula con una solución de NaOH N/10 en presencia de indicador fenoltaleína. Cuando la muestra es coloreada se titula potenciométricamente hasta pH 8,4.

PROCEDIMIENTO

Productos sólidos:

- Se fracciona en partes pequeñas la muestra, si es necesario, limpiar la muestra de tallos, semillas y otros cuerpos extraños.
- Se tritura la muestra en el mortero y se pesa una cantidad (previamente realizada su desmuestra) comprendida entre 1-3 gramos.
- La muestra se transfiere a un balón volumétrico y se afora a 100mL.
- Después de filtrar, se toma dos alícuotas: un blanco y la muestra a titular.
- La muestra se titula con NaOH N/10 en presencia de solución indicadora de fenolftaleína hasta coloración rosa persistente (si la muestra es coloreada títule potenciométricamente hasta pH 8.4)

CÁLCULOS

La acidez titulable se determina mediante la ecuación siguiente:

Para productos sólidos:

$$A = \frac{V_1 N_1 M}{V_2}$$

Siendo:

A = g de ácido por 100g de producto

V₁ = mL de NaOH usados para la titulación de la alícuota

N₁ = normalidad de la solución de NaOH

M = peso molecular del ácido considerado como referencia

V₂ = volumen de la alícuota tomada para el análisis

2.3.1.1.4. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE MADURACIÓN

PRINCIPIO

El índice de maduración es un parámetro de calidad de la gran mayoría de frutas, dándonos así una idea de que tan buena o en qué estado se encuentra la fruta en análisis.

PROCEDIMIENTO

- Medir los ° Brix
- Calcular la acidez titulable de la fruta

CÁLCULOS

$$IM = \text{°Brix} / \%A$$

2.3.1.2. Deshidratación del Tomate de Árbol variedad anaranjado gigante.

Los frutos de tomate de árbol, variedad anaranjado gigante, se obtuvieron del Triunfo Cantón Patate, Provincia de Tungurahua. Se tomaron para la deshidratación aquellos que tenían, madurez homogénea, sin daño aparente y presentaron un peso promedio de 112,59g.

El transporte al laboratorio se efectuó en cajas de madera propias para la fruta. Se lavaron con agua corriente, con la finalidad de eliminar impurezas o contaminantes, posteriormente se secaron con toallas absorbentes, y se retiró su pericarpio. Luego se procesaron con el objetivo de someterles al proceso de deshidratación, para ello se empleó una estufa de aire caliente con bandejas. Una vez lavados, secados y sin

pericarpios, fueron colocados en rodajas de 5 mm de espesor en las bandejas a 70°C pues ésta fue la establecida como óptima (MONAR, E. 2010).

2.3.1.3. Rehidratación del Tomate de Árbol variedad anaranjado gigante Deshidratado.

PRINCIPIO

La rehidratación es un proceso que va dirigido a restaurar las propiedades de la materia prima al poner al producto deshidratado en contacto con una fase líquida. Si bien el medio de rehidratación más habitual es el agua, también pueden emplearse otros medios tales como disoluciones azucaradas con diferentes composiciones y concentraciones a fin de obtener productos con distintas propiedades funcionales. Es importante tener en cuenta que durante la rehidratación de los tejidos vegetales no sólo ocurre la absorción de agua sino también, simultáneamente, ocurren pérdidas de solutos (azúcares, ácidos, minerales y vitaminas), debido a que el daño en la estructura celular y la pérdida de turgencia sufridas durante la deshidratación dejan al material permeable a los solutos y, por lo tanto, durante la rehidratación cantidades significativas de solutos pueden ser eliminados en el medio de rehidratación.

2.3.1.3.1. ELECCIÓN DEL MEJOR LÍQUIDO REHIDRATANTE

El proceso consiste en someter una cantidad de tomate de árbol deshidratado a los siguientes líquidos para en base a los resultados elegir el mejor:

- Agua
- Agua + glucosa
- Agua + ácido ascórbico

2.3.1.3.2. SELECCIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE REHIDRATACIÓN

Para poder elegir la temperatura se trabajó con tres temperaturas (20°C, 30°C, y 40°C) a las cuales fueron sometidas las muestras de tomate de árbol, empleando estufa con el fin de mantener la temperatura estable.

2.3.1.3.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE REHIDRATACIÓN

Mediante el proceso de selección del líquido rehidratante y de la temperatura óptima se determina a la vez el tiempo en el cual se da la mejor rehidratación.

2.3.1.3.4. CORTE HISTOLÓGICO DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO

Las muestras de tomate de árbol se sometieron a un corte transversal en micrótopo, luego se procedió a la fijación, lavado, aclaramiento, inclusión, corte, montaje y coloración con H-E (hematoxilina-eosina) y safranina.

Finalmente, se observó al microscopio las células del tomate de árbol fresco y rehidratado para establecer las diferencias.

2.3.1.3. Evaluación Sensorial

PRINCIPIO

Los test que se usan en este grupo miden las diferencias existentes entre las muestras y son el acercamiento más próximo al análisis de alimentos.

Una aplicación de los test de diferencia es como herramienta del Control de Calidad, para determinar factores que influyen en la uniformidad de la calidad del producto.

APLICACIÓN DEL TEST DE DIFERENCIAS

El test de diferencias se aplicó a un número de 25 alumnas de la Unidad Educativa “María Auxiliadora”, a las mismas que se les entregó 3 muestras de tomate de árbol rehidratado en cada medio rehidratante nominadas con las letras B, C, D frente al fresco nominado como A para que procedan a establecer las diferencias existentes entre las muestras. El test se realizó en un lapso de 25 minutos.

Además para la obtención de mejores resultados se aplicó un segundo test de diferencias que consistió en hacer un jugo con el tomate fresco y el tomate que se escogió como mejor rehidratado en el test anterior, bajo la siguiente simbología % (fresco) y \$ (rehidratado).

2.3.1.4. Análisis bromatológico del Tomate de Árbol fresco, deshidratado y rehidratado variedad Anaranjado Gigante:

2.3.1.4.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

PRINCIPIO

Método gravimétrico mediante la desecación en estufa de aire caliente a 103°C durante 24 horas.

PROCEDIMIENTO

- Pesar de 1-5 g de muestra homogenizada en una cápsula de porcelana previamente tarada.
- Desecar en estufa a 105° C por un lapso de 2 a 3 horas.
- Enfriar en desecador y pesar.

- Desecar hasta obtener peso constante.

CÁLCULOS

$$\%H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100$$

Donde:

%H = humedad

m = masa de la cápsula vacía en g

m₁ = masa de la cápsula con muestra en g

m₂ = masa de la cápsula con la muestra seca en g

2.3.1.4.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS (NTE INEN 401)

PRINCIPIO

El método general de determinación de cenizas totales involucra la oxidación de toda la materia orgánica presente en una cantidad exactamente pesada de la muestra homogénea, y la pesada posterior de las cenizas blancas resultantes.

PROCEDIMIENTO

- Se coloca la cápsula con la muestra seca resultado de la determinación del contenido de humedad en un reverbero y en sorbona, para calcinar hasta ausencia de humos.
- Se coloca la cápsula en la mufla y se incinera durante a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso (esto se obtiene al cabo de 2 a 3 h) transferirla al desecador para enfriamiento y se pesa con aproximación al 0,1 mg.

CÁLCULOS

El contenido de cenizas se determina mediante la ecuación siguiente:

$$\%C = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$$

Siendo:

%C= contenido de cenizas, en porcentaje de masa

m= masa de la cápsula vacía en g

m₁= masa de la cápsula con cenizas después de incineración en g

m₂= masa de la cápsula con muestra antes de incineración en g

2.3.1.4.3. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (MÉTODO DE MICROKJELDHAL)

PRINCIPIO

La sustancia a investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno nascente; el sulfato potásico o sódico sirve para elevar el punto de ebullición, alcanzándose temperaturas de 300-400°C durante la digestión). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza una titulación con una solución de ácido clorhídrico. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión.

PROCEDIMIENTO

- Se pesa exactamente 40 mg de muestra seca se introduce en el balón de digestión de Kjeldhal.

- Se añade: 1,5 g de K_2SO_4 o Na_2SO_4 , 40 mg de HgO, 2 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a. procurando no manchar las paredes del mismo.
- Se coloca el balón en el digestor y se calienta hasta obtener un líquido transparente.
- Se enfría el balón y su contenido, se adiciona 4 mL de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica.
- Se vierte lo anterior en el balón de destilación del equipo, adicionando otros 4 mL de agua destilada para enjuagar el balón.
- Se cierra la llave y en un vaso de precipitación de 50 mL se prepara la mezcla de 8 mL de NaOH al 40% y 2 mL de $Na_2S_2O_3$ al 5%, se abre la llave y se vierte dejando pasar lentamente al balón de destilación.
- Se recibe el destilado en un caso conteniendo 12 mL de H_3BO_3 al 4% y 8 mL de agua destilada al que se le añade 3 o 4 gotas del indicador mixto rojo de metilo y verde de bromocresol. El tubo de salida del destilador deber estar sumergido en el vaso que contiene los reactivos.
- Se destila hasta obtener 30 mL de destilado.
- Se titula el destilado con HCl N/10.

CÁLCULOS

$$\%P = \frac{1,4 \times f \times V \times N}{m}$$

En donde:

%P = contenido de proteína en porcentaje de masa

f = factor para transforma el %N2 en proteína y que es específico para cada alimento

V = volumen de HCl o H_2SO_4 N/10 empleado para titular la muestra en mL

N = normalidad del HCl

2.3.1.4.4. DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA O EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO DE SOXHLET)

PRINCIPIO

Es una extracción directa, que determina cuantitativamente el contenido graso de un alimento. El denominado contenido en grasa libre es extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico. Este método no es igualmente apropiado para todos los grupos de alimentos. Porque existen casos en los que la grasa está unida a proteínas o carbohidratos, estos lípidos enlazados requieren disolventes más polares para su extracción.

PROCEDIMIENTO

- Se pesa 2 g de muestra seca y se coloca en el dedal, luego introducirlo en la cámara de sifonación.
- En el balón previamente tarado, se adiciona 50 mL de éter etílico o éter de petróleo (se puede usar también hexano) o la cantidad adecuada dependiendo del tamaño del equipo.
- Se embona la cámara de sifonación al balón.
- Se coloca el condensador con las mangueras sobre la cámara de sifonación.
- Se enciende la parrilla, controlar la entrada y salida de agua y se extrae por 8 a 12h.
- Al terminar el tiempo, se retira el balón con el solvente más el extracto graso y se destila el solvente.
- El balón con la grasa bruta o cruda se coloca en la estufa por media hora, se enfría en desecador y se pesa.

CÁLCULOS

$$\%G (\%Ex.E) = \frac{P1-P}{m} \times 100$$

En donde:

%G= grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en porcentaje en masa

P₁ = masa del balón más la grasa cruda o bruta extraída en g

P = masa del balón de extracción vacío en g

m = masa de la muestra seca tomada para la determinación en g

2.3.1.4.5. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA: (MÉTODO DE WEENDE)

PRINCIPIO

Se basa en la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalis, agua caliente y acetona. El ácido sulfúrico hidroliza a los carbohidratos insolubles (almidón y parte de hemicelulosa), los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, el éter o acetona extraen las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo que queda es la fibra bruta.

PROCEDIMIENTO

- Se pesa 2g de muestra seca y desengrasada y se coloca en el vaso de precipitación cubierto con un vidrio reloj con núcleos de ebullición y 250 mL de ácido sulfúrico 1.25%.
- Se coloca el vaso sobre el reverbero, y se calienta hasta ebullición.
- Se mantiene la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- Se retira el vaso de la fuente calórica, se enfría y se filtra al vacío.
- Se lava el vaso y el residuo del papel con 250 mL de agua destilada caliente.

- El residuo se trasvasa cuantitativamente al vaso de precipitación y se añade 250 mL de NaOH 1.25%.
- Se coloca el vaso sobre el reverbero, se sube la parrilla y se calienta hasta ebullición.
- Se mantiene la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- Se retira el vaso del calor, se enfría y se filtra por crisol de Gooch conteniendo una capa de lana de vidrio y previamente tarado.
- Se lava el vaso y el residuo del papel con 250 mL de agua destilada caliente.
- Se lava por último con 15 mL de hexano o etanol.
- Se coloca el crisol de Gooch en la estufa a 105°C durante toda la noche, luego se enfría en desecador y se pesa.
- Se coloca el crisol de Gooch en la mufla a 600°C por media hora, se enfría en desecador y se pesa.

CÁLCULOS:

$$\%F = \frac{P1 - P}{m} \times 100$$

En donde:

%F = Fibra cruda o bruta en muestra seca y desengrasada expresada en porcentaje en masa

P1 = masa del crisol más el residuo desecado en la estufa en g

P = masa del crisol más las cenizas después de la incineración en mufla en g

m = masa de la muestra seca y desengrasada tomada para la determinación en g

2.3.1.4.6. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES (Método de FEHLING)

PRINCIPIO

Los azúcares que tienen en su estructura grupos aldehídicos o cetónicos libres reaccionan como agentes reductores libres y se llaman azúcares reductores. Estos incluyen a todos los monosacáridos y los disacáridos como la maltosa, lactosa y celobiosa. Los

disacáridos como la sacarosa y la rafinosa, así como otros oligosacáridos están formados por azúcares simples unidos a través de grupos aldehídicos o cetónicos y por tanto son carbohidratos no reductores (hasta que son hidrolizados en los azúcares reductores que los forman). Estas propiedades se usan para cuantificar azúcares por la medición de la reducción del Cu (II) al Cu (I). El licor de Fehling consiste en tartrato cúprico alcalino y se convierte en óxido cuproso insoluble al calentarse a ebullición con una solución de azúcar reductor.

2.3.1.4.6.1. AZÚCARES TOTALES

PROCEDIMIENTO

- Se pesa 5 g de muestra previamente homogenizada.
- Colocar en un balón de 250 mL y añadir 100 mL de agua destilada para arrastrar cuantitativamente la muestra.
- Adicionar 5 mL de HCl concentrado.
- Calentar a reflujo por 20 minutos.
- Neutralizar con NaOH al 50% hasta pH7.
- Aforar a 250 mL con agua destilada.
- Filtrar y colocar el filtrado en una bureta de 50 mL.
- En un erlenmeyer de 250 mL colocar 5mL de la solución de Fehling A y 5 mL de la solución de Fehling B, mezclar y añadir 40 mL de agua destilada, núcleos de ebullición y colocar en una fuente calorífica y calentar hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro empezar añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeñas cantidades de 0,5 mL la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- Al 1 minuto y 55 segundos de ebullición adicionar 3 gotas de la solución indicadora de azul de metileno y continuar la titulación a ritmo de 0,1 mL por segundo hasta color rojo brillante.
- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.5 mL.

- Titular a ritmo de 0.05 mL cada 10 segundos.
- El punto final debe alcanzar en un período de ebullición de 2 a 3 minutos.

CÁLCULOS

$$\% AT = \frac{A \times a \times 100}{W \times V}$$

Donde:

% AT = % Azúcares Totales

A = Aforo de la muestra

a = Título de Fehling

W = Peso de la muestra en gramos

V = Volumen gastado en la titulación

2.3.1.4.6.2. AZÚCARES REDUCTORES

PROCEDIMIENTO

- Se pesa 5g de muestra previamente preparada (desmuestra).
- Se trasvasa en un balón volumétrico de 250mL y se añade 100mL de agua destilada.
- Se adiciona 15mL de solución de Carrez I y 15mL de solución de Carrez II, agitando después de cada adición.
- Se afora a 250mL con agua destilada y se filtra por filtro de pliegues.
- El filtrado se coloca en una bureta de 50mL.
- En un erlenmeyer de 250mL se coloca 5 mL de solución del Fheling A y 5 mL de solución del Fheling B.
- Se mezcla y se añade 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición, se coloca en una fuente calórica y se calienta hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro se empieza a añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeña cantidad de 0.5mL de solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.

- A 1 minuto y 55 segundos de ebullición, se adiciona 3 gotas de solución indicadora de azul de metileno al 1% y se continúa la titulación a ritmo de 0.1mL por segundo hasta color rojo brillante.

CÁLCULOS

$$\%AR = \frac{(A * a * 100)}{(W * V)}$$

Donde:

% AR = Porcentaje de Azúcares Reductores

A = Aforo de la muestra

a = Título de Fehling (10mL de sol. Fehling es igual a 0.05 g glucosa)

W = Peso de la muestra en gramos

V = Volumen gastado en la titulación

2.3.1.4.6.3. AZÚCARES NO REDUCTORES

Se saca por cálculo, previa determinación experimental de los azúcares reductores y totales con la siguiente fórmula.

$$\% ANR = \% AT - \% AR$$

2.3.1.4.7. DETERMINACIÓN DE VITAMINA C

PRINCIPIO

Consiste en una cromatografía de partición en fase reversa, fase móvil polar con la detección en el campo ultravioleta a una longitud de onda de 254nm.

Condiciones para el análisis:

Columna: C18

Longitud: 25cm

Flujo: 1mL/min

Detector: UV/ Visible λ 254 nm

Fase móvil: H₃PO₄ 0.05 M

Preparación del Estándar de Vitamina C

- Se pesa exactamente 1,3 mg de ácido ascórbico estándar.
- Se afora a 25 mL con ácido fosfórico 0,05 M grado HPLC.
- Se toma una alícuota de 1 mL y se afora a 10 mL.
- Se filtra con acrodiscos de membrana.
- Se coloca en vial de vidrio para su inyección.

Extracción del principio activo del Tomate de Árbol fresco

- Se pesa aproximadamente 5 g de la muestra.
- Se afora a 25 mL con ácido fosfórico 0,05 M grado HPLC.
- Se filtra el sobrenadante con acrodiscos de membrana.
- Se coloca en vial de vidrio para su inyección.

Extracción del principio activo del Tomate de Árbol deshidratado y rehidratado

- Se pesa aproximadamente 1 g de la muestra.
- Se afora a 25 mL con ácido fosfórico 0,05 M grado HPLC.
- Se filtra el sobrenadante con acrodiscos de membrana.
- Se coloca en vial de vidrio para su inyección.

Cuantificación de Vitamina C

$$\text{Concentración de Vitamina C } (\mu\text{g/g}) = \frac{AM \times C.E. \times F.D.}{AE}$$

Donde:

A. M = Área de la muestra

C.E. = Concentración del Estándar

A. E = Área del estándar

F.D = Factor de Dilución

2.3.1.4.8. DETERMINACIÓN DE CAROTENOS

Método del INIAP adaptado por el Laboratorio de Bromatología ESPOCH

PRINCIPIO

Los carotenos totales se determinan espectrofotométricamente a 450 nm, basados en el coeficiente de extinción ($E_{1\%}$) de los carotenos en éter de petróleo.

PROCEDIMIENTO

- Pesar aproximadamente 1 g de muestra.
- Homogenizar en una licuadora con 60 mL de acetona fría por 3 minutos.
- Decantar y agregar más acetona para realizar una extracción. Repetir el proceso hasta extraer completamente los pigmentos (acetona queda sin color anaranjado).
- Filtrar y lavar el residuo que queda en el papel de filtro con unos 20-30 mL de acetona.
- Concentrar en campana con un baño maría o en plancha eléctrica hasta pequeño volumen.
- Agregar 60 mL de éter de petróleo o etílico.
- A la solución etérea que contiene los carotenoides agregar una pequeña cantidad de Na_2SO_4 anhidro. Dejar la solución con el agente desecante unos 15 minutos con agitación constante.
- Transferir cuantitativamente la solución etérea a un balón y aforar a 100 mL.
- Medir la absorbancia a la longitud de onda de 450nm.

CUANTIFICACIÓN DE CAROTENOS

$$X \text{ (mg/g)} = \frac{\text{Abs } 450\text{nm} \times Y \text{ mL}}{A \frac{1\%}{1\text{cm}} \times 100}$$

$$\text{Concentración de carotenos totales} = \frac{X}{m}$$

Donde

X= peso de la concentración de los carotenos

Y= volumen de la solución, que da la absorbancia (Abs) a 450 nm

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$ = coeficiente de absorción de los carotenos en éter de petróleo (2592)

m= peso de la muestra

2.3.1.5. Análisis microbiológico de Tomate de Árbol fresco, deshidratado y rehidratado variedad anaranjado gigante:

2.3.1.5.1. DETERMINACIÓN DE HONGOS (Mohos y Levaduras)

Para determinar hongos en el Tomate de Árbol fresco, deshidratado y rehidratado se utilizó el método AOAC (997.02) Recuento de levaduras y mohos, film seco rehidratable.

2.3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis ANOVA y prueba de TUKEY, para la determinación de Vitamina C y Carotenos en el tomate de árbol fresco y rehidratado en los tres líquidos de inmersión a la mejor temperatura establecida para el proceso.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE

Se deshidrataron las rodajas de tomate de árbol bajo las condiciones establecidas por MONAR, E. (2010), las mismas que fueron 70°C por un tiempo de 495 minutos en estufa de aire caliente.

Una vez obtenidas las rodajas deshidratadas se las sometió al análisis bromatológico al igual que el fresco y rehidratado, los resultados del mismo constan en el cuadro N° 9.

3.2. EVALUACIÓN SENSORIAL

Para realizar la evaluación sensorial del tomate de árbol fresco y rehidratado se llevó a cabo una encuesta que determinó las diferencias observadas en las características sensoriales y la calidad de las muestras, aplicando un test pareado, el cual mide parámetros de calidad a través de los órganos de los sentidos con la finalidad de establecer si el tomate de árbol rehidratado alcanza las condiciones del tomate de árbol fresco.

En el cuadro N°1. se presentan los resultados obtenidos al realizar la encuesta para las rodajas de tomate de árbol fresco versus el rehidratado en agua a 40°C dicho resultado se

ve reflejado en que el 36% de encuestadas opto por valorar como diferencia muy pequeña existente entre dicho rehidratado y el tomate fresco; esto se debe a que durante el proceso de deshidratación se utilizó el deshidratador de bandejas a las condiciones establecidas por MONAR, E. (2010) minimizando así la pérdida de valor nutritivo y la afectación a la textura, resultados que concuerdan con lo que describen ROJAS, A. y ARANGO, L. (2004) en donde habla de que se ve afectada la pared celular levemente más no los demás componentes celulares; mientras que CHACHA, G. (2010) refiere que el mayor porcentaje de encuestados establecieron que la diferencia es pequeña, debido a que en la deshidratación empleo el método de refrigeración.

La característica de calidad en la que se basa la pequeña diferencia detectada por las encuestadas, es el color, esto responde a la inestabilidad que presentan los carotenoides responsables de la coloración de ésta fruta frente al oxígeno, temperatura, luz, factores presentes en el proceso de deshidratación y rehidratación, que ratifica lo expresado por BADVI, S. (2006).

CUADRO N° 1. RESULTADO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO.

TEST DE DIFERENCIAS	
GRADO DE DIFERENCIAS ENTRE EL TOMATE FRESCO Y REHIDRATADO	PORCENTAJE DE DIFERENCIAS
no hay diferencia	8,0
diferencia muy pequeña	36,0
diferencia pequeña	28,0
diferencia moderada	20,0
gran diferencia	8,0
PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS QUE SE OBSERVÓ LA DIFERENCIA	
Color	48,0
Textura	20,0
Olor	8,0
Sabor	24,0

De acuerdo al cuadro N°2, el 72,0% de encuestadas considera que la calidad del jugo de tomate de árbol rehidratado es excelente, indicaron además que el mayor porcentaje de diferencias en cuanto a los parámetros de calidad fue en el color con el 36,0% que fue lo mismo que ocurrió en la comparación realizada en la fruta tal cual. Con estos resultados podemos decir que no existe un alto porcentaje de diferencia entre el jugo de tomate fresco y rehidratado, manteniéndose así las características sensoriales de la fruta. Lo que se corrobora al analizar el hecho de que el 36% de encuestadas mencionan que la diferencia entre los dos jugos es muy pequeña. Lo que ratifica que las condiciones establecidas para la rehidratación fueron las óptimas.

CUADRO N° 2. RESULTADO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO.

TEST DE DIFERENCIAS	
GRADO DE DIFERENCIAS ENTRE EL JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO	PORCENTAJE DE DIFERENCIAS
diferencia muy pequeña	36,0
diferencia pequeña	28,0
diferencia moderada	24,0
gran diferencia	12,0
PARÁMETROS DE CALIDAD EN LOS QUE SE OBSERVÓ LA DIFERENCIA	
Color	36,0
Sabor	28,0
Textura	20,0
Olor	16,0
CALIDAD DEL JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO	
Excelente: 72,0 Buena: 16,0 Regular: 8,0 Mala: 4,0	

3.3. REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO

El tomate de árbol deshidratado se sumergió en tres líquidos de rehidratación: agua, agua con glucosa y agua con ácido ascórbico a concentraciones de 0.5%, 0,25% y 0,13%, y a una temperatura de 40°C. En el cuadro N° 3 se observa que los °Brix que se aproximan

más al de la fruta fresca (10,5 °Brix) se alcanzan al rehidratar con agua, con un valor de 10,9 °Brix. En el caso de agua más glucosa y agua más ácido ascórbico se requiere una concentración de 0,13% para obtener 11,2 y 11,1 °Brix respectivamente. El comportamiento mencionado se debe a que el ácido ascórbico forma puentes de hidrogeno más rápidamente que la glucosa alcanzando así una mejor y mayor solubilidad y por ende un mejor ingreso por las paredes celulares de la fruta.

Las soluciones de glucosa y ácido ascórbico no son tan eficaces como el agua porque los °Brix no se asemejan al del tomate de árbol fresco; son sustancias que al presentar mayor viscosidad disminuyen la velocidad de rehidratación y tardan más tiempo en ocupar los espacios intercelulares del tejido vegetal según lo expuesto por ROJAS, A. y ARANGO, L. (2004).

CUADRO N° 3. RESULTADOS DE GRADOS BRUX DEL TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO EN LOS TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES

°BRUX DEL TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES HIDRATANTES				
LÍQUIDO REHIDRATANTE	CONCENTRACIÓN SOLUCIÓN HIDRATANTE			
	0%	0,5%	0,25%	0,13%
AGUA + GLUCOSA		13,8	12,7	11,2
AGUA + ÁCIDO ASCÓRBICO		12,1	11,8	11,1
AGUA	10,9	-	-	-
TOMATE DE ÁRBOL FRESCO	10,5			

El tiempo de rehidratación se determinó a temperaturas diferentes, con la ayuda de una estufa para mantenerlas constantes.

Como se muestra en el cuadro N° 4 se obtienen mejores características sensoriales a un tiempo de 15 minutos y a una temperatura de 40°C. El proceso fue más rápido en agua, ya que la presencia de otros solutos como ácido ascórbico y glucosa aumentan el tiempo de rehidratación y producen otros cambios como se dio el caso de la glucosa que provocó pardeamiento enzimático notable en la fruta posterior a la rehidratación lo que no ocurrió con el ácido ascórbico que es un antioxidante permitido por el Codex Alimentarius para inhibir esta reacción de deterioro en la industria conservera de frutas. Mientras más rápido se dé el proceso de rehidratación es mejor para de éste modo evitar daños estructurales, defectos sensoriales y nutricionales, sin embargo, a medida que se aumenta la temperatura el tiempo va disminuyendo pero este hecho presenta una desventaja para las características sensoriales porque una temperatura elevada afecta principalmente a la textura, ya que el calor provoca la desnaturalización de proteínas y por ende el tejido se presenta más blando; el valor nutritivo disminuye ya que esta fruta es una buena fuente de vitamina C YUFERA, E. (1997) la misma que al ser termolábil se ve notablemente afectada. También se altera la capacidad de retención de agua debido a que las temperaturas elevadas provocan alto daño a la pared celular debilitándolas.

CUADRO N° 4. RESULTADOS DEL TIEMPO DE REHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO A DIFERENTES TEMPERATURAS CON TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES

LÍQUIDO REHIDRATANTE	TIEMPO (min) A DISTINTAS TEMPERATURAS		
	20°C	30°C	40°C
AGUA	30'	20'	15'
AGUA + ÁCIDO ASCÓRBICO	30'	25'	18'
AGUA + GLUCOSA	32'	25'	20'

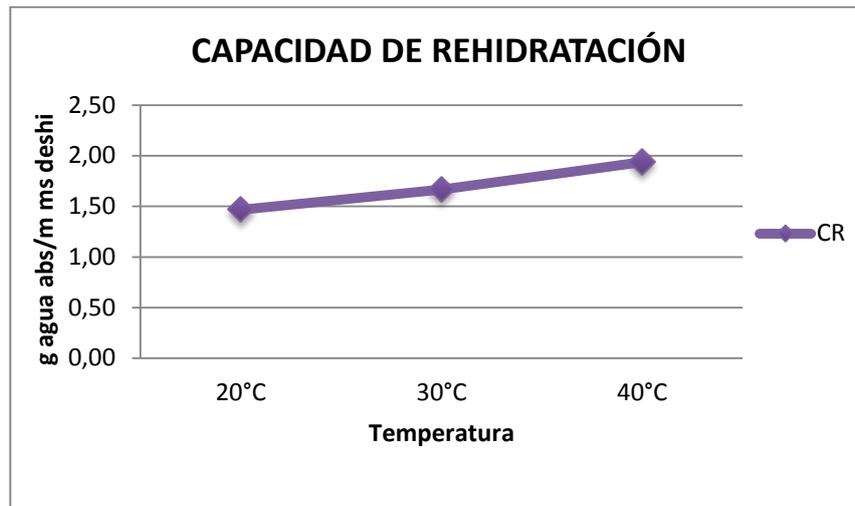


GRÁFICO N° 1. RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD DE REHIDRATACIÓN Y TEMPERATURA

Se observa en el gráfico N°1 la capacidad de rehidratación del tomate de árbol deshidratado donde se demuestra el concepto teórico de que a medida que aumentamos la temperatura también aumenta la capacidad de rehidratación; es decir la CR y la temperatura guardan una relación proporcional según lo mencionado por MARIN, E. et al (2006). Debido a la gradiente de calor existente entre el interior de la fruta y el agua, ésta ocupa los espacios que quedan entre los tejidos del tomate hasta alcanzar el punto de equilibrio.

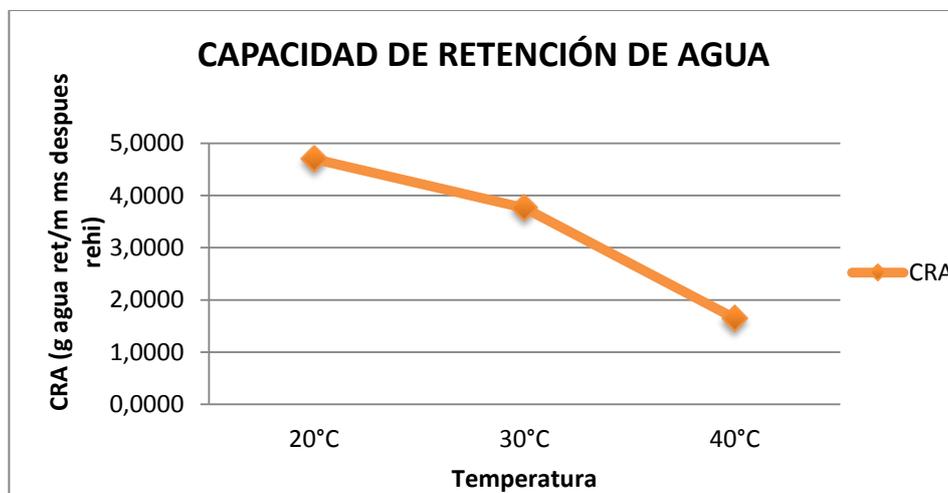


GRAFICO N° 2. RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y TEMPERATURA.

Como se muestra en el gráfico N° 2 la capacidad de retención de agua (CRA) es inversamente proporcional a la temperatura porque a medida que aumenta la misma el tomate de árbol en estudio pierde su capacidad de retención de líquido debido a que una temperatura elevada provoca mayor daño en la pared celular por ende a sus tejidos, haciéndolos más blandos y menos resistentes MARIN, E. et al (2010).

3.4. DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE EFICIENCIA DE LA REHIDRATACIÓN

Es importante destacar que una vez determinada la temperatura y tiempo óptimos para el proceso de rehidratación se realizó el análisis de los indicadores de eficacia como fueron vitamina C y carotenos en los tres líquidos rehidratantes a 40°C; en donde se estableció que la concentración de vitamina C en el rehidratado con agua fue de 11,41 mg/100g con una pérdida de 25,47 % mientras que para caroteno se obtuvo una concentración de 0,63 mg/100g con un 8,7 % de pérdida. Como se puede observar las pérdidas de tales componentes fueron mínimas.

3.4.1. VITAMINA C EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

En consecuencia de la cadena de pretratamientos aplicados a las muestras, la vitamina C se vio notablemente afectada; varios factores como la luz, el oxígeno, el pH, entre otros hicieron que se obtenga los siguientes resultados: 15,31 mg/100g en el caso del tomate de árbol fresco; 48,26 mg/100g para el tomate de árbol deshidratado y 11,41 mg/100g en el caso del tomate de árbol rehidratado (cuadro N° 5). El tomate de árbol rehidratado en agua tiene 11,41 mg/100g con una pérdida de 25,47%. El contenido de vitamina C en el tomate de árbol rehidratado con glucosa fue de 18,65 mg/100g observándose que es mayor que en la fruta fresca debido a que la muestra rehidratada queda con menor contenido de humedad lo que hace que se concentren los solutos en cambio en el caso del rehidratado con ácido ascórbico se tiene 58,99 mg/100g de vitamina C, lo que se puede

explicar por el hecho de que la fruta fue rehidratada con una solución de ácido ascórbico al 0,13% razón por la cual este valor se ve elevado en comparación al tomate de árbol fresco por el proceso de difusión del ácido ascórbico del líquido rehidratante y el bajo contenido de humedad con el que queda la fruta.

El porcentaje de pérdida de vitamina C se puede deber principalmente a que la misma es muy inestable a ciertas condiciones como oxígeno, luz entre otros factores que fueron inevitables a lo largo del estudio. También se puede deber al tiempo y temperatura que se utilizó para deshidratar y rehidratar, pero cabe indicar que en el estudio previo realizado por MONAR, E. (2010) se especifica el tiempo y temperatura que ocasiona menores pérdidas.

CUADRO N° 5. CONTENIDO DE VITAMINA C EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

Tomate de Árbol	Vitamina C (mg/100g muestra fresca MF)
Fresco	15,31
Deshidratado	48,26
Rehidratado con agua	11,41
Rehidratado con glucosa	18,65
Rehidratado con ac. ascórbico	58,99

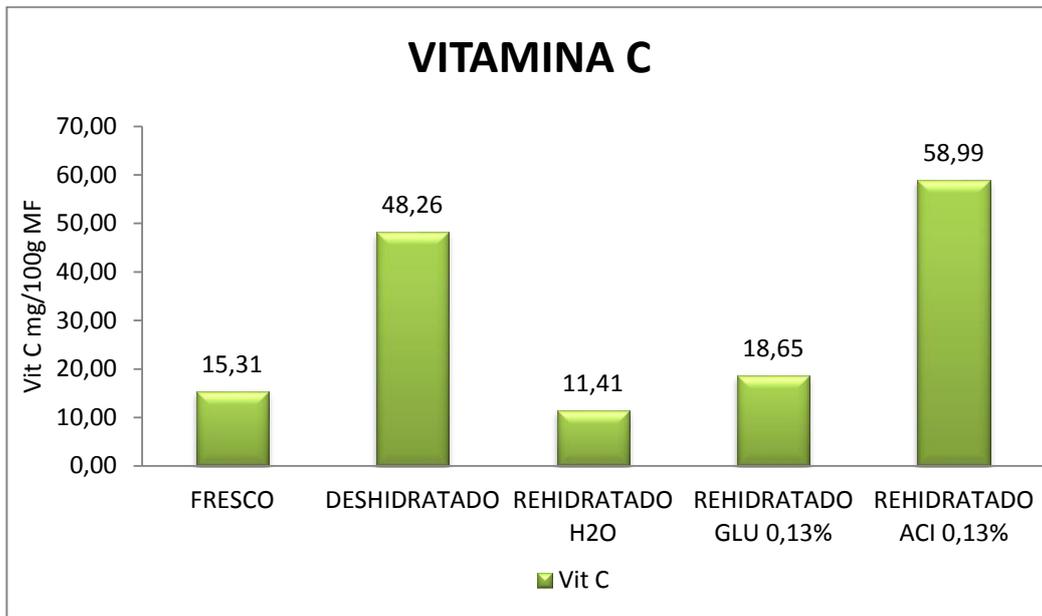


GRÁFICO N° 3. RELACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADOS

En el gráfico N° 3 se observa que tanto el tomate de árbol fresco como el rehidratado en diferentes soluciones el nivel de vitamina C disminuye con respecto al tomate de árbol deshidratado (excepto a la solución de ácido ascórbico y glucosa) debido a que en la fruta deshidratada los componentes se concentran. El porcentaje de pérdida de vitamina C es elevado y esto ha ocurrido también en otros estudios previos realizados como es el caso de MARIN, E. et al. (2006) en la publicación en la revista chilena de nutrición Scielo, en la que claramente hacen referencia a la pérdida causada por el proceso de rehidratación en papaya y pimiento.

Durante el proceso de rehidratación aumenta la permeabilidad de las membranas pero no alcanza a la de la fruta fresca; como se puede evidenciar se presentan pérdidas que se deben a que la vitamina C al ser hidrosoluble, un porcentaje de la misma queda en el líquido rehidratante.

3.4.1.1. Análisis de ANOVA para el contenido de Vitamina C en el Tomate de Árbol Variedad Anaranjado Gigante Rehidratado en tres líquidos de inmersión a 40°C.

CUADRO N° 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CONCENTRACIÓN DE VITAMINA C EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO A 40° C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2939,38891	3	979,796304	2213,35347	6,7946E-07	6,59138212
Dentro de los grupos	1,7707001	4	0,44267502			
Total	2941,15961	7				

De acuerdo al cuadro N° 6 existe diferencia en la concentración de Vitamina C en todos los líquidos rehidratantes, la dispersión existente entre el tomate de árbol fresco y rehidratado es grande en todos los casos ya que la pérdida de vitamina es elevada debido a los pretratamientos aplicados, pues las muestras se someten a deshidratación y rehidratación.

Con los resultados del análisis de ANOVA podemos comprobar que existe una diferencia significativa al nivel de confianza del 95% en el contenido vitamina C entre el tomate de árbol anaranjado gigante fresco y el rehidratado en los tres líquidos rehidratantes debido a que el valor de Fisher calculado experimentalmente es de 2213,35 mayor que el valor teórico 6,59.

Aplicando el test de Tukey en las muestras analizadas, en el ANEXO N° 1, se tiene que el contenido de vitamina C entre cada uno de los tres líquidos rehidratantes existe diferencia significativa al nivel del 95 % de confiabilidad, los valores no caen dentro del mismo nivel y del mismo modo son diferentes con el fresco.

3.4.2. DETERMINACIÓN DE CAROTENOS EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

De acuerdo con el cuadro N° 7 el contenido de carotenos presentes en el tomate de árbol fresco es de 0,69 mg/100g, 1,67 mg/100g en la muestra deshidratada y un contenido de carotenos de 0,63 mg/100g en el tomate de árbol rehidratado en agua a 40°C presentándose un 8,7% de pérdida con respecto a la fruta fresca; lo que también se explica en la investigación realizada por BUITRON, F. (2010) en el mismo que se busca establecer parámetros óptimos para la obtención de una bebida rehidratante para deportista a partir de pulpa de tomate de árbol deshidratado, en este caso también se ve afectado el contenido de carotenos lo que concuerda con nuestra investigación.

CUADRO N° 7. CONTENIDO DE CAROTENOS EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

Tomate de Árbol	Caroteno (mg/100g muestra fresca MF)
Fresco	0,69
Deshidratado	1,67
Rehidratado con agua	0,63
Rehidratado con glucosa	0,83
Rehidratado con ac. ascórbico	0,81

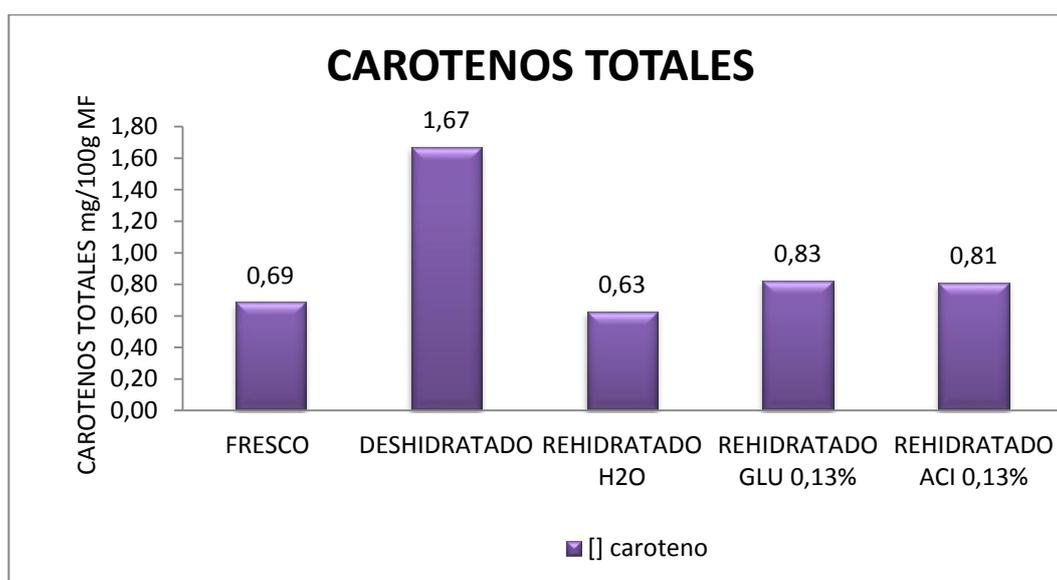


GRÁFICO N° 4. RELACIÓN DE CONTENIDO DE CAROTENOS TOTALES EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

En los otros casos de líquidos rehidratantes como fueron agua con glucosa y agua con ácido ascórbico no se observa pérdida (Gráfico N° 4) sino por el contrario una concentración superior al tomate fresco que se debe al menor contenido de humedad respecto a la fruta fresca que hace que los solutos se concentren.

3.4.2.1. Análisis de ANOVA para el contenido de Carotenos en el Tomate de Árbol Variedad Anaranjado Gigante Rehidratado en tres líquidos de inmersión a 40°C.

CUADRO N° 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CONCENTRACIÓN DE CAROTENOS EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y REHIDRATADO A 40° C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,05556916	3	0,01852305	1,24840003	0,40326433	6,59138212
Dentro de los grupos	0,05934973	4	0,01483743			
Total	0,11491889	7				

De acuerdo al cuadro N° 8 existe diferencia en la concentración de Carotenos Totales en todos los líquidos rehidratantes, ésta diferencia se da debido a los pretratamientos aplicados, pues las muestras se someten a deshidratación y posterior rehidratación.

Aplicando el test de Tukey en las muestras analizadas, en el ANEXO N° 2, se tiene que el contenido de Carotenos entre los tres líquidos rehidratantes existe diferencia significativa al nivel del 95 % de confiabilidad entre estos, pues no caen dentro del mismo nivel y del mismo modo son diferentes con el fresco; notándose claramente una menor diferencia entre el fresco y el rehidratado con agua que tiene una diferencia entre las medias de apenas 0,06.

3.5. ANALISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum cav*) VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

Las determinaciones tanto físicas como químicas se realizaron por duplicado, en el tomate de árbol fresco, deshidratado y rehidratado en agua a 40°C por un tiempo de 15 minutos, cuyos valores se encuentran expresados en muestra fresca (cuadro N°9), además podemos observar que los valores del análisis en el tomate fresco están en concordancia con los valores de referencia tomados de la tabla de composición de alimentos ecuatorianos.

Existen diferencias en ciertos parámetros lo que se puede explicar en que no se tiene conocimiento en que variedad de tomate se realizaron los análisis para establecer estos valores, y según bibliografía analizada se sabe que la composición varía en dependencia de la variedad de tomate de árbol.

CUADRO N° 9. CONTENIDO NUTRICIONAL PROMEDIO DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO

PARÁMETROS	UNIDAD	VALORES REFERENCIA (Tabla de composición)	TOMATE DE ÁRBOL FRESCO	TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO	TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO
ACIDEZ	%	1,93 – 1,60	1,63	2,25	1,58
pH	-	3,17 – 3,80	3,78	4,38	3,86
HUMEDAD	%	86,70	82,36	17,90	80,42
CENIZAS	%	0,60	0,88	1,29	0,98
PROTEÍNA	%	2,00	3,80	6,94	4,61
Ex. ETereo	%	0,60	0,72	0,83	0,69
FIBRA	%	2,00	1,71	4,21	1,96
AZÚCARES TOTALES	%	10,10	11,32	16,89	12,17
AZÚCARES REDUCTORES	%	-	6,53	10,52	6,59
AZÚCARES NO REDUCTORES	%	-	4,80	6,37	5,12

3.5.1. DETERMINACIÓN DE pH

En el gráfico N° 5 se obtienen los siguientes valores de pH: 3,78 para el tomate de árbol fresco debido a que es una fruta que presenta una elevada acidez, 4,38 en el caso del deshidratado que como se puede ver un aumento del pH porque hay una fracción de ácidos que se esterifican y pueden formar sales, lo que se corrobora con el análisis de deshidratación realizado por MONAR, E (2010). En el tomate de árbol rehidratado se tiene un pH de 3,86 no se pudo llegar al pH igual al de la fruta fresca pero si se asemeja, esta diferencia se puede deber a que la humedad no es la misma de este modo no todos los sólidos se solubilizan.

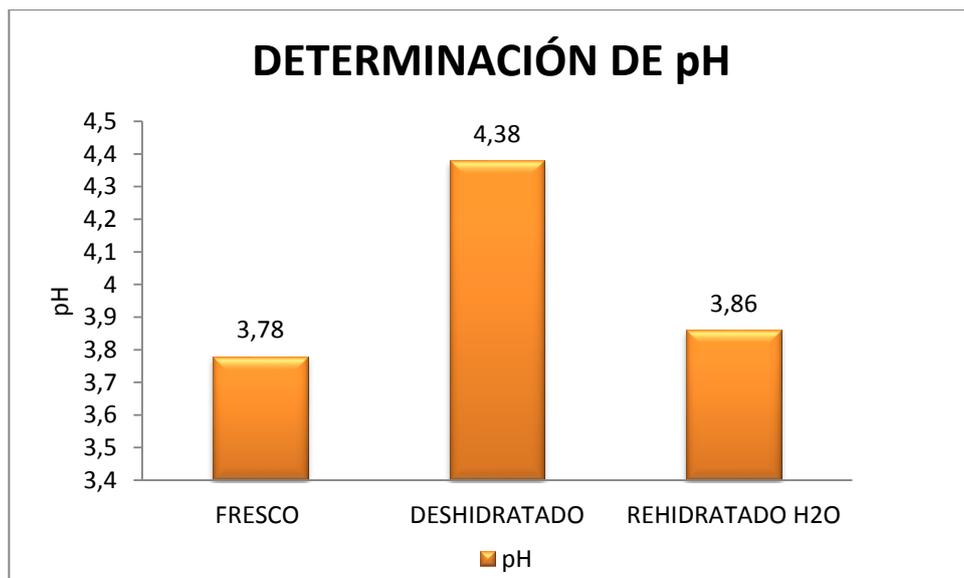


GRÁFICO N° 5. RELACIÓN DE pH EN TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.2. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Como se observa en el Grafico N° 6 el tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco tiene una humedad de 82,36% mientras que el tomate deshidratado tiene una

humedad de 17,90% y con respecto al tomate de árbol rehidratado se logró obtener un contenido de humedad de 80,42% casi similar al estado fresco. Analizando estos resultados se observa que no se logra obtener el contenido de humedad tal cual al de la fruta fresca pero apenas hay una diferencia de 1,94%; esto presenta una ventaja pues a menor cantidad de agua presente en el alimento hay mayor estabilidad del mismo lo que aumenta el periodo de vida útil, además de concentrarse los solutos. Estos resultados se asemejan al del estudio realizado por CHACHA, G. (2011) en el mismo que se ratifica una menor humedad en las frutillas rehidratadas.

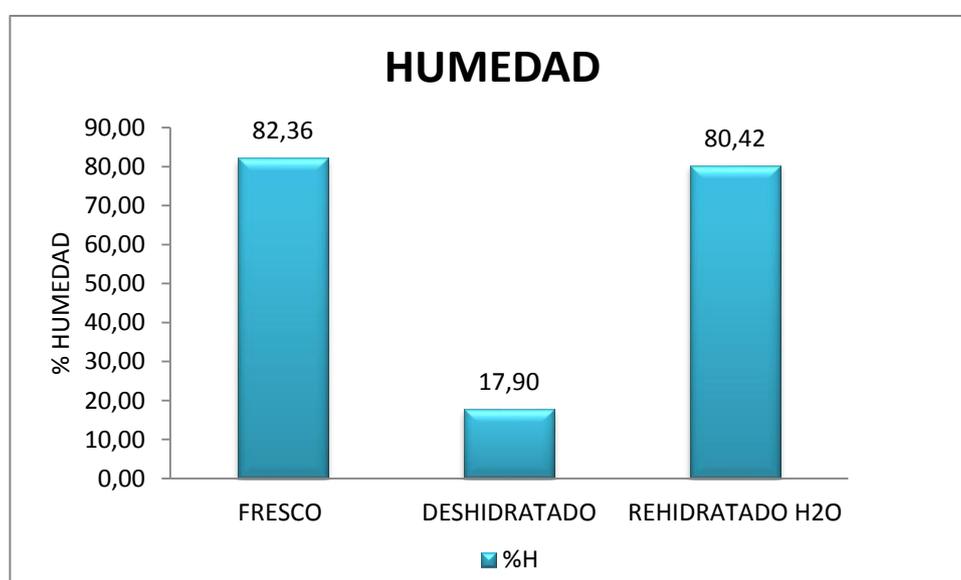


GRÁFICO N° 6. RELACIÓN DE HUMEDAD EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

En el gráfico N° 7 se muestra el porcentaje de cenizas obtenido que es de 0,88% en el tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco, un valor de 1,29% en la fruta deshidratada y 0,98% para el tomate rehidratado; esto se explica por su menor contenido de humedad que concentra los solutos.

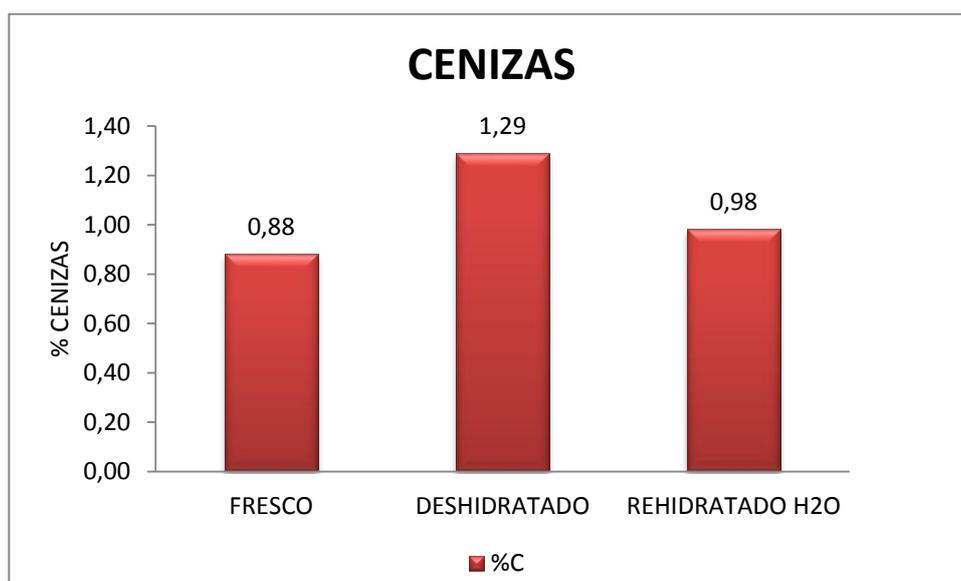


GRÁFICO N° 7. RELACIÓN DE CENIZAS EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

En el gráfico N° 8 el contenido de proteína en las rodajas de tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco es de 3,8% en el deshidratado es de 6,94% debido a una mayor concentración de los solutos en la fruta. Con respecto al tomate de árbol rehidratado se obtuvo 4,61% como se puede observar existe mayor cantidad de proteína en la fruta rehidratada a una temperatura de 40°C debido a que hay menor cantidad de agua retenida por las paredes celulares lo cual aumenta su valor nutritivo. Lo mismo que ocurre en otros estudios realizados como son CHACHA, G. (2010) en frutillas y BUITRON, F. (2010) en tomate de árbol.

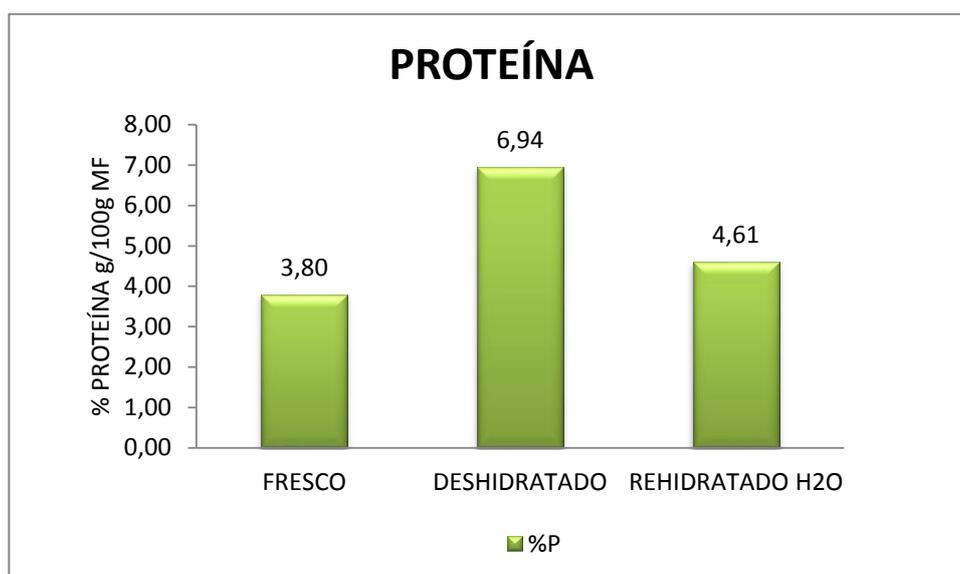


GRÁFICO N° 8. RELACIÓN DE PROTEÍNA EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.5. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO

Una vez realizado el análisis de extracto etéreo en el tomate de árbol variedad anaranjado gigante se obtuvieron los siguientes resultados como se puede apreciar en el grafico N° 9 donde existe 0,72% en el tomate de árbol fresco; 0,83% y 0,69% para el tomate deshidratado y rehidratada a 40°C respectivamente, por tanto se aprecia que el contenido en grasa es bastante bajo puesto que esta fruta no es considerada como fuente significativa de éste componente, como la gran mayoría de frutas. Una forma de explicar estos datos es que el extracto etéreo indica la grasa neutra de un alimento y componentes liposolubles como son pigmentos en este caso representados por el caroteno presente en la fruta, el mismo que se extrajo en el solvente utilizado, y que sufren degradación por su alta reactividad frente a la luz, oxígeno y temperatura.

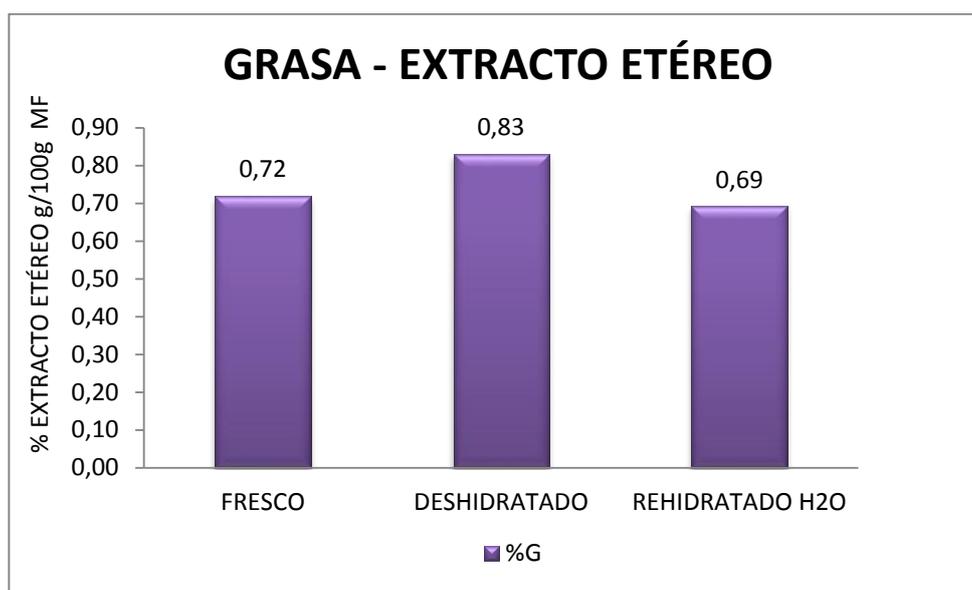


GRÁFICO N° 9. RELACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.6. DETERMINACIÓN DE FIBRA

De acuerdo al gráfico N°10 después del análisis de fibra existe un aumento de la misma en el tomate de árbol variedad anaranjado gigante rehidratado a 40°C que fue 1,96%, cercano al obtenido en la fruta fresca que es de 1,71% debido a una mayor concentración de solutos después de ser sometido al proceso de deshidratación. En el tomate de árbol deshidratado existe 9,21% de fibra expresado en muestra fresca.

El contenido de fibra de la fruta rehidratada fue un poco mayor al del fresco debido a que el tomate es rico en fibra soluble y aumenta al someterla al proceso de rehidratación, este componente se encuentra elevadamente concentrado en el caso del deshidratado, al ingresar agua a las células del vegetal éste componente se diluye en la misma pero como no se alcanzó la humedad inicial del tomate fresco se ve una ligera diferencia. La celulosa se cristaliza en el deshidratado ocasionando que la textura sea más rígida y dura MONAR, E. (2010) lo cual no es del todo reversible en la rehidratación. Lo que también

se corrobora con el estudio de BUITRON, F. (2010) realizado en tomate de árbol y de la misma manera en el caso del fresco se obtienen similares resultados que TORRES, N. (2006).

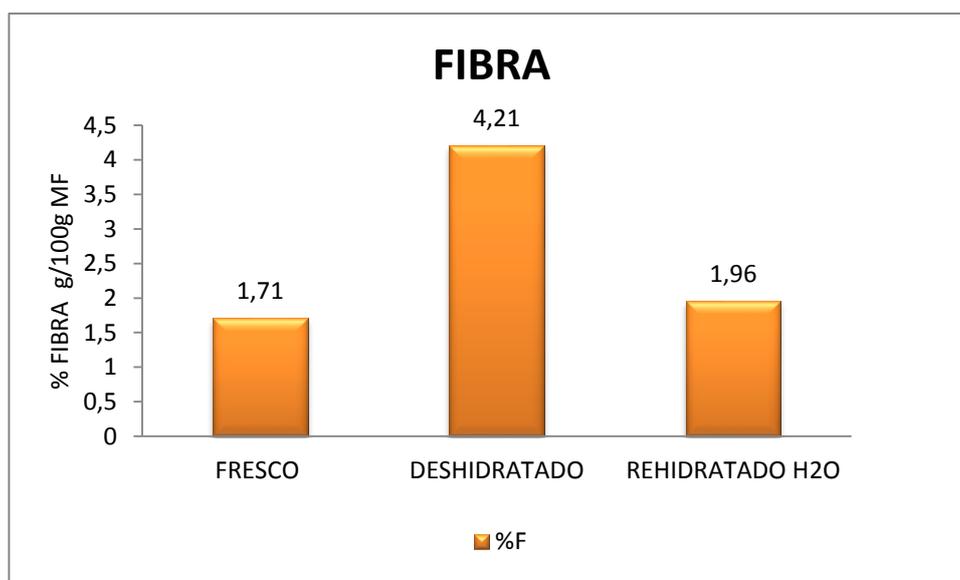


GRÁFICO N° 10. RELACIÓN DE FIBRA EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.5.7. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

En el gráfico N° 11 se puede observar la concentración de azúcares totales, reductores y no reductores de acuerdo a los ensayos realizados en las muestras en estudio. Apreciándose que el tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco posee 11,32% de azúcares totales; 6,53% de azúcares reductores y 4,80% de azúcares no reductores.

Mientras que en el caso del deshidratado como es de esperarse todos los componentes se concentran por la pérdida de agua por deshidratación a la que la fruta es sometida, se obtienen los siguientes resultados 16,89% para el caso de azúcares totales, 10,52% en el caso de los reductores y 6,37% para los azúcares no reductores. Luego de realizar el análisis de azúcares para la muestra rehidratada se tiene 12,17% de azúcares totales;

6,59% en azúcares reductores mientras que se tiene el 5,12% para los azúcares no reductores.

Los resultados se pueden explicar ya que una vez que se procede a deshidratar la fruta ésta pierde gran cantidad de agua y sus componentes incluyendo los azúcares se concentran, pero luego al someter al tomate de árbol a la rehidratación en agua a 40°C los azúcares se disuelven ya que son elementos hidrosolubles, pero al no alcanzar la humedad del tomate fresco se nota la diferencia entre la fruta tal cual con el rehidratado.

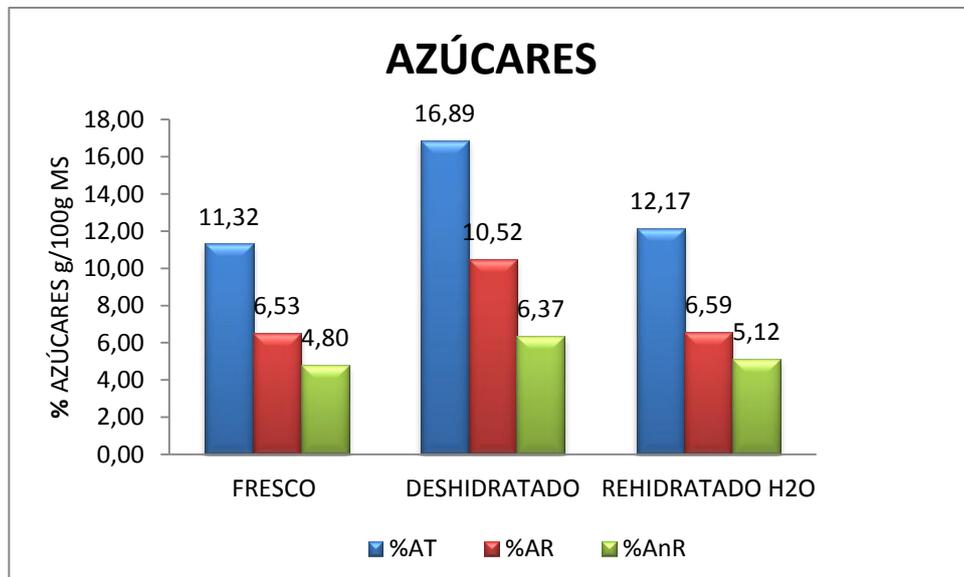


GRÁFICO N° 11. RELACIÓN DE AZÚCARES EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

3.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TOMATE DE ÁRBOL VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO

Este análisis se efectuó por duplicado para las tres muestras tomate de árbol fresco, deshidratado a 70°C que fue el que presentó menor pérdida de su valor nutritivo según el trabajo de MONAR, E. (2010), y en el rehidratado que es razón de éste estudio. Se

realizó la determinación bajo el método AOAC (997.02) que hace referencia a recuento de levaduras y mohos en film seco rehidratable 20-25 ± 1°C por 5 días de incubación.

En el cuadro N° 10 y gráfico N° 12 se observa que el recuento de mohos y levaduras en las tres muestras fue < 1 lo que hace que sean productos totalmente inocuos para el consumo humano.

CUADRO N° 10. CONTENIDO DE MOHOS Y LEVADURAS EN MUESTRAS DE TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
MUESTRAS	MOHOS Y LEVADURAS UPC/g
TOMATE DE ÁRBOL FRESCO	< 1
TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO	< 1
TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO	< 1



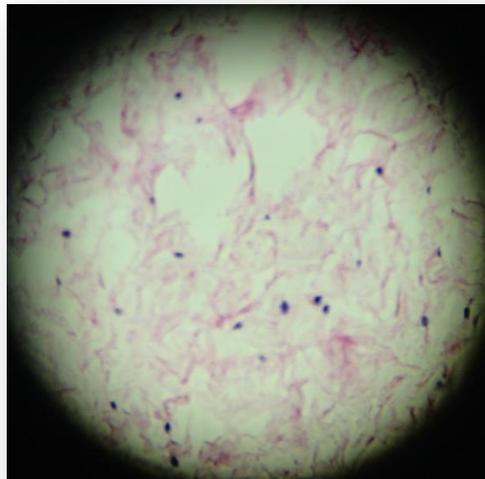
GRÁFICO N° 12. RELACIÓN DE CONTENIDO DE MOHOS Y LEVADURAS EN EL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO A 40° C

Estos resultados demuestran que por medio del proceso de deshidratación y rehidratación la cantidad de hongos no aumenta en comparación con el fresco, esto se atribuye los

tratamientos térmicos a los que fueron sometidos, y una reducción de la actividad de agua, y a las condiciones de higiene que contribuyen a mantener la inocuidad del producto.

3.7. CORTE HISTOLÓGICO DEL TOMATE DE ÁRBOL VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO.

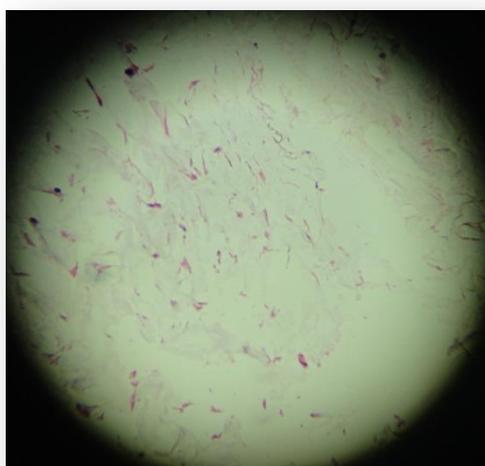
En la fotografía N° 4 se observan un perfil de células epidérmicas del tomate fresco, la presencia de estromas, tejido conectivo, la pared celular se observa en estado normal así como los núcleos celulares.



FOTOGRAFÍA N° 4. CORTE TRANSVERSAL DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO

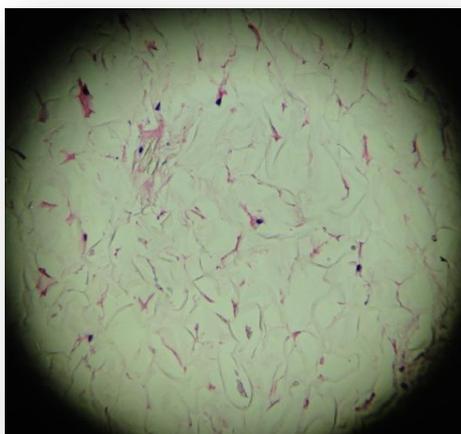
En la fotografía N° 5 se observa el tomate de árbol deshidratado a 70°C, donde las estructuras celulares se mantienen organizadas pero se ve claramente cómo se tornan sobrepuestas y presentan dificultad para diferenciar sus estructuras.

Estudios similares se han realizado por CHACHA, G. (2010) donde se especifica y se concuerda con este estudio que la deshidratación presenta daños celulares en los tejidos de la frutilla estudiada; pero a más de éste también existe otro realizado por ROJAS, A. y ARANGO, L. (2004) de la universidad de Quindío Colombia, en el cual estudian la “Incidencia de la deshidratación osmótica y con pulso de vacío en la composición y microestructura de cubos de tomate de árbol” en el mismo que concluyen diciendo que se observaron los cambios estructurales de las células causados por el tratamiento.



FOTOGRAFÍA N° 5. CORTE TRANSVERSAL DEL TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO

Al observar la fotografía N° 6 se puede apreciar el corte histológico transversal del tomate de árbol rehidratado en agua a 40°C, donde se pueden apreciar de forma general las células de la fruta, donde se nota que la pared celular se torna un tanto más gruesa que la del fresco, esto se debe al proceso que sufre de deshidratación y posterior rehidratación.



FOTOGRAFÍA N° 6. CORTE TRANSVERSAL DEL TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO

Se puede apreciar gran similitud entre el corte histológico de tomate de árbol variedad anaranjado gigante fresco y rehidratado, en la forma celular, y apariencia; tienen una arquitectura general conservada y las células están bien compactadas sin dejar espacios intercelulares entre ellas; con una ligera diferencia en la pared celular. En el tomate de árbol rehidratado el tamaño celular tiende a aumentar con respecto al tamaño de las células en estado fresco.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

1. A partir del estudio de rehidratación aplicado al tomate de árbol variedad anaranjado gigante deshidratado, se logró establecer la capacidad de rehidratación a un tiempo óptimo de 15 minutos en agua, en este tiempo se vio claramente como las rodajas de tomate deshidratado toman una textura y apariencia similar al de la fruta fresca reteniendo así el líquido rehidratante en el interior de las células vegetales.
2. De acuerdo a los fundamentos teóricos a mayor temperatura la CR (capacidad de rehidratación) aumenta y la CRA (capacidad de retención de agua) disminuye, aplicando este fundamento se logró obtener como temperatura óptima de rehidratación los 40°C, puesto que si se usa una mayor temperatura se tiene mayores pérdidas nutricionales a más de daños irreparables en los tejidos vegetales por ende la textura y apariencia que son parámetros fundamentales en el análisis sensorial se ven afectados; mientras que a una temperatura inferior a 40°C se tiene una baja capacidad de rehidratación, por lo que se necesitaría más tiempo y se tendría mayor migración de nutrientes hidrosolubles hacia el líquido hidratante.
3. Luego del estudio de rehidratación en tres líquidos rehidratantes, se establece que el agua es el mejor líquido rehidratante pues posee menor cantidad de sólidos en suspensión con respecto a la glucosa y ácido ascórbico, permitiendo así que se difunda de mejor manera por los espacios inter e intracelulares del tomate de árbol variedad anaranjado gigante deshidratado.

4. Al realizar la evaluación sensorial comparando el tomate de árbol fresco con el rehidratado se obtienen resultados muy similares en cuanto a las características sensoriales. Al hablar de textura es relativamente diferente el rehidratado en agua al fresco, tiene buena apariencia, conservando el mismo olor, color y presentando un sabor característico. En cuanto al contenido nutricional el tomate rehidratado presenta un ligero aumento de cenizas, proteína, y fibra debido a la diferencia existente en cuanto a la humedad. Mientras que se ven disminuidos componentes como, vitamina C, carotenos, extracto etéreo, y azúcares; en dichos elementos existe porcentaje de pérdida mínima, debido a que son hidrosolubles, como es el caso de la vitamina C y azúcares; pero, en el caso del tomate de árbol el extracto etéreo está constituido en un gran porcentaje por carotenos los mismos que son liposolubles y extremadamente inestables a variaciones de oxígeno, luz, y demás parámetros físicos.

5. Al comparar el corte histológico transversal del tomate de árbol fresco, y rehidratado se concluye que no existe mayor diferencia entre ellos, pues la estructura celular de los dos cortes se mostraron similares, en el caso del rehidratado no presenta daños ni rupturas en las membranas ni pared celular, los núcleos son semejantes al fresco; además no presenta espacios entre las células formando así un tejido compacto capaz de retener de manera correcta el líquido rehidratante.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

1. La deshidratación debe ser realizada en un ambiente controlado y en condiciones óptimas establecidas para de este modo no tener un producto final de mala calidad, además así se garantiza que no existan mayores pérdidas de nutrientes, especialmente de los indicadores de eficacia del proceso que en su mayoría son vitaminas.
2. La industria alimentaria y el consumidor cada día es más exigente razón por la cual se deberían realizar trabajos de investigación posteriores con otras frutas y con distintos cortes ya que las frutas deshidratadas son usadas como complementos en cereales, repostería, pastelería, etc de este modo alcanzar un mayor y mejor rendimiento en cuanto al industrial y dar una opción más al consumidor.
3. Es importante recomendar que se tenga un estricto control en cuanto al tiempo y temperatura para la correcta rehidratación de manera que se eviten daños en los tejidos vegetales, que tornen al producto final desagradable, ya que una de las finalidades de este proceso es mantener las características sensoriales del rehidratado asemejándolo al fresco.
4. Se debe realizar estudios más profundos de investigación en rehidratación para encontrar nuevos líquidos rehidratantes y de este modo darle uso a la gran diversidad de frutas que nuestro país posee. Así como también aplicar estudios de la cinética de la rehidratación en las mismas.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN

El estudio de rehidratación en tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*) deshidratado se realizó en los laboratorios de Alimentos, Bioquímica, Microbiología e Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; con el fin de establecer las condiciones óptimas de tiempo, temperatura y líquido rehidratante que permitan alcanzar características sensoriales y nutricionales similares a la fruta fresca; para dicho estudio se aplicó el método experimental e inductivo-deductivo. Los análisis se realizaron utilizando espectrofotometría, HPLC y demás métodos analíticos. Se tomó como punto de partida la deshidratación de la fruta, continuando con su rehidratación en tres líquidos: agua, agua con glucosa y agua con ácido ascórbico; a tres temperaturas diferentes: 20°, 30° y 40°C.

Se obtuvo como resultados óptimos una temperatura de 40° C, tiempo de 15 minutos y el agua como mejor líquido rehidratante. La capacidad de rehidratación y capacidad de retención de agua ayudaron a determinar el comportamiento del tomate de árbol rehidratado, donde a medida que aumenta la capacidad de rehidratación, disminuye la capacidad de retención de agua lo que se debe a la temperatura usada. En cuanto al contenido nutricional el tomate rehidratado presenta un ligero aumento de cenizas, proteína, y fibra debido a la diferencia existente en el porcentaje de humedad. Mientras que se ven disminuidos componentes como, vitamina C y carotenos, debido a su inestabilidad frente a factores físicos de la rehidratación.

Al comparar el corte histológico del tomate de árbol fresco, y rehidratado no existe mayor diferencia entre ellos, pues las estructuras celulares de los dos se mostraron similares, llegando a la conclusión de que las condiciones establecidas son las óptimas.

Se recomienda tener un estricto control en cuanto al tiempo y temperatura para la correcta rehidratación de manera que se eviten daños en los tejidos vegetales, que tornen al producto final desagradable.

SUMMARY

The study of rehydration tree tomato (*Solanum betaceum cav*) dehydration was performed in the laboratories of Food Biochemistry, Microbiology and Instrumentation, Faculty of Science at the ESPOCH, in order to establish the optimum time, temperature, liquid that allows achieving sensorial and nutritional characteristics similar to fresh fruit. For this study we applied the experimental method and inductive-deductive method. Analyses were performed using spectrophotometry, HPLC and also analytical methods. It was taken as the starting point of the fruit dehydration, rehydration followed by three liquids: water, glucose water and water with ascorbic acid at three different temperatures: 20 °, 30 ° and 40 ° C.

Optimal results are obtained as a temperature of 40 °C, 15 min and water as best rehydration fluid. The ability of rehydration and water holding capacity helped to determine the behavior of the rehydrated tree tomato, whereas increases the capacity decreases rehydration water retention capacity, which is due to the temperature used. According to the nutritional content rehydrated tomato shows a slight increase of ash, protein and fiber due to the difference in the percentage of moisture. The components as vitamin C and carotene are diminished, due to its instability against physical factors rehydration.

When comparing the histological section of the tree fresh tomato and rehydrated no major difference between them, for the cellular structures of the two showed similarities, concluding that the conditions were optimal.

We recommended strict control as to time and temperature for proper hydration to prevent damage to plant tissues and thus prevent damage in the final product.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **ANZALDUA, A.**, La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica., Zaragoza-España., Acribia., 2000., Pp 67-77.
2. **BADVI, S.**, Química de los Alimentos., 4a. ed., México-DF., 2006., Pp. 11-15, 21
3. **BARBOSA, G.**, Deshidratación de Alimentos., Zaragoza- España., Acribia., 2002. Pp. 1-65, 89-94, 139-141.
4. **BRAVERMAN, J.**, Introducción a la Bioquímica de los Alimentos Vol I., México-D.F., El Manual Moderno., 1980., Pp. 135-138.
5. **BRAVERMAN, J.**, Introducción a la Bioquímica de los Alimentos Vol II., México-D.F., El Manual Moderno., 1980., Pp. 101-126, 221-232.
6. **BRITO, H.**, Texto Básico de Operaciones Unitarias., Riobamba-Ecuador., Xerox., 2001., Pp 16-37.
7. **DUCKWORTH, R.**, Frutas y verduras., España-Zaragoza., PergamonPress Ltd. 1968., Pp. 15-18, 52-57.
8. **EARLE, R.**, Ingeniería de los Alimentos las Operaciones Básicas Aplicadas a la Tecnología de los Alimentos., Zaragoza-España., Acribia., 1979., Pp. 450-452.
9. **FEELLOWS, P.**, Tecnología del Procesado de Alimentos Principios y Prácticas., Zaragoza España., Acribia., 1994., Pp. 316-322.

10. **GALLEGOS, J.**, Técnicas de Laboratorio de Microbiología., Riobamba-Ecuador., Xerox., Pp 40.
11. **GIANOLA, C.**, La industria de la fruta seca en almibar y confitada., 3a. ed., Madrid., Editorial Paraninto S.A., 1973., Pp. 18-20.
12. Guía Técnica de Cultivo Iniap., Manual N° 73., Quito-Ecuador., Arte Gráfica Silva., 2008., Pp. 444.
13. **KIRK, R. y otros.**, Composición y Análisis de Alimentos de Pearson., 2a. ed., México-D.F., Continental., 1999., Pp 284-290-296.
14. **LEON, J. y otros.**, Manual del Cultivo de Tomate de árbol., Quito-Ecuador., 2004., Pp 1-14,45.
15. **LUCAS, K.**, “Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de Sangolquí, provincia de pichincha”., Proyecto de Titulación Previo a la Obtención del título de Ingeniero Comercial y Empresarial., ESPOL., Guayaquil-Ecuador., TESIS., 2010., Pp. 35-42
16. **LUCERO, O.**, Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de alimentos., Riobamba-Ecuador., Xerox., 2005., Pp. 74.
17. **LUCERO, O.**, Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de alimentos., Riobamba-Ecuador., Xerox., 2005., Pp. 6-28, 43
18. **MACAS, M.**, Evaluación Nutricional de Tomate (*Lycopersicum esculentum I.*) Deshidratado., Riobamba-Ecuador., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba., TESIS., 2004., Pp 45.

19. **MENDOZA, E. y otros.**, Bromatología, Composición y Propiedades de los alimentos., México-D.F., Editorial Mc Graw Hill., 2010., Pp. 26-28.
20. **MONAR, E.**, Evaluación del potencial nutritivo de dos variedades de tomate de árbol (*Solanum betaceum cav*) deshidratado a tres temperaturas en secador de bandejas"., Riobamba-Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., TESIS., 2010., Pp 106-110.
21. **NORMAN W.**, Conservación de Alimentos., México-D.F., Continental., 2000., Pp. 85
22. **PETER, N. y otros.**, Pre elaboración y Conservación de Alimentos. México-D.F., 2002., Pp. 233-234.
23. **PROAÑO, F.**, Aspectos Socio-Económicos de los pequeños productores de tomate de árbol en el cantón Patate., Quito-Ecuador. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Económicas., TESIS., 2002., Pp. 126-132.
24. **RAY, B. y otros.**, Fundamentos de microbiología de los alimentos.
4a. ed., México-D.F., Editorial Mc Graw Hill., 2010., Pp. 12,13,27.
25. **TORRES, N.**, Determinación del potencial nutritivo y nutraceutico de cuatro cultivares de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*)., Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., TESIS., 2006., Pp. 67-76.
26. **WITTING, E.**, Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos., USACH., Pp 11, 21, 25, 28,29.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

27. ÁCIDO ASCÓRBICO

http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_asc%C3%B3rbico
2008/07/02

28. ÁCIDO ASCÓRBICO

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/vitamins/ascorbico.html>
2008/07/15

29. ALIMENTOS DESECADOS – REHIDRATACIÓN

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/12/31/182431.php>
2011/11/05

30. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Introducci%C3%B3n
2008/10/16

31. CAROTENO

<http://es.wikipedia.org/wiki/Caroteno>
2011/11/17

32. CAROTENO CONSUMO Y BENEFICIOS

http://www.rexallsundown.com/vf/healthnotes/HN_Live/Spanish/EsSupp/Carotenes.htm#Condition-Summary
2008/06/12

33. CAROTENOIDES

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html>

2011/11/17

34. CAROTENOIDES

http://www.puritan.com/vf/healthnotes/hn75_spanish/Es-Supp/Carotenes.htm

2011/11/17

35. CONCEPTOS GENERALES DEL ANÁLISIS SENSORIAL

http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/%C3%8Dndice.

2011/08/20

36. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

<http://www.alimentacion-sana.org/informaciones/novedades/conservacion.htm>

2011/11/09

37. CONTRERAS, C.

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf>

2011/11/10

38. CROMATOGRAFÍA

http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_1%C3%ADquida_de_alta_eficacia

2007/04/12

39. DESHIDRATACIÓN - LA FORMA MAS ANTIGUA Y SANA DE CONSERVAR LOS ALIMENTOS

<http://www.conasi.eu/content/pdfs/articulos/deshidratar.pdf>

2011/11/06

40. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LOS ALIMENTOS

<http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Revistas/Avance%20y%20perspectiva/sepoct02/12%20DESHIDRATACION.pdf>
2011/11/07

41. EL TOMATE DE ÁRBOL, FRUTA TROPICAL

<http://www.paginasamarillascantv.com.ve/guiadetalle.asp?id=171058&pSum=24&pCat>
2008/01/02

42. EL TOMATE DE ÁRBOL, FRUTA TROPICAL DE GRANDES PROPIEDADES

<http://db.paginasamarillascantv.com.ve/guiadetalle.jsp?id=171058&pSum=24&pCat=5>
2009/11/15

43. EL TOMATE DE ÁRBOL FRUTO DE MODERADO VALOR CALÓRICO

http://www.provinciasdominicanas.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=12285
2003/08/23

44. ESTABILIDAD DE LOS PIGMENTOS CAROTENOIDES EN LOS ALIMENTOS

http://www.alanrevista.org/ediciones/20042/estabilidad_pigmentos_carotenoides_alimentos.asp
2008/11/09

45. ESTUDIO DE COMPETITIVIDAD DEL TOMATE DE ÁRBOL

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/Estudio%20de%20Competitividad%20Tomate%20de%20Arbol.pdf>
2004/10/23

46. ESTUDIO DE PERFECTIVIDAD PARA EL TOMATE DE ÁRBOL

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/epftomarbol.pdf>

2011/11/11

47. FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

http://www.hola.com/gastronomia/nutricion/2005/08/03/12539_eltomate.html

2008/02/18

48. INTRODUCCIÓN AL SECADO DE ALIMENTOS POR AIRE CALIENTE.

http://books.google.com.ec/books?id=cUEt038sq90C&pg=PA11&dq=deshidratacion+de+alimentos&hl=es&ei=ZyeNTcKcBMeBgAfDl9SfDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC4Q6AEwAQ#v=onepage&q=deshidratacion%20de%20alimentos&f=false

2011/03/25

49. PROCESO DE SECADO

<http://www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml>

2011/11/09

50. TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/images/costos.gif>

2009/03/25

51. TOMATE DE ÁRBOL

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/general.html>

2009/07/09

52. TOMATE DE ÁRBOL

<http://www.tomatearbol.com/Tomate-de-Arbol/2>

2011/11/10

53. TOMATE DE ÁRBOL CULTIVOS-INFORMACIÓN COMPLETA

<http://www.solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Tomate%20de>

2011/11/09

54. TOMATE DE ÁRBOL EN RELACIÓN CON LA SALUD

<http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/tamarillo/salud.php>

2009/04/24

55. TOMATE DE ÁRBOL. TAMARILLO / TREE TOMATO / SWEET TOMATO

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tomate_arbol_mag.pdf

2009/05/18

56. LA VITAMINA C

<http://alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Nutricion/vitaC.htm>

2011/11/19

57. REVISTA CHILENA DE NUTRICIÓN., CAPACIDAD DE HIDRATACIÓN DE LOS CEREALES PARA DESAYUNO KELLOGG`S.

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182005000200010&script=sci_arttext

2005/07/30

58. REVISTA CHILENA DE NUTRICIÓN., CAPACIDAD DE HIDRATACIÓN DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182006000500009&script=sci_arttext

2011/11/05

59. SCHMIDT-HEBBEL., LOS SENTIDOS COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS.

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmacuticas/wittinge01/index.html

2011/11/05

60. SISTEMAS Y MÉTODOS DE REGENERACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iyL5CKqgeuQJ:www.scribd.com/doc/13167391/Sistemas-y-Metodos-de-Regeneracion-de-Productos-Alimenticios+rehidrataci%C3%B3n+de+alimentos+deshidratados&cd=11&hl=es&ct=clnk&source=www.google.com>

2011/03/14

61. TIPOS DE DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

<http://agqnutricion.com/2009/02/tipos-de-deshidratacion-de-alimentos/>

2009/02/01

62. UNA ALTERNATIVA SALUDABLE: FRUTAS DESHIDRATADAS

<http://www.vivir-sano.net/salud-y-alimentacion/frutas-deshidratadas-alternativa-saludable/>

2011/03/27

63. UNA HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DESDE EL CONSUMIDOR

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/7AM18.htm>

2011/03/30

64. VEGA, A., LA REHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS.

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182006000500009&script=sci_arttext

2006/12/01

65. VITAMINA C

<http://www.zonadiet.com/nutricion/vit-c.htm>

2011/11/18

66. VITAMINA C

<http://www.nutrinfo.com/pagina/info/vitc0.html>

20080312

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO Nº1. TEST DE TUKEY CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO CON TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO EN TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES A 40°C.

TOMATE DE ÁRBOL

HSD de Tukey^a

tomate	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
reH2O	2	11,413600			
fresco	2		15,307800		
re Glu 0,13%	2			18,646050	
re Aci 0,13%	2				58,993350
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.

ANEXO Nº2. TEST DE TUKEY CONTENIDO DE CAROTENOS EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO CON TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO EN TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES A 40°C.

TOMATE DE ÁRBOL

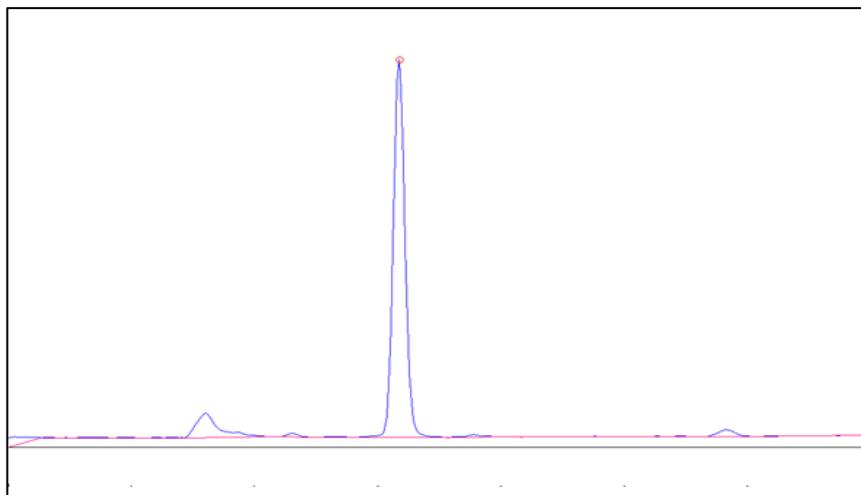
HSD de Tukey^a

Tomate	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
reH2O	2	,627900
Fresco	2	,686900
re Ac 0,13%	2	,811600
re Glu 0,13%	2	,825400
Sig.		,460

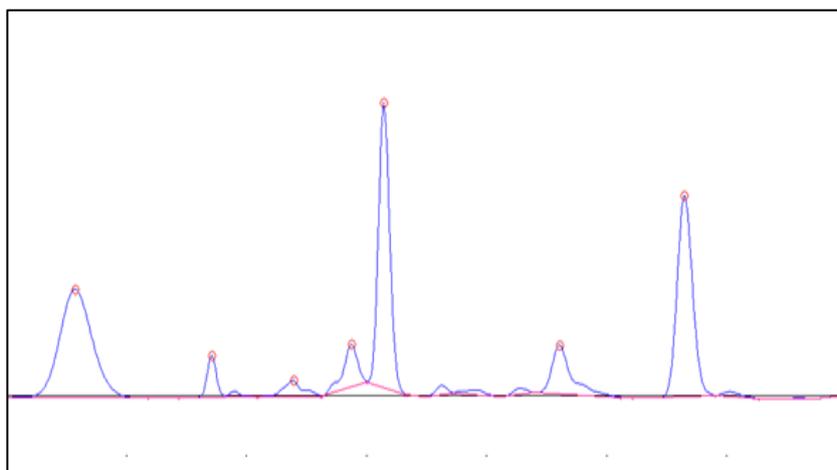
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2,000.

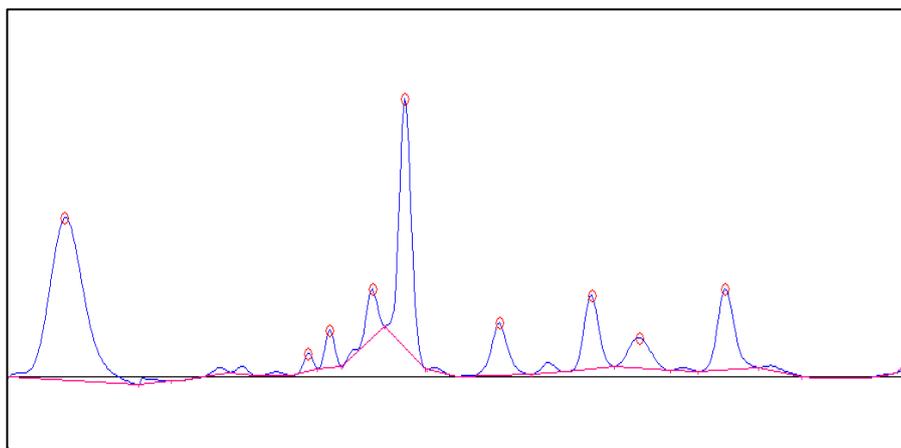
ANEXO Nº3. CROMATOGRAMA DEL ESTÁNDAR DE VITAMINA C



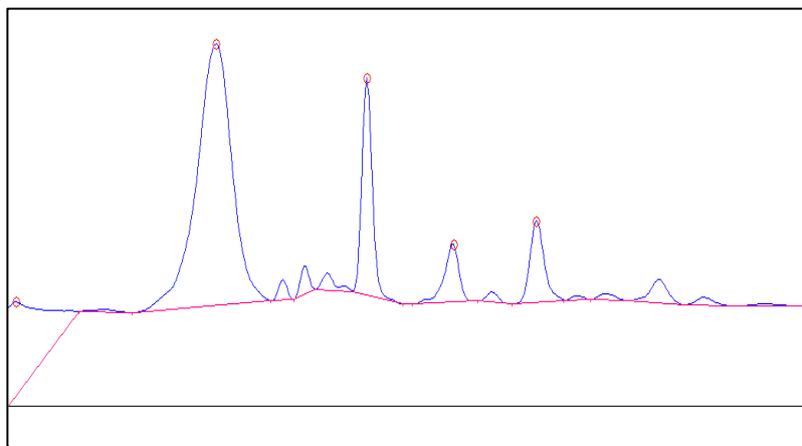
ANEXO Nº4. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO



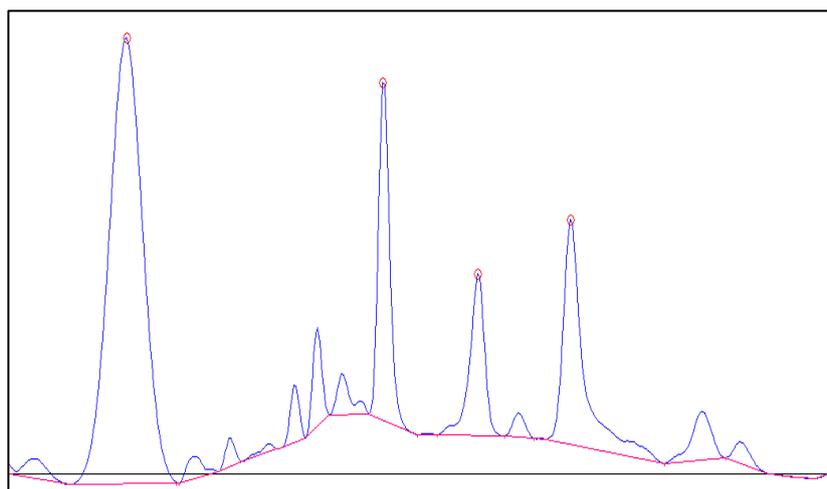
ANEXO Nº5. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE DESHIDRATADO



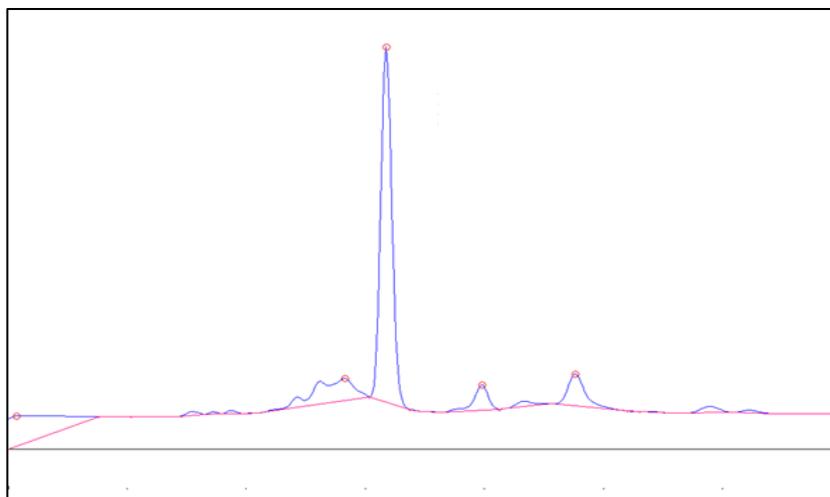
ANEXO N°6. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE REHIDRATADO CON AGUA



ANEXO N°7. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE REHIDRATADO CON GLUCOSA 0,13%



ANEXO N°8. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE REHIDRATADO CON ÁCIDO ASCÓRBICO 0,13%



ANEXO Nº9. FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN



TOMATE DE ÁRBOL FRESCO

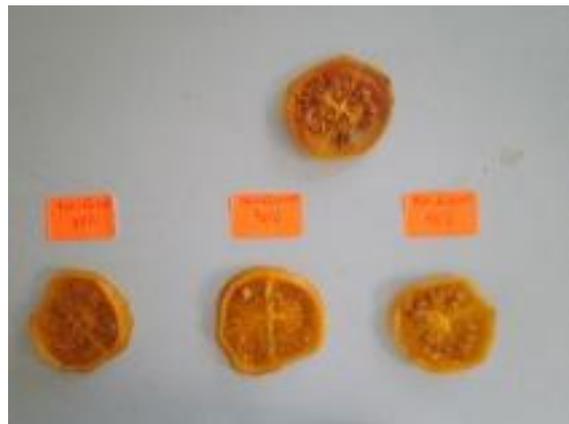


TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO

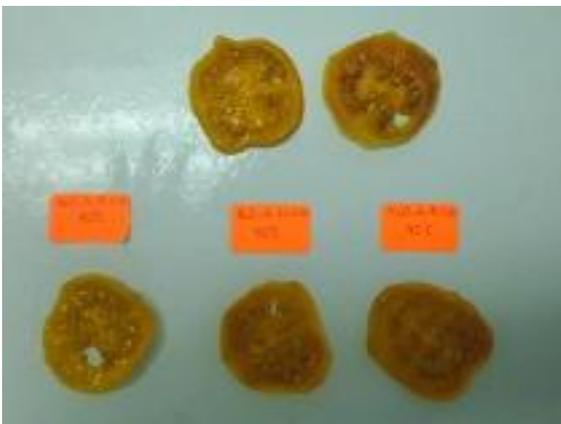
ANEXO Nº10. FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE REHIDRATACIÓN



REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL 40°C



REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL 40°C EN AGUA



REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL 40°C EN GLUCOSA



REHIDRATACIÓN DE TOMATE A 40°C EN A. ASCÓRBICO



MEDICIÓN DE °BRIX

ANEXO Nº11. FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS DE INDICADORES (VITAMINA C Y CAROTENOS)

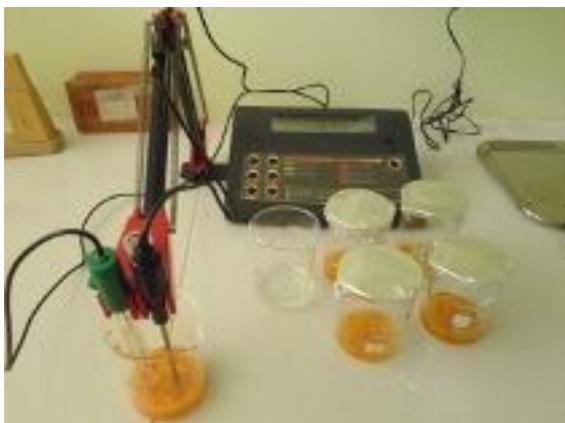


DETERMINACIÓN DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO EN TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES A 40°C



DETERMINACIÓN DE CAROTENOS EN TOMATE DE ÁRBOL REHIDRATADO EN TRES LÍQUIDOS REHIDRATANTES A 40°C

ANEXO Nº12. FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL TOMATE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO



DETERMINACIÓN DE pH



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



DETERMINACIÓN DE CENIZAS



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS (digestión)



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS (destilación y titulación)





DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO



DETERMINACIÓN DE FIBRA



DETERMINACIÓN DE AZÚCARES



ANEXO Nº13. FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TOMATE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO



PLACAS PETRIFILM DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANEXO Nº14. RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TOMATE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
AREA DE MICROBIOLOGIA
Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-2960591

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTO 023-12

Solicitado por: Katusca Aviles

Dirección: Cdla. Los Alamos

Teléfono: 084147734

Tipo de muestra: Tomate de arbol fresco

Marca: NA

Lote:NA

Fecha de Recepción: 15 de Marzo de 2012

Código:023-12

01 EXAMEN FISICO

Color: Pardo

Olor: característico normal, dulzon, agradable

Aspecto: normal

02 DETERMINACIONES	METODO USADO Y CONDICIONES DE INCUBACION	VALORES DE REFERENCIA *	VALORES ENCONTRADOS
Determinación de Levaduras y Hongos ufc/g	Método AOAC (997.02) Recuento de levaduras y mohos , film seco rehidratable) 20-25±1 °C / 5 dias		<1

*

03 OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS

Inicio	Final
15/03/12	21/03/12


Maritza Yanez Navarrete
Tecnica de Laboratorio



NOTA: El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo. El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización del laboratorio.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
AREA DE MICROBIOLOGIA
Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-2960591

EXAMEN MICROBIOLOGICO DE ALIMENTO 022-12

Solicitado por: Katusca Aviles

Dirección: Cdla. Los Alamos

Teléfono: 084147734

Tipo de muestra: Tomate de arbol deshidratado

Marca: NA

Lote:NA

Fecha de Recepción: 15 de Marzo de 2012

Código:022-12

01 EXAMEN FISICO

Color: Pardo

Olor: característico normal, dulzon, agradable

Aspecto: normal

02 DETERMINACIONES	METODO USADO Y CONDICIONES DE INCUBACION	VALORES DE REFERENCIA *	VALORES ENCONTRADOS
Determinación de Levaduras y Hongos ufc/g	Método AOAC (997.02) Recuento de levaduras y mohos , film seco rehidratable) 20-25±1 °C / 5 días		<1

*

03 OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS

Inicio	Final
15/03/12	21/03/12


Maritza Yanez Navarrete
Tecnica de Laboratorio



NOTA: El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo. El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización del laboratorio.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
AREA DE MICROBIOLOGIA
Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-2960591

EXAMEN MICROBIOLOGICO DE ALIMENTO 021-12

Solicitado por: Katusca Aviles

Dirección: Cdla. Los Alamos

Teléfono: 084147734

Tipo de muestra: Tomate de arbol rehidratado

Marca: NA

Lote:NA

Fecha de Recepción: 15 de Marzo de 2012

Código:021-12

01 EXAMEN FISICO

Color: Pardo

Olor: característico normal, dulzon, agradable

Aspecto: normal

02 DETERMINACIONES	METODO USADO Y CONDICIONES DE INCUBACION	VALORES DE REFERENCIA *	VALORES ENCONTRADOS
Determinación de Levaduras y Hongos ufc/g	Método AOAC (997.02) Recuento de levaduras y mohos , film seco rehidratable) 20-25±1 °C / 5 dias		<1

*

03 OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS

Inicio	Final
15/03/12	21/03/12


Maritza Yanez Navarrete
Tecnica de Laboratorio



NOTA: El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo. El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización del laboratorio.

ANEXO N°15. MODELOS DE ENCUESTAS APLICADAS EN LA UNIDAD EDUCATIVA “MARÍA AUXILIADORA”

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

Estamos desarrollando el proyecto de investigación “ESTUDIO DEL PROCESO DE REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO (*Solanum betaceum cav*) VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE” y necesitamos realizar la prueba de degustación para establecer la aceptabilidad del producto, por lo que solicitamos su colaboración sincera.

FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

TIPO: Diferencial

FECHA: _____

PRODUCTO: TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum cav*)

HORA: _____

PROCEDIMIENTO: Por favor, marcando con una X sírvase indicar el grado de diferenciación entre el estándar (A) y las muestras (B,C,D):

	TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum cav</i>)		
	B-A	C-A	D-A
No hay diferencia			
Diferencia muy pequeña			
Diferencia pequeña			
Diferencia moderada			
Gran diferencia			
Extremadamente diferentes			

La diferencia se basa en:

	TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum cav</i>)		
	B-A	C-A	D-A
Color			
Textura			
Olor			
Sabor			

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Estamos desarrollando el proyecto de investigación "ESTUDIO DEL PROCESO DE REHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL DESHIDRATADO (*Solanum betaceum cav*) VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE" y necesitamos realizar la prueba de degustación para establecer la aceptabilidad del producto, por lo que solicitamos su colaboración sincera

FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

TIPO: Diferencial

FECHA: _____

PRODUCTO: JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum cav*)

HORA: _____

PROCEDIMIENTO: Por favor, marcando con una X sírvase indicar si hay diferencias entre las muestras presentadas:

Sobre el grado de diferencia dentro de cada par de muestras:

	JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum cav</i>)
	§ - %
No hay diferencia	
Diferencia muy pequeña	
Diferencia pequeña	
Diferencia moderada	
Gran diferencia	
Extremadamente diferentes	

La diferencia se basa en:

	JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum cav</i>)
	§ - %
Color	
Consistencia	
Olor	
Sabor	

La calidad es:

	JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum cav</i>)	
	§	%
Excelente		
Buena		
Regular		
Mala		

ANEXO N°16. EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA “MARÍA AUXILIADORA”



EVALUACIÓN SENSORIAL RODAJAS DE TOMATE



EVALUACIÓN SENSORIAL JUGO DE TOMATE

ANEXO N°17. CORTE HISTOLÓGICO DEL TOMATE FRESCO, DESHIDRATADO Y REHIDRATADO



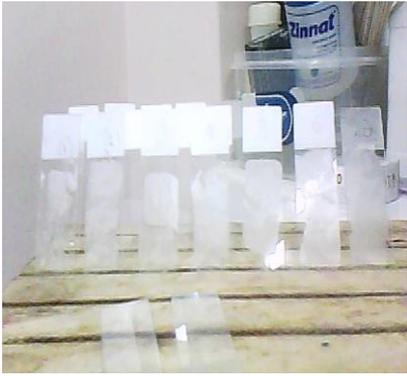
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA



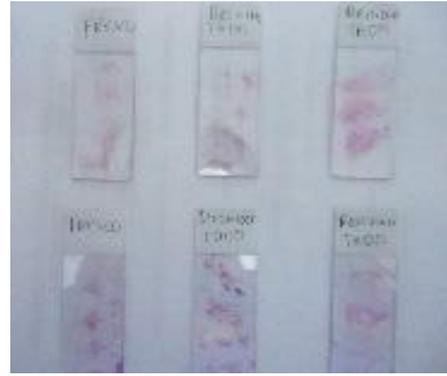
ENFRIAMIENTO DEL BLOQUE



CORTE EN MICRÓTOMO



PLACAS ANTES DE COLORACIÓN



PLACAS TEÑIDAS (Hematoxilina-Eosina; Safranina)