



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL POTENCIAL NUTRITIVO DE DOS  
VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.)  
DESHIDRATADO POR MICROONDAS A TRES POTENCIAS”.**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO**

**PRESENTADO POR**

**MÓNICA DEL CARMEN SAGÑAY TANQUEÑO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

## ***DEDICATORIA***

*A Dios por ser la guía y soporte en mi vida.*

*A mi familia por su amor y respaldo, en especial a mi madre por ser incondicional al brindarme su apoyo espiritual, moral y económico para la culminación de mi carrera.*

## ***AGRADECIMIENTO***

Mi agradecimiento y gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias y por su intermedio a la Escuela de Bioquímica y Farmacia por permitirme formarme profesionalmente.

A la Dra. Mayra Espinoza, Directora de Tesis y a los miembros del Tribunal; Ing. César Avalos, Dr. Carlos Pilamunga quienes me brindaron el apoyo necesario para realizar el presente trabajo de investigación.

Gracias a todos los maestros que contribuyeron realmente en mi formación académica contribuyendo con sus consejos, sus formidables clases, su paciencia y su amistad como persona.

A mis padres y hermanos quienes supieron darme el apoyo necesario para la culminación de esta etapa en mi carrera.

A mis amigos y compañeros cuyos nombres no se mencionan pero que estuvieron a mi lado contribuyendo con este trabajo investigativo.

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que El trabajo de investigación: “ESTUDIO COMPARATIVO DEL POTENCIAL NUTRITIVO DE DOS VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav.*), DESHIDRATADO POR MICROONDAS A TRES POTENCIAS”, de responsabilidad de la señorita egresada Mónica el Carmen Sagñay Tanqueño, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE  | FIRMA | FECHA |
|---|-------|-------|
| Dra. Yolanda Díaz<br>DECANO FAC. CIENCIAS                     | ----- | ----- |
| Dr. Luis Guevara<br>DIRECTOR ESCUELA<br>BIOQUÍMICA Y FARMACIA | ----- | ----- |
| Dra. Mayra Espinoza<br>DIRECTOR DE TESIS                      | ----- | ----- |
| Ing. César Ávalos<br>MIEMBRO DEL TRIBUNAL                     | ----- | ----- |
| Tc. Carlos Rodriguez<br>DIRECTOR CENTRO<br>DE DOCUMENTACIÓN   | ----- | ----- |
| NOTA DE TESIS   | ----- |       |

Yo Mónica del Carmen Sagñay Tanqueño, 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

---

**MÓNICA DEL CARMEN SAGÑAY TANQUEÑO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

|                    |  |
|--------------------|--|
| $\Delta$           | Absorbancia                              |
| $^{\circ}\text{C}$ | Grados Celsius                           |
| A                  | Área                                     |
| A.G                | Anaranjado Gigante                       |
| $a_w$              | Actividad de agua                        |
| cm                 | Centímetros                              |
| g                  | Gramos                                   |
| h                  | Hora                                     |
| ha                 | Hectáreas                                |
| HPLC               | Cromatografía Líquida de Alta Resolución |
| kg                 | Kilogramo                                |
| L                  | Litros                                   |
| m                  | Metros                                   |
| M.G                | Morado Gigante                           |
| min                | Minutos                                  |
| msnm               | Metros sobre el nivel del mar            |
| P                  | Potencia                                 |
| t                  | Tiempo                                   |
| t/ha               | Toneladas por hectárea                   |
| UPC/g              | Unidades propagadoras por colonia        |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>MARCO TEÓRICO.....</b>                                    | <b>1</b> |
| 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        |
| 1.1.3.1  | Raíces.....  | 4        |
| 1.1.3.2  | Hojas.....   | 4        |
| 1.1.3.3  | Flores.....  | 4        |
| 1.1.3.4  | Fruto.....   | 4        |
| 1.       | Tamaño y peso.....   | 4        |
| 2.       | Color.....   | 4        |
| 3.       | Sabor.....   | 4        |
| 4.       | Pulpa.....   | 4        |
| 5.       | Semillas.....  | 4        |
| 1.1.4    | Producción geográfica del Tomate de Árbol en el Ecuador..... | 5        |
| 1.1.5    | Canales y estrategias de comercialización.....               | 6        |
| 1.1.6    | Perspectivas futuras.....                                    | 7        |
| 1.1.7    | Variedades.....  | 7        |
| 1.1.7.1  | Cultivar Anaranjado Gigante.....                             | 8        |
| 1.1.7.2  | Cultivar Morado Gigante.....                                 | 8        |
| 1.1.8    | Composición Nutricional.....                                 | 9        |
| 1.1.9    | Utilidades.....  | 10       |
| 1.1.10   | Beneficios de consumo.....                                   | 10       |
| 1.1.11   | Ácido L-Ascórbico (Vitamina C).....                          | 11       |
| 1.1.11.1 | Estructura química.....                                      | 11       |
| 1.1.11.2 | Características.....   | 12       |
| 1.1.11.3 | Funciones.....   | 12       |
| 1.1.12   | Antocianos.....  | 13       |
| 1.1.12.1 | Estructura química.....                                      | 13       |
| 1.1.12.2 | Antocianinas en el Tomate de Árbol.....                      | 14       |
| 1.1.12.3 | Características.....   | 14       |
| 1.1.12.4 | Beneficios.....  | 15       |
| 1.1.13   | Carotenos.....   | 15       |
| 1.1.13.1 | Estructura química.....                                      | 15       |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1.1.13.2 | Características.....   | 16 |
| 1.1.13.3 | Carotenos en el Tomate de Árbol.....                                   | 16 |
| 1.1.13.4 | Funciones.....   | 17 |
| 1.1.14   | Deshidratación.....  | 17 |
| 1.1.14.1 | Mecanismo de deshidratación.....                                       | 18 |
| 1.1.14.2 | Aparatos y procedimientos.....   | 18 |
| 1.1.15   | Curvas de secado.....  | 19 |
| 1.1.16   | Proceso de secado.....   | 20 |
| 1.1.17   | Comportamiento de los sólidos durante el secado.....                   | 21 |
| 1.1.17.1 | Periodo de inducción inicial.....                                      | 21 |
| 1.1.17.2 | Periodo de velocidad constante.....                                    | 21 |
| 1.1.17.3 | Periodo de decaimiento de velocidad.....                               | 21 |
| 1.1.17.4 | Contenido de humedad crítica.....                                      | 21 |
| 1.1.18   | Tipos de deshidratación.....   | 22 |
| 1.1.18.1 | Deshidratación al aire libre.....                                      | 23 |
| 1.1.18.2 | Deshidratación por aire.....   | 23 |
| 1.1.18.3 | Deshidratación por rocío.....  | 23 |
| 1.1.18.4 | Deshidratación Osmótica.....   | 24 |
| 1.1.18.5 | Deshidratación al vacío.....   | 24 |
| 1.1.18.6 | Deshidratación por congelación.....                                    | 23 |
| 1.1.18.7 | Deshidratación en secador de bandejas.....                             | 24 |
| 1.1.18.8 | Deshidratación en Microondas.....                                      | 25 |
| 1.       | Fundamento.....  | 25 |
| 2.       | Características y ventajas.....  | 27 |
| 3.       | Conversión de energía eléctrica en energía electromagnética.....       | 27 |
| 4.       | Potencias utilizadas.....  | 28 |
| 1.1.19   | Contracción de un fragmento de alimento durante la deshidratación..... | 28 |
| 1.1.20   | Características físicas, químicas de alimentos deshidratados.....      | 29 |
| 1.1.20.1 | Textura.....   | 28 |
| 1.1.20.2 | Aroma .....  | 30 |
| 1.1.20.3 | Color .....  | 30 |
| 1.1.20.4 | Valor Nutritivo.....   | 30 |
| 1.1.21   | Contenido de agua de los alimentos.....                                | 31 |
| 1.1.22   | Análisis proximal y bromatológico.....                                 | 32 |
| 1.1.22.1 | Determinación de Humedad.....  | 32 |
| 1.1.22.2 | Determinación de Cenizas.....  | 33 |
| 1.1.22.3 | Determinación de Fibra.....  | 33 |
| 1.1.22.4 | Determinación de Proteína.....   | 34 |
| 1.1.22.5 | pH.....  | 34 |
| 1.1.23   | Métodos Espectrofotométricos.....                                      | 35 |
| 1.1.24   | Métodos Cromatográficos.....   | 35 |
| 1.1.25   | Análisis Microbiológico.....   | 36 |
| 1.1.26   | Efecto de la deshidratación en los microorganismos.....                | 37 |
| 1.1.27   | Prueba Estadística Análisis de Varianzas “ADEVA”, Prueba Tukey.....    | 38 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>2</b> | <b>PARTE EXPERIMENTAL.....</b>   | <b>40</b> |
| 2.1      | Lugar de investigación.....  | 40        |
| 2.2      | Materiales, equipos y reactivos.....   | 40        |
| 2.2.1    | Material vegetal.....  | 40        |
| 2.2.2    | Materiales usados.....   | 41        |
| 2.3      | Métodos.....   | 42        |
| 2.3.1    | Fase experimental.....   | 42        |
| 2.3.1.1  | Análisis físico del tomate de árbol.....   | 42        |
| 2.3.1.2  | Determinación de peso.....   | 42        |
| 2.3.1.3  | Determinación de pH.....   | 42        |
| 2.3.1.4  | Determinación de la Humedad inicial.....   | 43        |
| 2.3.1.5  | Determinación de la Humedad Higroscópica.....  | 44        |
| 2.3.1.6  | Determinación de Cenizas.....  | 44        |
| 2.3.1.7  | Determinación de Fibra.....  | 46        |
| 2.3.1.8  | Determinación de Proteína.....   | 48        |
| 2.3.1.9  | Determinación de Azúcares.....   | 50        |
| 2.3.1.10 | Determinación de Extracto Etéreo.....  | 53        |
| 2.3.1.11 | Determinación de Antocianos Totales.....   | 55        |
| 2.3.1.12 | Determinación de Carotenos Totales.....  | 56        |
| 2.3.1.13 | Determinación de Vitamina C.....   | 57        |
| 2.3.1.14 | Determinación de Mohos y Levaduras.....  | 59        |
| 2.3.1.15 | Análisis Estadístico.....  | 59        |
| <b>3</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>60</b> |
| 3.1      | Evaluación físicas- organolépticas.....  | 60        |
| 3.2      | Deshidratación del tomate de árbol en sus dos variedades.....  | 61        |
| 3.3      | Determinación de antocianos, carotenos y vitamina C como parámetros de eficiencia del proceso de deshidratación..... | 66        |
| 3.4      | Análisis proximal y complementario del tomate de árbol anaranjado, morado gigante fresco y deshidratado .....        | 74        |
| 3.4.1    | Determinación de pH.....   | 74        |
| 3.4.2    | Determinación de Humedad.....  | 75        |
| 3.4.3    | Determinación de Ceniza.....   | 76        |
| 3.4.4    | Determinación de Fibra.....  | 77        |
| 3.4.5    | Determinación de proteína.....   | 78        |
| 3.4.6    | Determinación de Azúcares Totales, Reductores y no reductores.....   | 79        |
| 3.4.7    | Determinación de Extracto Etéreo.....  | 80        |
| 3.5      | Análisis Microbiológico del Tomate de Árbol Fresco y deshidratado.....   | 81        |
|          | <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>83</b> |
|          | <b>RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>85</b> |
|          | <b>RESUMEN .....</b>   | <b>86</b> |
|          | <b>SUMARY .....</b>  | <b>87</b> |
|          | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | <b>88</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| CUADRO No. 1 | Resultado de evaluación física - organoléptica del tomate de árbol anaranjado gigante, morado gigante fresco y deshidratado a 70W.....                         | 60 |
| CUADRO No. 2 | Resultados del proceso de deshidratación del tomate de árbol anaranjado gigante a 70 W con intervalos de 5 minutos.....  | 62 |
| CUADRO No. 3 | Resultados del proceso de deshidratación del tomate de árbol anaranjado gigante a 70 W con intervalos de 10 minutos. ....                                      | 63 |
| CUADRO No. 4 | Resultados del proceso de deshidratación del tomate de árbol morado gigante a 70 W con intervalos de 10 minutos.....   | 64 |
| CUADRO No. 5 | Resultados del proceso de deshidratación de tomate de árbol a tres potencias con dos intervalos de tiempo.....   | 65 |
| CUADRO No. 6 | Contenido de vitamina C en muestras de tomate de árbol fresco y deshidratado en tres potencias a dos intervalos de tiempo expresado en base seca.....          | 66 |
| CUADRO No. 7 | Contenido de Antocianos y Carotenos en muestras estudiadas   | 68 |
| CUADRO No. 8 | Análisis estadístico de contenido de vitamina C en tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a 70 , 140, 210w con intervalos de 10 minutos..... | 70 |
| CUADRO No. 9 | Análisis estadístico de contenido de vitamina C en tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a 70 , 140, 210w con intervalos de 10 minutos.....     | 71 |
| CUADRO No.10 | Análisis estadístico de contenido de Antocianos en tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a 70, 140, 210 W.....                                  | 72 |
| CUADRO No.11 | Análisis estadístico de contenido de Carotenos en tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a 70, 140, 210 W                                    | 73 |
| CUADRO No.12 | Contenido nutricional de dos variedades de tomate de árbol promedio en muestras estudiadas.....  | 74 |
| CUADRO No.13 | Contenido promedio de hongos (mohos y levaduras) en muestras estudiadas.....   | 82 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| TABLA No. 1 | Taxonomía y Morfología del Tomate de Árbol.....  | 3  |
| TABLA No. 2 | Caracterización química de tomate de árbol ( <i><u>Solanum betaceum</u></i> <i><u>cav</u></i> ) de los cultivares: anaranjado gigante, morado gigante..... | 9  |
| TABLA No. 3 | Sustituyentes de Antocianinas.....   | 14 |
| TABLA No. 4 | Tipos de Cromatografía.....  | 36 |
| TABLA No. 5 | “ANOVA” de un factor.....  | 38 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| FIGURA No.1 | Distribución Geográfica de la Producción de Tomate de Árbol. | 5  |
| FIGURA No.2 | Estructura química del Ácido L-ascórbico.....                | 11 |
| FIGURA No.3 | Estructura química del Antociano.....                        | 13 |
| FIGURA No.4 | Estructura química del $\beta$ -Caroteno.....                | 15 |
| FIGURA No.5 | Curva de secado. Humedad vs Tasa de secado.....              | 19 |
| FIGURA No.6 | Perfil de Secado de un Sólido.....                           | 21 |
| FIGURA No.7 | Penetración de Microondas en el Agua.....                    | 25 |
| FIGURA No.8 | Contracción de un Alimento durante la Deshidratación.....    | 28 |
| FIGURA No.9 | Cambio de peso durante el Proceso de Secado.....             | 31 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| GRÁFICO No.1   | Curva de secado del tomate de árbol anaranjado gigante a 70 W con intervalos de tiempo de 5 minutos.....                            | 62 |
| GRÁFICO No.2   | Curva de secado del tomate de árbol anaranjado gigante a 70 W con intervalos de tiempo de 10 minutos.....                           | 63 |
| GRÁFICO No.3   | Curva de secado del tomate de árbol morado gigante a 70 W con intervalos de 10 minutos.....   | 64 |
| GRÁFICO No.4   | Relación de Contenido de Vitamina C en Tomate de árbol Anaranjado Gigante Fresco y deshidratado a 70,140,210W.....                  | 67 |
| GRÁFICO No.5   | Relación de contenido de Vitamina C en Tomate de árbol Morado Gigante Fresco y deshidratado a 70, 140, 210 W.....                   | 68 |
| GRÁFICO No.6   | Relación de contenido de Antocianos en tomate de árbol Morado gigante.....  | 69 |
| GRÁFICO No.7   | Relación de contenido de Carotenos en tomate de árbol Anaranjado Gigante.....   | 70 |
| GRÁFICO No.8   | Relación de pH en Tomate de árbol fresco y deshidratado a 70 W.....   | 75 |
| GRÁFICO No.9   | Contenido de humedad en porcentaje de tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....  | 76 |
| GRÁFICO No.10  | Contenido de cenizas en porcentaje de tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....  | 77 |
| GRÁFICO No.11  | Contenido de Fibra en porcentaje de Tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....  | 78 |
| GRÁFICO No.12  | Contenido de Proteína en porcentaje de Tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....                                       | 79 |
| GRÁFICO No.13  | Contenido de Azúcares totales en porcentaje de Tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....                               | 80 |
| GRÁFICO No. 14 | Contenido de Extracto Etéreo porcentaje de Tomate de árbol fresco y deshidratado (Base seca).....                                   | 81 |
| GRÁFICO No. 15 | Contenido de Mohos y levaduras en Tomate Anaranjado y morado gigante fresco y deshidratado a 70 W con intervalos de 10 minutos..... | 82 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| FOTOGRAFÍA No. 1 | Tomate de árbol ( <i><u>Solanum betaceum Cav.</u></i> )..... | 3  |
| FOTOGRAFÍA No. 2 | Anaranjado Gigante.....                                      | 8  |
| FOTOGRAFÍA No. 3 | Morado Gigante.....  | 8  |
| FOTOGRAFÍA No. 4 | Deshidratación de Tomate de Árbol en microondas.....         | 24 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| ANEXO No. 1 | Determinación de pH NTE INEN 389.....  | 96  |
| ANEXO No. 2 | Cromatograma del Stándar de Vitamina C.....  | 96  |
| ANEXO No. 3 | Cromatograma de Vitamina C del Tomate de árbol Anaranjado Gigante fresco.....  | 97  |
| ANEXO No. 4 | Cromatograma de Vitamina C del Tomate de árbol Morado Gigante fresco.....  | 97  |
| ANEXO No. 5 | Cromatograma de Vitamina C de la muestra deshidratada de Tomate de árbol Anaranjado Gigante.....   | 98  |
| ANEXO No. 6 | Cromatograma de Vitamina C de la muestra deshidratada de Tomate de árbol Morado Gigante.....   | 98  |
| ANEXO No. 7 | Método de recuento de Mohos y levaduras: Siembra en Superficie.....  | 99  |
| ANEXO No. 8 | Análisis estadístico de contenido de vitamina C en tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a 70 , 140, 210W con intervalos de 10 minutos..... | 100 |
| ANEXO No.9  | Análisis estadístico de contenido de vitamina C en tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a 70 , 140, 210W con intervalos de 10 minutos          | 101 |
| ANEXO No10  | Análisis estadístico de contenido de Antocianos en tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a 70, 140, 210 W                                       | 101 |
| ANEXO No.11 | Análisis estadístico de contenido de Carotenos en tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a 70, 140, 210 W.....                               | 102 |
| ANEXO No.10 | Fotografías del proceso de deshidratación.....   | 102 |
| ANEXO No.11 | Fotografías del análisis bromatológico del fresco y los deshidratados.....   | 103 |

## INTRODUCCIÓN

La importancia que en los últimos años han ganado las frutas deshidratadas se basa en sus beneficios nutricionales, ya que al secarse la fruta fresca, se concentran al máximo sus elementos: proteínas, hidratos de carbono, vitaminas, sales minerales y fibra. El Tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) considerado como una fruta exótica por su contenido de sustancias antioxidantes que retrasan el deterioro de tejidos orgánicos, previenen el cáncer, retrasan el envejecimiento también es considerado un alimento funcional, es decir ofrece una o más funciones beneficiosas en el organismo, posee fitoquímicos los mismos que vienen a ser los pigmentos que le dan el color y el aroma característicos.(42)

El tomate de árbol es un producto muy poco explotado por la industria ecuatoriana a pesar de ser un alimento nutraceútico, la producción está limitada a jugos, pulpas y conservas que se comercializan popularmente en plazas, tiendas, mercados y supermercados, en tanto que la producción de tomate deshidratado es nula; mientras nuestros hermanos países exportan tomate de árbol y otros frutos deshidratados debido a la gran acogida que han tenido por los consumidores esta investigación brinda un método optimizado a la obtención de tomate de árbol deshidratado que conserva sus propiedades nutritivas y nutraceúticas, a su vez permitirá la obtención de un alimento estable microbiológicamente.(40)

Si bien las frutas y vegetales se consumen generalmente frescas, un gran número de ellas han de ser procesadas y/o conservadas por razones económicas, logísticas, o para mejorar su digestibilidad, por necesidades culinarias o para facilitar su consumo a determinado grupos

de consumidores. Uno de los métodos más eficientes para mover agua de pedazos de alimentos es la deshidratación ya que es un proceso mediante el cual se reduce peso y volumen reduciendo también los gastos de transporte y almacenamiento. Algunas de las ventajas de la deshidratación por microondas en comparación con otros procesos incluyen la reducción al mínimo de pérdidas de color y sabor por el calor e influye positivamente en la retención de compuestos volátiles durante el secado final.(20) (46)

Por lo expuesto el presente trabajo tuvo como objetivo principal el “Estudio Comparativo del Potencial Nutritivo de dos variedades de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum Cav.*) deshidratado por Microondas a tres potencias”, para ello se caracterizó física, química y microbiológicamente el tomate de árbol en sus dos variedades en fresco; se lo deshidrato a tres potencias 70, 140 y 210 W, se comprobó que el tiempo de secado se ve influenciado por la potencia es así que se han estimado los valores de deshidratación a 70 W el Tomate de árbol en sus dos variedades se secó en un tiempo de 70 minutos, mientras que el tiempo de secado a 140 W fue de 50 minutos, y a 210 W el tiempo fue de 30 minutos; se evaluó nutricionalmente según los parámetros de eficiencia posteriormente se determino el tiempo y potencia adecuados para el deshidratado; finalmente se compararon los resultados obtenidos del deshidratado en relación a la fruta fresca.

Además se realizó el análisis físico, químico y microbiológico del deshidratado que menor pérdida de parámetros de eficiencia mantuvo, es decir el que se expuso a 70 W de potencia. Este trabajo permitió comprobar que el deshidratado conserva parcialmente intactas las características sensoriales como son el sabor, color en tanto que conserva el valor nutritivo, cabe mencionar que tradicionalmente los productos deshidratados se limitaban a ciertos postres, hoy en día se pueden encontrar como parte de guisos en ensaladas, en panecitos, en sopas, en postres, etc. Las frutas deshidratadas no requieren cocinarse, son fácil de transportar y comer, y se encuentran disponibles todo el año.

# 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. 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.* Algunas características botánicas como su forma de crecimiento, o el gran número de semillas que ocupan una proporción sustancial del fruto, sugieren que la especie ha sido domesticada hace relativamente poco tiempo.(46)(48)

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.(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 600-3 300 msnm, donde la temperatura óptima está entre 14- 20°C pero a 4°C sufre daño, el encharcamiento y vientos fuertes afectan directamente.(46)(60)

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, mientras tanto esta fruta goza de una excelente aceptación por parte de los consumidores regionales, especialmente por consumidores de la Sierra Ecuatoriana, a nivel internacional se ha detectado la presencia de países que demandan el producto. (13)(48)

### **1.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

El tomate de árbol es conocido en otros países como "tamarillo", "tomate de agua", "tomate cimarrón", "tomate chimango", "tomate de Lima", "tomate del monte", etc. Pero en la Tabla No.1 podremos observar la taxonomía que posee este frutal de forma simultánea.(4)

TABLA No.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL TOMATE DE ÁRBOL

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| REINO        | Vegetal              |
| DIVISIÓN     | Fanerógamas          |
| CLASE        | Dicotiledóneas       |
| SUBCLASE     | Simpétalas           |
| GÉNERO       | Solanum              |
| ORDEN        | Tubifloras           |
| FAMILIA      | Solanaceae           |
| ESPECIE      | Solanum betaceum.Cav |
| NOMBRE COMÚN | Tomate de árbol      |

FUENTE: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NUTRITIVO Y NUTRACEÚTICO DE 4 CULTIVARES DE TOMATE DE ÁRBOL.. TESIS Bioq,Famc.

### 1.1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS



FOTOGRAFÍA No.1 TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum. Cav*)

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) observado en la Fotografía No.1 es una planta arbustiva que posee tallos semileñosos, de forma erecta y ramificada a una altura de 1.50 m y 2 m con la copa alcanza 3 m de altura.(42)

**1.1.3.1 Raíces** son profundas y ramificadas cuando la reproducción se hace por semillas; cuando se hace por estaca son superficiales y bastante ramificadas.(41)

**1.1.3.2 Hojas** es de inserción alterna, tiene cierto aroma a almizcle y forma más o menos acorazonada en la base.

**1.1.3.3 Flores** presentan 5 lóbulos color rosa pálido, 5 prominentes estambres color amarillo y un cáliz color verde púrpura. Son por lo regular de autopolinización, existiendo también la posibilidad de polinización cruzada por factores como el viento e insectos.(46)(48)

**1.1.3.4 Fruto** es una baya de forma ovoide, está cubierto por una piel, gruesa, lisa, turgente y brillante, de un cierto sabor amargo y posee las siguientes características.

**1. TAMAÑO Y PESO:** unos 8 cm. de largo y 5 cm. de diámetro, con un peso de 80-120 g.

**2. COLOR:** su piel es de color rojo, anaranjado o amarillo según la variedad. (42) (18)

**3. SABOR:** tiene un sabor agridulce, ligeramente amargo.

**4. PULPA:** es muy jugosa, su color varía de acuerdo a su variedad. (4)

**5. SEMILLAS:** son semiplanas, lisas, redondas de 2- 4 mm de diámetro de color amarillento o a veces pardo. Se encuentran en el interior del fruto están rodeadas 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.(41)(4)

### 1.1.4 PRODUCCIÓN GEOGRÁFICA DEL TOMATE DE ÁRBOL EN EL ECUADOR



FUENTE Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador 2001. [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)

**FIGURA No. 1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL.**

Debido a las condiciones agro-ambientales del Ecuador, el tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) no es un cultivo estacional en el país; la cosecha es continua en un cultivo escalonado. La temperatura estable a lo largo del año y los prolongados periodos de luminosidad de la zona ecuatorial determinan, entre otros factores, que la fruta del Ecuador tenga un mejor desarrollo de sus almidones, lo que resulta en un sabor menos ácido y muy agradable. (11) (5)

Además, la altura de las zonas de producción provee un medio relativamente libre de plagas y enfermedades, por lo que el cultivo requiere de menos insumos químicos. La producción se inicia entre los 10 a 12 meses de la siembra. El cultivo es más productivo durante los 3 primeros años, alcanza rendimientos entre 40 000 y 50 000 kg/ha/año. (46)(60)

La producción nacional de tomate de árbol observada en la Figura No.1 se distribuye de la siguiente manera: Consumo en fresco (94.30%), agroindustria (0.50%), exportación (0.20%) y pérdida poscosecha (5%).(60)

De acuerdo al tercer censo nacional agropecuario, en el Ecuador, en datos porcentuales de superficie, las provincias en las que más se cultiva el tomate de árbol para 2001 son: Tungurahua (36.20%), Imbabura (22.65%) y Azuay (13.12%). El tomate de árbol se ubica entre los 10 primeros frutales en cuanto a producción; a pesar de ello, ha tenido una participación bastante inestable ya que ha ido desde 3.12% en 1999, hasta 1.42% en el 2006.(47) (8)

### **1.1.5 CANALES Y ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACIÓN**

El productor puede vender la fruta en el campo; cosechar y vender la fruta en sacos de polietileno al mayorista, o bien empacar en cajas de madera, fletar un transporte y llevar a vender su fruta a comerciantes minoristas en el mercado, o en mercados mayoristas, o bien ampliar los canales de comercialización al vender directamente al consumidor como la venta de cajón, alternativa que algunos productores utilizan en ferias libres o esquinas en calles y avenidas, cuando tienen su producción relativamente cerca de un centro urbano. Otra alternativa de comercialización del fruto es vender su producción, previo acuerdo escrito, con un supermercado (Supermaxi, Mi Comisariato, Santa María, etc), teniendo la ventaja de conocer de antemano la producción solicitada por éste y asegurando la venta total o parcial de su producción. (46)

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.(60)

### **1.1.6 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Las perspectivas futuras del mercado externo del tomate de árbol son realmente alentadoras. Los productores y exportadores ecuatorianos de esta fruta incrementan considerablemente sus ventas al mercado español. Según los datos estadísticos del Banco Central del Ecuador, las exportaciones de tomate de árbol a la Unión Europea son todavía muy reducidas, ya que ascendieron en el 2003 a 11.80 toneladas, y subieron a 14.10 toneladas en el período enero-septiembre de 2004, concentrándose fundamentalmente en España, Holanda y Reino Unido.(55)

Los precios que se pagan en el mercado externo son muy atractivos, además las cuotas de importación en este rubro son cada vez mayores. Los mercados competidores presentan serios problemas internos que limitan la expansión de los campos de cultivo, esto añadido al hecho de que sufren los ataques persistentes de patógenos específicos del cultivo, debido a que sus tierras no son aptas para dicho cultivo.(46)

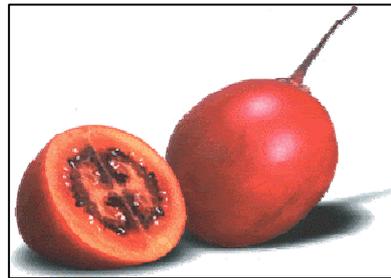
### **1.1.7 VARIEDADES**

En el país existen probablemente cinco diversidades cultivadas nativas de tomate de árbol y una introducida desde Nueva Zelanda. Sin embargo, la mayoría de estas no se conservan en estado de pureza varietal ya que los agricultores combinan dos o más variedades en una misma plantación provocando de esta forma la polinización cruzada intervarietal; y, por ende, se da la formación de algunas semillas híbridas por fruto.(60)

Las diversidades de tomate de árbol que se producen en nuestro país son: amarilla, preferido por la industria y el consumidor; mora, la segunda en aceptación; neozelandés; Anaranjado gigante apreciada en la Fotografía No. 2; Morado gigante se puede apreciar en la Fotografía No. 3. Ninguna de las variedades antes mencionadas muestran estacionalidad.(60)



FOTOGRAFÍA No.2 ANARANJADO GIGANTE



FOTOGRAFÍA No.3 MORADO GIGANTE

### **1.1.7.1 Cultivar 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; el diametro de la copa puede tener 3.14 m por lo que las distintas plantaciones no deben ser inferiores a 1.60 m entre plantas. 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 mas tardio. En un año de cosecha este cultivar puede alcanzar producciones de al menos 32 t/ha. Este genotipo es de mayor cultivo en la actualidad, debido a que presenta frutos de buen tamaño, característica que es apreciada en el mercado.(4)

### **1.1.7.2 Cultivar Morado Gigante**

Las plantas de este cultivar se ramifican a 1.36 m de altura alcanzan alturas totales cercanas a los 2.62 m; el diametro de la copa puede tener 3.21 m por lo que las distancias mínimas de plantación no deben ser inferiores a 1.60 m entre plantas. Los árboles inician a florecer en los valles subtropicales a los 163 días desde su plantación y se cosechan sus frutos a partir de los 353 días. En un año de cosecha, este cultivar puede alcanzar producciones al menos 47t/ha.(4)

### 1.1.8 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), es una fruta de alto valor nutricional 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.(45)(52)

**TABLA No.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav*)DE LOS CULTIVARES: ANARANJADO GIGANTE, MORADO GIGANTE,**

| ANÁLISIS                                 | ANARANJADO GIGANTE        | MORADO GIGANTE             |
|--|---------------------------|----------------------------|
| HUMEDAD (%)*                             | 87.16±1.17                | 89.21± 0.22                |
| CENIZAS (%)*                             | 0.81± 0.03                | 0.80 ±0.00                 |
| pH*                                      | 3.76± 0.04                | 3.45 ±0.01                 |
| ACIDEZ TITULABLE (%)*<br>(ácido cítrico) | 1.87± 0.04                | 1.91± 0.02                 |
| VITAMINA C (mg/g) *                      | 0.33± 0.19                | 0.28 ±0.23                 |
| SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix) *               | 12.7 ±1.00 <sup>(1)</sup> | 10.70± 1.00 <sup>(2)</sup> |
| AZUCARES TOTALES (%)*                    | 8.13± 0.08                | 4.49 ±0.06                 |
| AZUCARES REDUCTORES (%)*                 | 4.69±0.14                 | 2.71 ±0.01                 |
| POLIFENOLES TOTALES (mg/g) *             | 0.84± 0.01                | 0.83± 0.01                 |
| ANTOCIANINA (DO <sub>544nm</sub> ) *     | ----                      | 3.43± 0.02                 |
| CAROTENOIDES (mg/g) *                    | 0.23± 0.12                | -----                      |
| AZUCARES*                                | GLUCOSA (%)               | 1.38± 0.03                 |
|  | FRUCTOSA (%)              | 1.64± 0.10                 |
|  | SACAROSA (%)              | 2.21± 0.03                 |
| ÁCIDOS ORGÁNICOS*                        | ACIDO CÍTRICO (%)         | 7.22± 0.23                 |
|  | ACIDO MÁLICO (%)          | 1.12± 0.04                 |
|  |                           | ND                         |

\* En base fresca± desviación estándar de 3 repeticiones.

1. En base fresca ± desviación estándar de 134 repeticiones

2. En base fresca desviación estándar de 50 repeticiones

ND no detectable

..... No se analizó

Fuente: TORRES NELLY, (2006), "DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NUTRITIVO Y NUTRACEÚTICO DE CUATRO CULTIVARES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav*)". Tesis Bioquímico Farmacéutico, Facultad de Ciencias, ESPOCH, Riobamba- Ecuador.(48)

### **1.1.9 UTILIDADES**

El tomate de árbol es una fruta muy versátil en cuanto a variedad de preparaciones; además, su utilización es fácil porque sus semillas son comestibles. Es una fruta de consumo tradicional en la sierra ecuatoriana, preparada especialmente en jugo y en conservas de almíbar. Adicionalmente, es un excelente complemento para ensaladas de frutas, y es deliciosa preparada en helados, jaleas, mermeladas y una variedad de dulces por su gran contenido de pectina; se utiliza también en platos de carnes con sabores combinados, así como platos gourmet. (52)(68)(59)

El tomate de árbol se puede procesar y comercializar, en pulpa congelada, concentrado. 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. Es un excelente complemento para ensaladas de frutas, y vegetales. (5) (13)

Por su sabor y apariencia, combinada con otros alimentos que lo enriquecen en matices y nutrientes, por lo que lo pueden consumir los niños, los jóvenes, los adultos, los deportistas, las mujeres embarazadas, madres lactantes y las personas mayores. (43)

### **1.1.10 BENEFICIOS DE CONSUMO**

En frutoterapia, el tomate de árbol es muy apreciado por la variedad de aplicaciones, el consumo de la fruta fortalece el cerebro y la memoria, contribuye a curar migrañas y cefaleas severas, controla la rinitis y beneficia el sistema circulatorio, como bebida, se prepara en jugos usándolo en programas de reducción de peso debido a su efecto saciante. El jugo es bueno para bajar el nivel del colesterol en la sangre. Por su alto contenido de vitamina F es utilizado para el tratamiento de las enfermedades dérmicas, en especial sobre las cicatrices, y puede eliminar las arrugas faciales. Estudios realizados indican que la

fruta, contiene ácido gamma aminobutírico, que baja la tensión arterial, por ello es útil para los hipertensos.(46)(59)

Por su aporte de provitamina A y vitamina C como anti oxidantes, su consumo es adecuado para quienes tienen un mayor riesgo de sufrir carencias de dichas vitaminas. Algunas situaciones como: periodos de crecimiento, embarazo y lactancia materna, contribuyen a reducir el riesgo de múltiples enfermedades entre ellas las cardiovasculares, degenerativas incluyendo el cáncer. El contenido de fibra de esta fruta le confiere propiedades laxantes y contribuye a reducir las tasas de glucemia en la persona que tiene diabetes.(5)

### 1.1.11 ÁCIDO L- ASCÓRBICO (VITAMINA C)

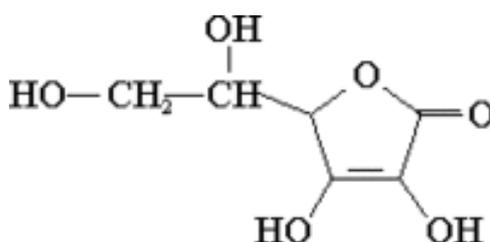


FIGURA No.2 ESTRUCTURA QUÍMICA DEL ÁCIDO L- ASCÓRBICO

#### 1.1.11.1 Estructura química

El ácido ascórbico tiene una estructura de lactona como se aprecia en la Figura No.2. 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.

La vitamina C es considerada un ácido orgánico y un antioxidante. Por ello los tiempos de deshidratación deben ser cortos, las temperaturas bajas y durante el almacenamiento el

contenido en agua, concentración de oxígeno deben también mantenerse bajos para evitar posibles pérdidas.(26)(27)

### **1.1.11.2 Características**

La vitamina C es soluble en agua, sensible al calor. 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.(26)

### **1.1.11.3 Funciones**

Sus funciones son diversas, pero todavía no se sabe si actúa como coenzima o como cofactor, al tener gran capacidad de captar y liberar hidrógeno (oxido-reducción), su papel en el metabolismo es de gran importancia:

- Como reductor del  $Fe^{+3}$  a  $Fe^{+2}$  lo que asegura una mayor absorción a nivel del intestino.
- En el sistema inmunológico, al ayudarlo a luchar contra las infecciones y contra las células cancerosas, protege el organismo de los “radicales libres”
- Participar en la hidroxilación de la prolina para formar hidroxiprolina en la síntesis de colágeno, sustancia de la cual depende la integridad de la estructura celular en todos los tejidos fibrosos (tejido conjuntivo, cartílago, matriz ósea, dentina, piel y tendones).
- Participar en la cicatrización de heridas, fracturas y hemorragias.
- Una alimentación rica en vitamina C ofrece una protección añadida contra todo tipo de cáncer. (27)

### 1.1.12 ANTOCIANOS

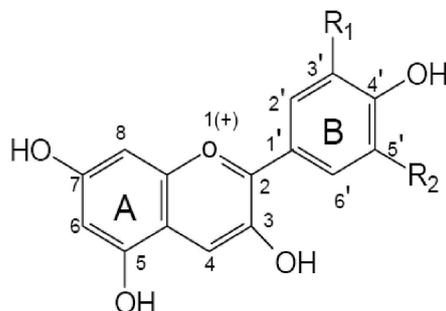


FIGURA No.3 ESTRUCTURA QUÍMICA DEL ANTOCIANO (DURST Y WROLSTAD, 2001)

#### 1.1.12.1 Estructura química

En la Figura No.3 observamos el glucósidos de antocianidina, perteneciente a la familia de los flavonoides. (24)

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Los incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos que alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, caféico, ferúlico, sináptico, gálico, o p-hidroxibenzóico.(54)

En la Tabla N°3 presentamos el resumen de las antocianinas más importantes dentro de la naturaleza:

**TABLA No.3 SUSTITUYENTES DE ANTOCIANINAS**

| <i>Aglicona</i>             | Sustitución |           | $\lambda$ max (nm) |
|-----------------------------|-------------|-----------|--------------------|
|                             | <b>R1</b>   | <b>R2</b> |                    |
| <u><i>Pelargonidina</i></u> | H           | H         | 494 (naranja)      |
| <u><i>Cianidina</i></u>     | OH          | H         | 506 (naranja-rojo) |
| <u><i>Delfinidina</i></u>   | OH          | OH        | 508 (azul-rojo)    |
| <u><i>Peonidina</i></u>     | OCH3        | H         | 506 (naranja-rojo) |
| <u><i>Petunidina</i></u>    | OCH3        | OH        | 508 (azul-rojo)    |
| <u><i>Malvidina</i></u>     | OCH3        | OCH3      | 510 (azul-rojo)    |

FUENTE: UNIVERSIDAD DE SEVILLA, DURST Y WROLSTAD, 2001

### 1.1.12.2 Antocianinas en el Tomate de Árbol

Dentro de las principales antocianinas que se identificaron en el tomate de árbol se pueden citar: Pelargonidin-3-rutinosido, pelargonidin-3-glucosido, cianidin-3-rutinosido, cianidin-3-glucosido, delfinidin-3-rutinosido y delfinidin-3-glucosido.

El tejido mucilaginoso que rodea a las semillas presenta mayor concentración de antocianinas (0.0064 mmol·g peso fresco) que la piel y la pulpa adyacente a la piel (0.0097 y 0.00032 mmol·g peso fresco). (54)

### 1.1.12.3 Características

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano. Estos pigmentos naturales son sólidos

crystalizables, solubles en agua, solubles en alcohol e insolubles en disolventes polares (acetato de etilo). Son sensibles a los cambios de pH, calor, temperatura, presencia de oxígeno, concentración de ácido ascórbico. Se encuentra relacionado el efecto degradativo del O<sub>2</sub>, y ácido ascórbico en cuanto a la estabilidad de estos compuestos naturales.(31)

#### 1.1.12.4 Beneficios

El interés en estos pigmentos se ha intensificado gracias a sus posibles efectos terapéuticos, dentro de los cuales se encuentran la reducción de la enfermedad coronaria, los efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatoria y antidiabética; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo. (54)

#### 1.1.13 CAROTENOS

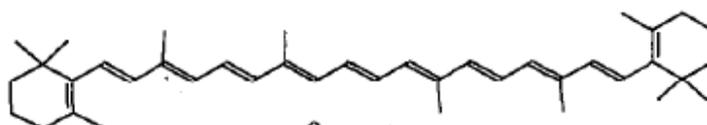


FIGURA No.4 ESTRUCTURA QUÍMICA DEL β-CAROTENO

##### 1.1.13.1 Estructura química

Químicamente los carotenoides son terpenoides, observado en la Figura No.4, están 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. 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.(44)

#### **1.1.13.2 Características**

Debido a su estructura, los carotenoides están sujetos a muchos cambios químicos inducidos por las distintas condiciones de procesamiento que se emplean en la industria alimentaria. Son pigmentos estables en su ambiente natural, pero 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.(44)

#### **1.1.13.3 Carotenos en el Tomate de Árbol**

Los principales carotenos presentes en el tomate de árbol son Criptoxantina (6.80-12.30 y 9.80-18.20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}$  peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente) y  $\beta$ -caroteno(6.20-12.80 y 4.90-11.80  $\mu\text{g}$  peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente) . El valor del fruto como aportador de pro-vitamina A proviene principalmente de estos dos carotenos.(48)

Los frutos de tomate de árbol presentan un contenido equivalente a 4 mg de carotenos totales por cada 100 g de muestra.

#### 1.1.13.4 Funciones

Al ser ingerido el  $\beta$ -caroteno 100% natural es transformado en Vitamina A en la mucosa.

- El  $\beta$ -caroteno también puede ser absorbido y almacenado en el tejido graso sin ser modificado, produciendo una coloración ligeramente amarilla en las palmas de las manos y las plantas de los pies.
- Reduce las probabilidades de ataques cardíacos.
- Funciona como un antioxidante liposoluble y aumenta la eficiencia del sistema inmunológico.
- Puede reducir la probabilidad de incidencia de algunos tipos de cáncer de piel.(34)

#### 1.1.14 DESHIDRATACIÓN

Se define a la deshidratación como la acción de privar a un cuerpo del agua que contiene. En el caso de los alimentos, la deshidratación se interpreta como la remoción de la humedad desde un producto alimenticio. (6)(40)

El secado o desecación es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos. De acuerdo con **King** (1974) el objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de un producto para lograr períodos de almacenamiento más largos. (9)(15)

Las frutas deshidratadas o secas varían en calidad y muestran grandes diferencias. Los principales factores que afectan la retención de vitaminas en frutas y verduras deshidratadas durante su almacenamiento son la temperatura, el tipo y método de empaque.(37)(38)

#### **1.1.14.1 Mecanismo de Deshidratación**

Cuando el aire entra en contacto con el alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor. El vapor de agua, que atraviesa por difusión de la capa de aire en contacto con el alimento es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre aquel una zona de baja presión y creándose entre el aire y el alimento un gradiente de presión de vapor. Este gradiente proporciona la fuerza impulsora que permite eliminar el agua.(9)(20)

#### **1.1.14.2 Aparatos y Procedimientos**

Existe un gran número de procedimientos y aparatos de secado, cada uno de los cuales fue motivo de amplios trabajos de investigación. Una clasificación global considera equipos de funcionamiento continuo y equipos de funcionamiento estacionario, o por lotes. Según el mecanismo de operación y la forma de transferencia de calor predominante, se los divide en equipos basados en conducción, convección, infrarrojo y dieléctricos. De acuerdo con las características del equipo, existen secadores de gabinete, cámara con bandejas, túnel, cilindros rotatorios, lechos fluidizados, secadores neumáticos y secadores por aspersión o pulverización. (6)(17)(29)

Una clasificación más técnica considera a los equipos según que el secado ocurra en proceso adiabático o en proceso no adiabático. Los primeros se caracterizan por que el calor de evaporación proviene del calor sensible de un gas en contacto con el material a secar, cuya superficie sólida experimenta un cambio en la temperatura hasta llegar a la temperatura de saturación adiabática del líquido puro. La cual permanece constante hasta que el sólido no tiene agua libre en la superficie. A este grupo pertenecen los secadores de partículas por aspersión, lechos fluidos, lechos móviles, rotatorios; secadores de bandejas o capas, como los secadores de túnel, gabinete, bandejas, cinta transportadora. En el caso de ser un proceso no adiabático el calor de evaporación se suministra mediante calor radiante o calor

transferido por conducción desde las superficies húmedas en contacto con el material. A este grupo pertenecen los diversos tipos de secadores que utilizan vacío, los secadores con presión o sistema de purga, los secadores de cilindros rotatorios y los secadores que utilizan radiación como los de microondas.(3)(17)

### 1.1.15 CURVAS DE SECADO

El comportamiento al secado de sustancias higroscópicas tales como los alimentos es mucho más complejo e incluso variable de una alimento a otro. Este comportamiento debe estudiarse experimentalmente en diversos tipos de secadores, midiendo la pérdida de peso de un producto sólido en el curso del tiempo, en función de diferentes parámetros. (39) (35)

Las curvas de secado se obtienen llevando sobre un diagrama, en función del tiempo, el contenido de agua del producto o bien la velocidad de secado en la Figura No.5. (6)

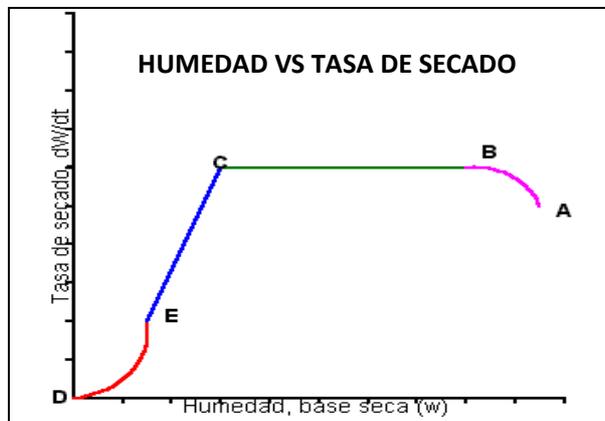


FIGURA No.5 CURVA DE SECADO

Al inicio (AB) el producto experimenta un pequeño aumento de temperatura. Luego la tasa de remoción de agua se vuelve constante (BC), con el producto a la temperatura de bulbo húmedo del aire. En esta etapa, la velocidad de secado está limitada por la tasa de transferencia de calor desde el aire a la superficie líquida. Cuando se alcanza el contenido de

humedad crítica la velocidad de secado es decreciente (CE). Puede existir un segundo período de velocidad decreciente (ED) en donde la humedad relativa de equilibrio para el material es menor del 100% ( $a_w < 1$ ). La velocidad de secado decreciente es controlada por la difusión de humedad hacia la superficie. En el punto D se alcanza el contenido de humedad de equilibrio y el producto deja de perder humedad. Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo, este será útil para la determinación directa del tiempo necesario en el secado discontinuo de grandes partidas bajo las mismas condiciones de secado.(7)

#### **1.1.16 PROCESO DE SECADO**

El secado se describe como un proceso de eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido y seco. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente.

- 1.- Habrá transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie (proceso 1).
- 2.- Habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido (proceso 2).

La velocidad a la cual el secado es realizado esta determinada por la velocidad a la cual los dos procesos, mencionados anteriormente, se llevan a cabo.

La transferencia de energía en forma de calor, de los alrededores hacia el sólido húmedo puede ocurrir como resultado de convección, conducción y/o radiación y en algunos casos se puede presentar una combinación de estos efectos. (56)(17)

### 1.1.17 COMPORTAMIENTO DE LOS SÓLIDOS DURANTE EL PROCESO SECADO

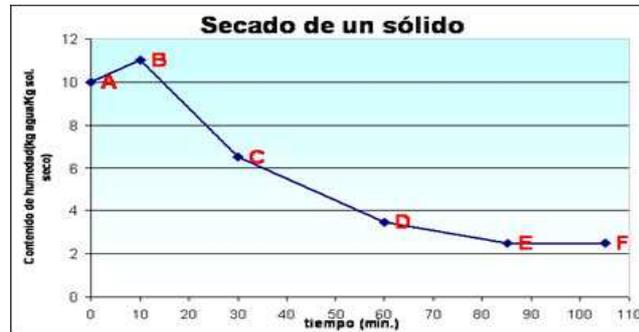


FIGURA No.6 PERFIL DE SECADO DE UN SÓLIDO

#### 1.1.17.1 Período de inducción inicial

Cuando un sólido se coloca en una estufa de secado, comienza a absorber calor e incrementa su temperatura hasta la fijada para el secado. A medida que la temperatura aumenta, la humedad se evapora y se empieza a enfriar el sólido. Posteriormente la velocidad de enfriamiento y calentamiento se igualan y la temperatura se estabiliza.(57)

#### 1.1.17.2 Período de velocidad constante

En el punto B la temperatura se estabilizará y permanecerá constante siempre y cuando haya una capa de humedad permanente en la superficie del sólido. Entre los puntos B y C la humedad de evaporación de la superficie se reemplaza por el agua de difusión del interior del sólido a una velocidad igual a la de evaporación, aquí la velocidad de secado/unidad de superficie es constante.

### **1.1.17.3 Período de decaimiento de velocidad**

En el punto C, el agua de la superficie no se reemplazará más para mantener la capa. Pequeñas manchas empiezan a parecer y la velocidad del secado comienza a decaer. A esto se le llama contenido de humedad crítica. (57)

### **1.1.17.4 Contenido de humedad crítica**

En el punto D conocido como punto crítico, es el punto donde finaliza el periodo de velocidad constante. Aquí, el agua de superficie del sólido está totalmente evaporada y la velocidad de secado dependerá de la difusión de humedad a la superficie del sólido. Por lo anterior, este punto depende de la porosidad y del tamaño de partícula del sólido que se está secando. Entre los puntos D y E la velocidad de secado cae rápidamente y el periodo se denomina segundo periodo de disminución de velocidad. En el punto E la velocidad del secado es cero y comienza la humedad de equilibrio poniéndose el sólido en equilibrio con su ambiente externo (la temperatura y % de humedad es constante). (57)

Cada uno de los periodos que experimenta un sólido se encuentra representado en la Figura No.6

## **1.1.18 TIPOS DE DESHIDRATACIÓN**

Desde la prehistoria surge la idea o necesidad de conservar para el futuro los alimentos de los que se dispone en gran cantidad en un momento dado. La conservación implica el mantenimiento de las cualidades nutritivas del alimento durante bastante tiempo. La primera técnica desarrollada por el hombre primitivo fue probablemente la desecación y la deshidratación.

- ✓ Otro gran descubrimiento fue el de los efectos del calor (cocidos, asados).
- ✓ El calor deshidrata, pero tiene además otros efectos, tanto por el humo como por las transformaciones que induce en los alimentos.

- ✓ La conservación por frío también data de la prehistoria y se ha ido progresando hasta conseguir la congelación gracias a las cámaras de refrigeración.

Existen 2 técnicas principales de conservación de los alimentos:

- ✓ Conservación por calor.
- ✓ Conservación por frío. (53)

Dentro de las cuales podremos citar las siguientes deshidrataciones de uso más frecuente:

#### **1.1.18.1 Deshidratación al aire libre**

Está limitada a las regiones templadas o cálidas donde el viento y la humedad del aire son adecuados. Generalmente se aplica a frutas y semillas, aunque también es frecuente para algunas hortalizas como los pimientos y tomates.

#### **1.1.18.2 Deshidratación por aire**

Estos equipos están diseñados de forma que suministren un elevado flujo de aire en las fases iniciales del proceso, que luego se va reduciendo conforme se desplaza el producto sometido a deshidratación. (21)

#### **1.1.18.3 Deshidratación por rocío**

Mediante este método, el producto a deshidratar, presentado como fluido, se dispersa en forma de una pulverización atomizada en una contracorriente de aire seco y caliente, de modo que las pequeñas gotas son secadas, cayendo al fondo de la instalación. Presenta la ventaja de su gran rapidez. (7)(8)

#### **1.1.18.4 Deshidratación osmótica**

Este tipo de deshidratación es adecuada a trozos de frutas u otros alimentos y la preconcentración osmótica de alimentos se realiza usualmente hasta alcanzar una reducción en peso del 50%, ya que una reducción mayor requiere mucho tiempo.(1)(17)

#### **1.1.18.5 Deshidratación al vacío**

En los secadores mediante vacío la transferencia de calor se realiza mediante radiación y conducción y pueden funcionar por partidas o mediante banda continua con esclusas de vacío en la entrada y la salida. (21)

#### **1.1.18.6 Deshidratación por congelación**

Consiste en la eliminación de agua mediante evaporación directa desde el hielo, y esto se consigue manteniendo la temperatura y la presión por debajo de las condiciones del punto triple.(21)

#### **1.1.18.7 Deshidratación en Secador de Bandejas**

Un secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan en grupos de bandejas.

Son los secadores de bandeja son los más antiguos y aún los más utilizados. El secado puede durar hasta dos días dependiendo del tipo de material y su contenido de humedad.(23).

### **1.1.18.8 Deshidratación en Microondas**

El secado por microondas es una técnica que se ha empleado últimamente como una opción de secado de productos biológicos. Los productos secados en microondas se secan más rápidamente en comparación a los métodos convencionales utilizados.(51)



**FOTOGRAFÍA No.4 DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL EN MICROONDAS**

Los hornos microondas son electrodomésticos en los que la disipación de calor es más uniforme y recientemente ha sido aplicada en los alimentos por la rápida transferencia de calor, razón por la cual en los diversos tratamientos térmicos la tecnología de microondas resulta ser una alternativa para el procesamiento. (50)(51)

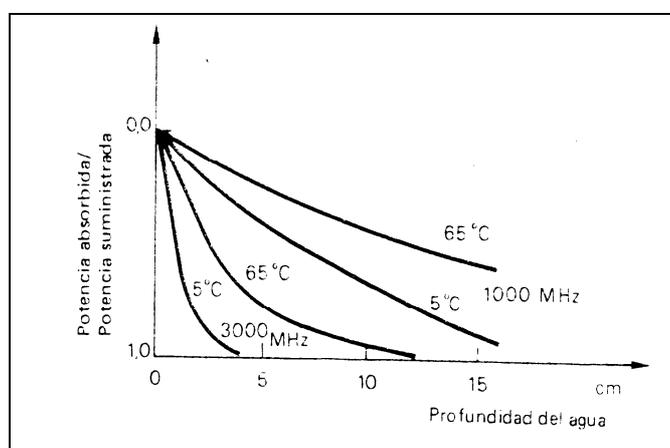
La cantidad de energía absorbida por un cuerpo expuesto a la radiación de microondas dependerán del tamaño del cuerpo y de la longitud de onda de la radiación, así como también de la posición del primero en el campo de la radiación. En general, las ondas más cortas se absorben en la superficie unos 2.5 cm de profundidad, mientras que las de mayor longitud producen un calentamiento más profundo.(6) (49)(12)

### **1. FUNDAMENTO**

La utilización de las microondas consiste en la aplicación de radiaciones no ionizante a los alimentos con el fin de esterilizarlos y prolongar su conservación sin necesidad de frío. Garantizando la conservación de los alimentos y evitando la transmisión de enfermedades

por vía alimentaria, eludiendo así los problemas sanitarios que alimentos en mal estado podrían causar en quienes los ingieren.

Por lo tanto una nueva opción es la utilización de las microondas por medio de la irradiación, que es un tratamiento físico, por el que se aplica sobre el alimento una elevada cantidad de energía en forma de radiación no ionizante. Esto significa que se aplica solo energía y no partículas. Es por ello que resulta muy difícil que los alimentos resulten radioactivos. (17)



**FIGURA No.7 PENETRACIÓN DE MICROONDAS EN EL AGUA**

La base científica que explica cómo opera un horno de microondas es la siguiente: los alimentos contienen normalmente moléculas de agua, éstas tienen la característica de un dipolo eléctrico, es decir, poseen un extremo con carga positiva y un extremo con carga negativa.

El campo electromagnético generado en el horno microondas mueve literalmente las moléculas de agua orientándolas en una dirección como la Figura No.7. Pero apenas las moléculas de agua se orientan en una dirección determinada, el campo eléctrico se invierte, con lo que todas las moléculas de agua cambian su posición (rotan). Estas inversiones de la orientación del campo electromagnético suceden rápidamente, a razón de 2 500 millones de veces por segundo, lo que produce calor por la agitación molecular.(50)(51)

## 2. CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Si un alimento no contiene agua, u otro líquido polar, no se calienta.
- El calor se produce donde hay moléculas polares moviéndose, es decir, puede ser en el interior de un alimento.
- No rompen enlaces químicos ni originan cambios moleculares en los componentes alimentarios.
- La naturaleza de las reacciones químicas que se producen es idéntica a la de los calentamientos convencionales.
- Si existe un adecuado control de la distribución del calor durante el proceso, cabe esperar a nivel cuantitativo un menor deterioro de los componentes e incluso mejores características organolépticas.
- A pesar de que en algunas ocasiones han surgido estudios que parecían apuntar hacia posibles efectos nocivos sobre la salud derivados de los alimentos tratados con microondas, después de más de medio siglo de utilización en el ámbito doméstico, no ha podido corroborarse ninguno de los efectos adversos señalados.(50)(51)

## 3. CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA

Se consigue la conversión de energía eléctrica en energía electromagnética de la frecuencia apropiada, por medio de aparatos emisores, llamados *magnetrones*: el rendimiento de la conservación en esta primera fase es del orden del 30-40%.

Un alimento colocado en el campo electromagnético, absorbe la energía y la transforma en calor, debido especialmente a fricciones intermoleculares y a las oscilaciones de las moléculas dipolares presentes en el medio que el campo haya creado; estos dipolos, primeramente moléculas de agua que tiene el alimento, cambian de orientación a cada cambio del sentido del campo, es decir, unas  $10^7$  a  $10^{10}$  veces por segundo.(6)

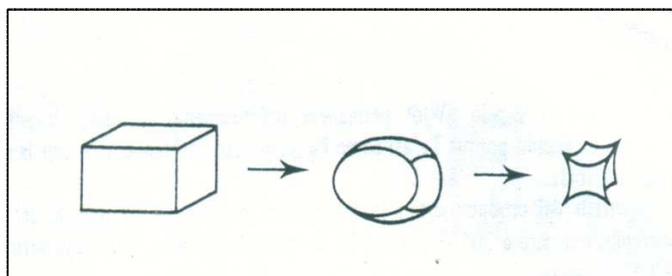
#### 4. POTENCIAS UTILIZADAS

A mayor potencia, el microondas cocina con mayor rapidez. Así, por ejemplo, si queremos cocinar un pollo de 1 kg a 1 400 Kw de potencia, tardaremos 10 minutos; si lo hacemos a 1 300 Kw, 11 minutos; a 1 200 Kw, 12 minutos y a 1 000 Kw, 14 minutos.

Las potencias pueden variar entre 800 W y 950 W. Pero además, existen diversos niveles de potencia. Los modelos de microondas con menor potencia tienen de 2.40 a 5 niveles de potencia, mientras que los de mayor potencia tienen de 5 a 8.

La potencia es importante porque, junto con el tiempo, determina cómo va a descongelarse, calentarse o cocinarse un alimento. (37)(49)

##### 1.1.19 CONTRACCIÓN DE UN FRAGMENTO DE ALIMENTO DURANTE LA DESHIDRATACIÓN



**FIGURA No.8 CONTRACCIÓN DE UN DE ALIMENTO DURANTE DESHIDRATACIÓN**

Cuando un alimento se somete a la deshidratación, se contrae en proporción a la salida progresiva de agua fuera de las células como se puede ver en la Figura No.8. Esta contracción es mucho más acusada cuando la deshidratación es lenta y se produce a pesar de la resistencia de los elementos estructurales de los tejidos.

Por lo contrario si la deshidratación es rápida, se forma inmediatamente una capa seca y rígida en la superficie del alimento que “fija” el volumen final del producto.

La deshidratación posterior de las partes profundas, va acompañada de desgarramientos y vacíos internos. Entonces se obtienen productos que conservan su forma inicial, pero que debido a su estructura porosa se rehidratan rápidamente.(7)

### **1.1.20 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE ALIMENTOS DESHIDRATADOS**

El secado de alimentos no sólo afecta el contenido en agua del producto, sino que también altera otras propiedades físicas, químicas y biológicas tales como la actividad enzimática, deterioro microbiano, textura, viscosidad, dureza, aroma, gusto y sabor de los alimentos.(3)

#### **1.1.20.1 Textura**

La textura de los alimentos es el parámetro de que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento, el tipo de la intensidad con que se realiza la reducción del tamaño y el modo de pelado. En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado.(57)

### **1.1.20.2 Aroma**

El calor no solo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. La intensidad con la que esta pérdida se produce depende de las temperaturas y de las concentraciones de sólidos en el alimento. La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos.(58)

### **1.1.20.3 Color**

La deshidratación cambia las características de la superficie de los alimentos y por tanto su color. Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila, están producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas de estos pigmentos.(30) (32)

### **1.1.20.4 Valor Nutritivo**

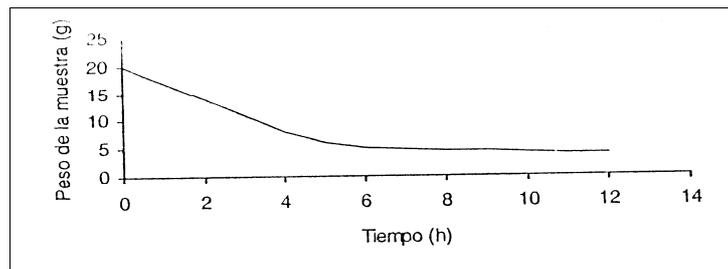
Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación de frutas son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas (por ejemplo: la riboflavina) alcanza su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Otras (por ejemplo: ácido ascórbico) se mantienen disueltas hasta que el contenido de agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Otras vitaminas liposolubles son más estables(a la oxidación y al calor).Por lo que sus pérdidas rara vez son superiores a parte, en la materia

seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimenta concentración alguna.(57)

### 1.1.21 CONTENIDO DE AGUA DE LOS ALIMENTOS

El agua libre o no ligada se define como el agua del alimento que se comporta como agua pura. El agua no ligada se elimina durante el periodo de velocidad constante de secado cuando la naturaleza del alimento no tiene un gran efecto en el proceso de secado. (7)

El contenido de agua de los alimentos en el proceso de deshidratación disminuye según avanza el proceso.



**FIGURA No.9 CAMBIO DE PESO DURANTE EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN**

En los procesos de secado, los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que se está secando con el tiempo observado esta relación se encuentra en la Figura No.9.

Aunque a veces, los datos de secado pueden expresarse en términos de velocidad de secado.(7)

## **1.1.22 ANÁLISIS PROXIMAL Y BROMATOLÓGICO**

Entendemos por Análisis 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. Cabe mencionar que cualquier error cometido en las determinaciones de los cinco componentes citados aumenta la cifra de las sustancias extractibles no nitrogenadas. (19)

### **1.1.22.1 Determinación de Humedad**

El agua se encuentra en los alimentos en tres formas: como agua de combinación, como agua adsorbida y en forma libre, aumentando el volumen. El agua de combinación está unida en alguna forma química como agua de cristalización o como hidratos. El agua adsorbida está asociada físicamente como una mono-capa sobre la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre es aquella que es fundamentalmente un constituyente separado, con facilidad se pierde por evaporación o por secado. Dado que la mayor parte de los alimentos son mezclas heterogéneas de varias sustancias, pueden contener cantidades variables de agua de los tres tipos.(28)(22)

Existen para esto varias razones, principalmente las siguientes:

- El agua si está presente por encima de ciertos valores, facilita el desarrollo de microorganismos.
- Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua.
- La cantidad de agua puede afectar la textura. Ejemplo: carnes curadas.
- La determinación del contenido de agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos. (19)(14)

### **1.1.22.2 Determinación de Cenizas.**

Se denomina cenizas a la materia inorgánica que forma parte constituyente de los alimentos. Las cenizas permanecen como residuo luego de la calcinación de la materia orgánica del alimento. Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos. Los minerales o sales de minerales cumplen en el organismo funciones plásticas y reguladoras. Cumplen la función plástica, el Ca, P y el Mg, formando parte del esqueleto, cartílagos, dientes, etc., el Fe en la hemoglobina, C, H, O en grasas y glúcidos, el N en las proteínas. Pequeñísimas cantidades de Cu, Mn, Co y otros minerales también cumplen funciones plásticas.(28)(2)

La determinación de cenizas es importante porque:

- Nos indica el porcentaje de minerales presentes en el alimento.
- Da a conocer adulteraciones en alimentos, en donde se ha adicionado sal, talco, yeso, cal, carbonatos alcalinos, conservadores, neutralizantes de la leche etc.
- Establece el grado de limpieza de materias primas vegetales (exceso de arena, arcilla).
- Sirve para caracterizar y evaluar la calidad de alimentos. (19)(14)

### **1.1.22.3 Determinación de Fibra**

La fibra debería considerarse como una unidad biológica y no como una unidad química. La pared celular de las plantas tiene una estructura compleja compuesta de celulosa y hemicelulosa, pectina, algo de proteína, sustancias nitrogenadas lignificadas, ceras, cutina y componentes minerales. La fibra también le da las propiedades físicas a los alimentos, y generalmente baja la densidad calórica de los alimentos. La fibra "cruda" o "bruta" es el residuo orgánico lavado y seco que queda después de hervir sucesivamente la muestra desengrasada con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio diluido. Esto es aplicable a los alimentos vegetales, alimentos mixtos, pero no a los alimentos de origen animal.(28)

#### **1.1.22.4 Determinación de Proteína**

Entre todos los compuestos químicos, las proteínas deben considerarse ciertamente como las más importantes, puesto que son las sustancias de la vida. Las proteínas constituyen el material principal de la piel, los músculos, tendones, nervios y la sangre; de enzimas, anticuerpos y muchas hormonas. Desde un punto de vista químico, las proteínas son polímeros grandes.

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 que sigue siendo la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico. (28)

#### **1.1.22.5 pH**

La acidez medida por el valor de pH, junto con la humedad son, probablemente, las determinaciones que se hacen con más frecuencia. 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. 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. (19)

#### **1.1.23 MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS**

Así se denominan genéricamente a un amplísimo número de métodos instrumentales que utilizan técnicas instrumentales en las que se genera una señal de tipo óptico cuyo fundamento está basado en la interacción de la radiación electromagnética con el analito.

Al interaccionar la radiación electromagnética con la muestra que contiene el analito, se pueden originar distintos fenómenos, de entre los cuales la absorción y emisión de luz, son los más relevantes y dan lugar a los métodos espectrofotométricos de absorción o

emisión. Cuanto menor es la longitud de onda de una radiación, mayor es la energía asociada. Dependiendo de la longitud de onda tenemos distintas radiaciones. (25)

Las técnicas que se basan en estas propiedades pueden ser:

- Espectrofotometría de UV visible.
- Espectrofotometría de fluorescencia.
- Espectrofotometría infrarroja.
- Espectrofotometría de absorción atómica.
- Espectrofotometría de llama.
- Espectrofotometría de masas.
- Resonancia magnética nuclear (RMN) y Resonancia de spin electrónico (RSN)

#### **1.1.24 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

- La fase móvil puede ser un gas o un líquido.
- 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. (25)

Hay varios tipos de cromatografía. Dentro de los más importantes encontraremos:

**TABLA No 4. TIPOS DE CROMATOGRAFÍA**

| <b>Tipos</b>                                | <b>Fase móvil</b>     | <b>Fase Estacionaria</b>  |
|---|-----------------------|---|
| Cromatografía en papel                      | Líquido               | Líquido ( moléculas de agua contenidas en la celulosa del papel ) |
| Cromatografía en capa fina                  | Líquido               | Sólido  |
| Cromatografía de gases                      | Gas                   | Sólido o líquido  |
| Cromatografía líquida en fase inversa       | Líquido (polar)       | Sólido o líquido (menos polar)                                    |
| Cromatografía líquida en fase normal        | Líquido (menos polar) | Sólido o líquido (polar)  |
| Cromatografía líquida de intercambio iónico | Líquido (polar)       | Sólido  |

FUENTE: Cromatografía y tipos 2009.wikipedia.org

Dentro de la cromatografía líquida destaca la cromatografía líquida de alta resolución HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), que es la técnica cromatográfica más empleada en la actualidad, normalmente en su modalidad de fase reversa, en la que la fase estacionaria tiene carácter no polar, y la fase móvil carácter polar (generalmente agua o mezclas con elevada proporción de la misma, o de otros disolvente polares, como por ejemplo metanol).(36)

### **1.1.25 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. Evaluar las condiciones higiénicas de trabajo en las que se procesan o preparan los alimentos, establecer el momento se producen fenómenos de alteración en los distintos alimentos, con el propósito de delimitar su período de conservación.(10)

### **1.1.26 EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LOS MICROORGANISMOS**

Aunque algunos microorganismos mueren durante el secado, este proceso no es letal para ellos, se recuperan en los alimentos secos, especialmente en los productos de baja calidad inicial y si las fases de deshidratación no se han hecho correctamente.(16)

Las bacterias generalmente requieren para crecer elevados niveles de humedad, las levaduras menos y los mohos mucho menos. Con la mayoría de las bacterias requieren para multiplicarse valores de  $a_w$  superiores a 0.90 no desempeña ninguna función en la alteración de los alimentos deshidratados, Scott ha relacionado los valores de  $a_w$  con la probabilidad de alteración de la siguiente forma: a valores de la  $a_w$  entre 0.80 y 0.85 la alteración de los alimentos se debe claramente al crecimiento de varios tipos de mohos y se produce en 1-2 semanas. A  $a_w$  de 0.75, la alteración se demora, siendo muy poco los microorganismos que pueden alterar estos productos. A una  $a_w$  de 0.70 la alteración se demora aún más y puede que no suceda durante incluso almacenamientos prolongados. Se conocen muy pocos microorganismos que puedan multiplicarse a una  $a_w$  de 0.65 y no es probable que el alimento se altere incluso en dos años o más. Algunos investigadores han sugerido que los alimentos deshidratados que van a almacenarse durante años, deben tratarse hasta lograr una  $a_w$  final entre 0.65 y 0.75. A niveles de  $a_w$  de alrededor de 0.90 lo más probable es que se multipliquen mohos y levaduras. Este valor esta cerca del mínimo para el crecimiento de la mayoría de las levaduras. (16)

### **1.1.27 PRUEBA ESTADÍSTICA ANÁLISIS DE VARIANZAS “ADEVA”**

El análisis de varianza (ADEVA ó ANOVA, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y procedimientos asociados. El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, es decir, el análisis de la varianza es un método para comparar dos o más medias.(33)

**TABLA No.5 “ANOVA” DE UN FACTOR**

| Fuente de variación          | G.L.   | SS  | MS         | F       |
|------------------------------|--------|-----|------------|---------|
| Entre grupos<br>Tratamientos | k-1    | SSA | SSA/(k-1)  | MSA/MSE |
| Dentro<br>Error              | (n-1)k | SSE | SSE/k(n-1) |         |
| Total                        | kn-1   | SST |            |         |

Y el cociente F se usa para realizar el contraste de la hipótesis de medias iguales. La región crítica para dicho contraste es  $F > F_{(k-1, (n-1)k)\alpha}$

Algunas propiedades

Es fácil ver en la tabla anterior que

$$GL_{\text{error}} + GL_{\text{trata}} = (n - 1)k + k - 1 = nk - k + k - 1 = nk - 1 = GL_{\text{total}}$$

No es tan inmediato, pero las sumas de cuadrados cumplen la misma propiedad, llamada identidad o propiedad aditiva de la suma de cuadrados:

$$SST = SSA + SSE$$

El análisis de la varianza se puede realizar con tamaños muestrales iguales o distintos, sin embargo es recomendable iguales tamaños por dos motivos:

La F es insensible a pequeñas variaciones en la asunción de igual varianza, si el tamaño es igual. Igual tamaño minimiza la probabilidad de error tipo II

### **Procedimiento de Tukey**

Cuando  $H_0$  es rechazada, generalmente se requerirá saber cuáles medias poblacionales o tratamientos son diferentes.

Para poder identificar las medias diferentes existen varios métodos llamados procedimientos de comparaciones múltiples.

Para este procedimiento se requiere la intervención de la distribución de rango estudentizado.

Cada intervalo que no incluya cero nos lleva a la conclusión de que hay una diferencia significativa a nivel de  $\alpha$  entre los valores de  $u_i$  y  $u_j$ .

## **CAPÍTULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se llevó a cabo en:

- Laboratorio de Bioquímica y Alimentos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Química Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia de Tecnología Ambiental CESTTA-ESPOCH.
- Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias (INIAP)

#### **2.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

##### **2.2.1 MATERIAL VEGETAL**

Tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) Anaranjado Gigante y Morado Gigante proveniente de El triunfo cantón Patate, provincia de Tungurahua, cultivo correspondiente a los meses de noviembre 2009 - enero 2010.

2.2.2 MATERIALES UTILIZADOS

| EQUIPOS   | MATERIALES  | REACTIVOS  | MEDIOS DE CULTIVO | MATERIALES DE OFICINA  |
|---|---|--|-------------------|--|
| -Balanza Analítica (Sartorius U 4100)<br><br>-Bomba al vacío (Ruchi)<br><br>-Cabina extractora de gases<br>-Desecador<br><br>-Digestor de Fibra<br>-Equipo de Filtración<br><br>-Estufa<br><br>-Espectrofotómetro<br>-Refrigerador<br>-Equipo Kjeldhal<br>-Reloj<br>-Equipo de Weende<br>-HPLC_Shimadzu<br>-Microondas ELECTROLUX<br>-Incubadora<br>-Mufla (Memmet)<br><br>-pH metro(Hanna)<br><br>-Selladora al vacío(PFS) | -Bureta<br>-Crisoles<br>-Dean Stark<br>-Espátula<br>-Fundas de sellado al vacío<br><br>-Kitasato<br>-Lana de vidrio<br><br>-Matraces volumétricos<br><br>-Membranas de filtración<br><br>-Papel antiadherente<br><br>-Papel filtro<br>-Pinzas<br>-Pipetas Volumétricas<br>-Pizetas<br><br>-Probetas graduadas<br><br>-Soporte universal<br>-Varilla de agitación<br>Vaso de Precipitación | -Ácido Sulfúrico<br>-Ácido Fosfórico<br>- Ácido Tricloro acético<br><br>-Agua Destilada<br><br>-Alcohol n-amílico<br>-Azul de Bromo cresol<br>-Bórico Ácido<br>-Ácido clorhídrico concentrado<br>-Desinfectante (Hipoclorito de sodio)<br>-Metanol grado analítico<br>-Rojo de metilo<br><br>-Sodio Hidróxido<br>-Sulfato de sodio | -Agar Saboraud    | -Calculadora<br>-Cámara fotográfica<br>-Computador<br>-Papel Bon A4<br>-Esferos-Marcadores<br>-Cuaderno<br>-Lápiz<br>-Tinta de Impresión |

## **2.3 MÉTODOS**

### **2.3.1 FASE EXPERIMENTAL**

#### **2.3.1.1 Análisis físico del tomate de árbol:**

- **Determinaciones físicas.**
- **pH NTE INEN389:** Potenciometría
- **Color:** Escala de intensidad de color
- **Sabor:** Organoléptica
- **Peso:** Método Gravimétrico

**Análisis bromatológico del tomate de árbol fresco y deshidratado en sus dos variedades.**

#### **2.3.1.2 DETERMINACIÓN DEL PESO**

- ✓ Se codificó cada tomate de árbol muestreados.
- ✓ Se pesó cada uno de los tomates seleccionados con una balanza analítica de dos dígitos.
- ✓ Se anotó el valor del peso de cada uno de los tomates con su respectivo código en el cuaderno de apuntes.

#### **2.3.1.3 DETERMINACIÓN DE pH.**

Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 389. Ver Anexo No. 1

#### 2.3.1.4 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (Técnica NTE INEN 382)

##### Principio.

Consiste en secar la muestra en la estufa a una temperatura de  $100 \pm 3$  °C hasta peso constante, el secado tiene una duración de 2-3 horas.

##### Procedimiento.

- Pesar 1-10 g de muestra homogenizada en una cápsula de porcelana previamente tarada.
- Desechar en estufa a 103 °C por un lapso de 2 a 3 horas.
- Enfriar en desecador y pesar.
- Desechar hasta obtener peso constante, la determinación debe realizarse por duplicado.

##### Cálculos.

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

Donde:

SS% = Sustancia seca en porcentaje en masa.

m = masa de la cápsula vacía en g.

m<sub>1</sub> = masa de la cápsula con muestra en g.

m<sub>2</sub> = masa de la capsula con la muestra seca en g.

#### 2.3.1.5 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD HIGROSCÓPICA

### **Principio.**

Las muestras desecadas a 70°C de temperatura, aun contienen cierta cantidad de agua llamada humedad higroscópica; químicamente está enlazada con sustancias de la muestra y depende de la composición e higroscopia de la misma.

Se determina la humedad higroscópica de las muestras en la estufa a 105°C por un tiempo de 12 horas.

$$\text{Humedad (\%)} = 100 - \%SS$$

### **2.3.1.6 DETERMINACIÓN DE CENIZAS (Técnica NTE INEN 401)**

#### **Principio**

Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de 550°C ± 25°C, con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el CO<sub>2</sub>, agua y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

#### **Procedimiento**

- Colocar la cápsula en la mufla y calentarla durante 550°C ± 25°C; transferirle al desecador para enfriamiento y pesarla con aproximación al 0.1 mg (W<sub>1</sub>)
- Pesar en la cápsula, 10 g de muestra con aproximación al 0.1 mg y colocar sobre la fuente calórica a 150°C ± 25°C para evaporación. (W<sub>2</sub>)
- Adicionar gotas de aceite de oliva y continuar el calentamiento hasta que cese el borboteo.
- Colocar la capsula con su contenido en la mufla a 550°C ± 25°C, hasta obtener cenizas blancas las cuales deben humedecerse con gotas de agua.

- Evaporar sobre la fuente calórica y proceder a calcinar nuevamente en la mufla a  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 4 horas como mínimo, hasta obtener cenizas blancas. Después de este tiempo se saca al desecador por 30 minutos.
- Pesar la cápsula con su contenido, con aproximación al 0.10 mg. (W3)

### Cálculos

$$\%C = 100x \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$$

Donde:

%C = Porcentaje de ceniza.

W<sub>1</sub> = peso de la cápsula vacía en gramos.

W<sub>2</sub> = peso de la cápsula con la muestra húmeda.

W<sub>3</sub> = peso de la cápsula con las cenizas.

Cenizas en base seca:

$$\%C.B.S = \frac{100x \%C}{\%M.S}$$

Donde:

%C.B.S = % Ceniza en Base Seca.

% C = % Ceniza.

% M.S. = % Materia Seca.

### 2.3.1.7 DETERMINACIÓN DE FIBRA (Técnica AOAC 7050)

## 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 1 g de la muestra problema por adición en un papel aluminio y se registra este peso ( $W_1$ ).
- Se coloca la muestra en el vaso y se pesa el papel con el sobrante y se anota este peso ( $W_2$ ).
- A cada vaso con la muestra se coloca 200 mL de  $H_2SO_4$  al 7% mas 2 mL de alcohol n-amílico; estos vasos colocamos en las hornillas del digestor levantando lentamente haciendo coincidir los vasos con los bulbos refrigerantes.
- Se deja por el tiempo de 25 minutos regulando la temperatura de la perilla en 7, también controlando que el reflujo de agua se encuentre funcionando adecuadamente (etapa de digestión ácida).
- A los 25 minutos se baja la temperatura de la posición 7 a 2.50 y se añade 20 mL de NaOH al 22 % manejando los vasos con sumo cuidado y se deja por unos 30 minutos exactos. Los tiempos se toman desde que empieza la ebullición.
- Una vez terminada la digestión alcalina se arma el equipo de bomba de vacío, preparando además los crisoles de Gooch con su respectiva lana de vidrio para proceder a la filtración, se coloca los crisoles en la bomba, filtra el contenido de los vasos realizando su lavado con agua destilada .....

- En las paredes del vaso se raspa con el policia los residuos que están adheridos para enjuagar posteriormente.
- El lavado se realiza con 200 mL de agua, se debe tratar con cuidado la filtración para evitar que se derrame por las paredes del crisol.
- Luego se coloca los crisoles en una caja petri y sobre la sustancia retenida en la lana de vidrio se añade acetona hasta cubrir el contenido en el crisol para eliminar agua, pigmentos y materia orgánica.
- Posteriormente se pasa los crisoles con toda la caja petri a la estufa por el lapso de 8 horas para secar a una temperatura de 105 °C, se saca al desecador y se realiza el primer peso registrando en primera instancia. (W<sub>3</sub>)
- Una vez pesados son llevados hasta la mufla a una temperatura de 600 °C por un tiempo de 4 horas como mínimo una vez que la mufla ha alcanzado la temperatura indicada.
- Terminado este tiempo los crisoles son sacados de la mufla al desecador por un tiempo de 30 minutos para finalmente realizar el segundo peso del crisol más las cenizas.(W<sub>4</sub>)
- Finalmente por diferencia de pesos se realiza el cálculo de la fibra bruta.

### Cálculos

$$\%F = \frac{W_3 - W_4}{W_2 - W_1} \times 100$$

Donde:

F = Fibra:

W<sub>1</sub> = Peso del papel solo.

W<sub>2</sub> = Peso del papel más muestra húmeda.

W<sub>3</sub> = Peso del crisol más muestra seca.

W<sub>4</sub> = Peso del crisol más cenizas.

### Fibra bruta en base seca

$$\%F.B.S = \frac{100 \times \%FE}{\%M.S}$$

Donde:

%F.B.S = % Fibra en Base Seca.

%FB = % Fibra Bruta.

%M.S = % Materia Seca.

### 2.3.1.8 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (Técnica AOAC 2049)

#### Principio

Sometiendo a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO<sub>2</sub> y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoniaco sucede solamente en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte al 50% y se desprende el nitrógeno en forma de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2.50% y titulado con HCl al 0.1 N.

#### Procedimiento

- Pesar exactamente alrededor de 40 mg de muestra e introducirla en el balón de digestión Kjeldhal.
- Añadir: 1.5 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio: 40 mg de HgO y 3 mL de Ácido Sulfúrico concentrado procurando no manchar las paredes del mismo.
- Colocar el balón en el digestor y calentar hasta obtener un líquido transparente.
- Enfriar el balón y su contenido, adicionar 4 mL de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica, verter lo anterior en el balón de digestión del equipo, adicionando otros 4 mL de agua destilada para enju

- Cerrar la llave y añadir 8 mL de hidróxido de sodio al 40% y 2 mL de Toisulfato de Sodio al 5% dejando pasar lentamente al balón de destilación.
- Recibir el destilado en un vaso contenido 6 mL de Ácido Bórico 4%, al que se le añade una o dos gotas de indicador mixto rojo de metilo y Bromocresol (400 mg de rojo de metilo mas 250 mg de verde de Bromocresol, disuelto en 250 mL de Etanol al 95%).El tubo de salida del destilador debe estar sumergido en el vaso que contiene los reactivos.
- Destilar hasta obtener unos 15 mL de destilado y titular el destilado con HCl N/10
- La determinación debe hacerse por duplicado.

### Cálculos

Porcentaje de Proteína:

$$\%P = (1.40)(F)\{(V_1N_1)/m\}$$

Donde:

% P = Contenido de proteína en porcentaje de masa.

F = Factor para transportar el %N<sub>2</sub> en proteína, que es específico para cada alimento.

V<sub>1</sub> = Volumen de Ácido clorhídrico N/10 empleado para titular la muestra en mL.

N<sub>1</sub> = Normalidad de HCl.

Proteína en Base Seca:

$$\%P.B.S = \frac{100 \times \%PB}{\%M.S.}$$

Donde:

%P.B.S = % Proteína en Base Seca.

%FB = % Proteína Bruta.

%M.S = %Materia Seca.

### 2.3.1.9 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES (Método de FEHLIN)

## **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 (I) al Cu (II). 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.

## **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 5 mL 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 0.50 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 0.10 mL por segundo hasta color rojo brillante.
- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.50 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

Porcentaje de Azúcares Totales:

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

Donde:

% AT = % Azúcares Totales.

A = Aforo de la muestra.

F = Título de Fehling.

W = Peso de la muestra en gramos.

V = Volumen gastado en la titulación.

## **Azúcares Reductores**

### **Procedimiento**

- Se pesa 5 g de muestra previamente homogenizada, colocar en un balón de 500 mL, adicionar 15 mL de Carrez I y 15 mL de Carrez II, agitando después de cada adición.
- Aforar a 500 mL con agua destilada y filtrar por filtro de pliegues.
- El filtrado colocar en una bureta de 50 mL.
- En un erlenmeyer de 250 mL colocar 5 mL 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 0.50 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 0.10 mL por segundo hasta color rojo brillante.
- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.50 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

Porcentaje de Azúcares Reductores:

$$\%AR = \frac{AXF}{W \times V}$$

Donde:

% AR = % Azúcares Reductores.

A = Aforo de la muestra.

F = Título de Fehling.

W = Peso de la muestra en gramos.

V = Volumen gastado en la titulación.

## Azúcares no Reductores

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

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

### 2.3.1.10 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (Método de Soxhlet)

#### Principio

La extracción por medio de solventes orgánicos permite la separación cuantitativa de un componente o grupo de componentes (por ejemplo grasas) de una mixtura de sólidos. El extracto etéreo se obtiene cuando la muestra es sometida a extracción con éter etílico, y se refiere al conjunto de sustancias extraídas que incluyen además de los esteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos.

### Procedimiento

- Pesar 2 g de muestras seca y colocar en el dedal, luego introducirlo en la cámara de sifonación.
- En el balón previamente tarado, adicionar 50 mL de éter etílico o éter de petróleo (se puede usar hexano) o la cantidad adecuada dependiendo del tamaño del equipo.
- Embonar la cámara de sifonación al balón
- Colocar el condensador con las mangueras sobre la cámara de sifonación, encender la parrilla, controlar la entrada y salida de agua y extraer por 8 a 12 horas.
- Al terminar el tiempo retirar el balón con el solvente más el extracto graso y destilar el solvente.
- El balón con la grasa cruda o bruta colocar en la estufa por media hora, enfriar en el desecador y pesar.

### Cálculos

$$\%G(\%Ex. E) = [(P_1 - P)/m] * 100$$

%G = Grasa cruda o bruta en muestra seca expresado en % en masa

P<sub>1</sub> = Masa del balón mas la grasa 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.

## **Análisis del Valor Nutritivo del Tomate de árbol fresco y deshidratado en sus variedades.**

### **2.3.1.11 DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS TOTALES**

En este ensayo se utilizó el método de espectrofotometría.

#### **Preparación del Estándar de Antocianos**

- Pesar exactamente 10 g de Tomate de árbol de la variedad morado gigante.
- Triturar cuidadosamente con 50 mL de metanol acidificado 1% y filtrar.
- Evaporar al vacío el filtrado.
- Colocar en una estufa a 60°C por 6 horas.
- Luego tomar 10 mg y aforar a 50 mL
- Colocar en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

#### **Extracción del principio activo del tomate de árbol Morado Gigante**

- Pesar exactamente 1g de la muestra.
- Triturar cuidadosamente con metanol acidificado 1% y filtrar.
- Aforar a 50 mL con metanol acidificado 1%.
- Tomar una alícuota de 2mL y aforar a 10 mL.
- Colocar en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

#### **Extracción del principio activo del deshidratado**

- Pesar exactamente 0.10 g de la muestra.
- Triturar cuidadosamente con metanol acidificado 1% y filtrar.
- Aforar a 50 mL con metanol acidificado 1%.
- Tomar una alícuota de 2 mL y aforar a 10 mL.
- Colocar en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

### **Cuantificación de Antocianos Totales**

$$\text{Concentración de Antocianos Totales } \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{Ab.M} \times \text{C.E} \times \text{F.D}}{\text{Ab.E}}$$

Donde:

Ab.M = Ábsorvancia de la Muestra.

Ab.E = Ábsorvancia del Estándar.

C.E = Concentración del Estándar.

F.D = Factor de Dilución.

### **2.3.1.12 DETERMINACIÓN DE CAROTENOS TOTALES**

Método adaptado por Rodrigues- Amaya y Kimura, 2004. Laboratorio de Nutrición y Calidad (CIP-Perú)

#### **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 4-5 g de muestra liofilizada.
- Homogenizar con 30 mL de acetona fría por 1 minuto usando el homogenizador vortex y filtrar (extracto).
- Colocar 50 mL de éter de petróleo en un embudo de separación y añadir una pequeña porción de extracto.
- Añadir agua destilada lentamente, evitando la formación de una emulsión, no agitar (si se forma la emulsión puede ser rota añadiendo acetona).

- Esperar que las dos fases se separen. Añadir otra parte del extracto y repetir la operación hasta que todo el extracto haya sido transferido al éter de petróleo, entonces se lava 4-5 veces con agua destilada para remover toda la cetona residual.
- Recolectar el éter de petróleo en un balón de 100 mL, haciendo que el extracto etéreo pase a través del embudo conteniendo sulfato anhídrido de sodio.
- Medir la absorbancia a la longitud de onda de 450 nm.

### Cálculos

$$X(\mu\text{g}) = \frac{\text{Abs. } 450_{\text{nm}} \times Y(\text{mL}) \times 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%}}$$

$$\text{Carotenos } \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{X(\mu\text{g})}{\text{Peso de la muestra}}$$

### 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.

### 2.3.1.13 DETERMINACIÓN DE VITAMINA C

Para este ensayo se utilizó el Método de: Cromatografía líquida de alta resolución.

### 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 254 nm.

### **Condiciones del Equipo para análisis.**

- Columna: C 18- 25 cm.
- Flujo: 25 mL.
- Tiempo de corrido: 7 min.
- Fase móvil: Ácido Fosfórico 0.005 M
- Temperatura: 30 - 35° C
- Longitud de Onda: 254 nm
- Programa: Peak 378.

### **Preparación del Estándar de Vitamina C**

- Pesar exactamente  $5.00 \times 10^{-3}$  mg de Ácido ascórbico estándar.
- Aforar a 25 mL con ácido fosfórico 0.05 M grado HPLC (Solución estándar de Vitamina C).
- Tomar una alícuota de 1 mL de la solución anterior y aforar a 10 mL.
- Filtrar el sobrenadante con acrodiscos de membrana.
- Colocar en vial de vidrio para su inyección.

### **Extracción del principio activo del Tomate de árbol fresco en sus dos variedades**

- Pesar exactamente 2 g de la muestra.
- Aforar a 25 mL con ácido fosfórico 0.05 M grado HPLC.
- Filtrar el sobrenadante con acrodiscos de membrana.
- Colocar en vial de vidrio para su inyección.

### **Extracción del principio activo del deshidratado**

- Pesar exactamente 1g de la muestra.
- Aforar a 25 mL con ácido fosfórico 0.05M grado HPLC.
- Filtrar el sobrenadante con acrodiscos de membrana.
- Colocar en vial de vidrio para su inyección.

### **Cuantificación de Vitamina C**

$$\text{Concentración de Vitamina C } \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{A.M \times C.E \times F.D}{A.E}$$

Donde:

A.M = Área de la Muestra

A.E = Área del Estándar

C.E = Concentración del Estándar

F.D = Factor de Dilución.

### **Análisis microbiológico del tomate de árbol fresco y deshidratado en sus dos variedades**

#### **2.3.1.14 DETERMINACIÓN DE HONGOS (Mohos y Levaduras)**

Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 1529-10. VER ANEXO No.7

#### **2.3.1.15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados fueron procesados por el Análisis de Variancia (ANOVA) y la significancia estadística por la Prueba de Tukey. Las diferencias en  $p < 0.05$  fueron consideradas significativas. El programa empleado fue SPSS Statistics V17.0 . Test ADEVA (ANOVA) para muestras dependientes para el análisis de Antocianos totales, carotenos totales y Vitamina C en tomate de árbol fresco y deshidratado en las tres potencias establecidas.

Gráficos estadísticos para análisis proximal, complementario y microbiológico realizados durante la investigación para el tomate de árbol fresco y deshidratado en las variedades Anaranjado Gigante y Morado Gigante a una potencia de 70W con intervalos de 10 minutos.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 EVALUACIÓN FÍSICA - ORGANOLÉPTICA

Para la evaluación física - organoléptica se utilizó instrumentos de fácil uso y los órganos de los sentidos como son: vista, olfato, gusto, para medir las reacciones que produce el Tomate de Árbol, en sus dos variedades por medio de este se realizó un control del producto inicial y final. Como se ve en el Cuadro No. 1 los parámetros tanto para el Tomate de Árbol fresco como para el deshidratado en sus dos variedades, son similares a la percepción de los sentidos, es decir conserva parcialmente sus características organolépticas pero cambia en la evaluación física por la notable pérdida de agua.

**CUADRO No.1 RESULTADO DE EVALUACIÓN FÍSICA - ORGANOLÉPTICA DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE, MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70W.**

| <b>Determinaciones</b> |       | <b>Anaranjado Gigante Fresco</b> | <b>Anaranjado Deshidratado</b> | <b>Morado Gigante Fresco</b> | <b>Morado Deshidratado</b> |
|------------------------|-------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>Físicas</b>         | Peso  | 125.85 g                         | 16.00 g                        | 121.60 g                     | 14.00 g                    |
| <b>Organolépticas</b>  | Color | Anaranjado Intenso               | Amarillo                       | Rojo-Intenso                 | Morado                     |
|                        | Olor  | Frutal                           | Frutal                         | Frutal                       | Frutal                     |
|                        | Sabor | Agri-dulce                       | Ligeramente dulce              | Agri-dulce                   | Ligeramente dulce          |

### 3.2 DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL EN SUS DOS VARIEDADES

Durante el proceso de deshidratación se empleo un horno microondas marca ELECTROLUX con capacidad de 17 L, voltaje de 120 V~60 Hz, potencia 1 050W, potencia de salida (Máxima) de 700 W, diámetro de plato giratorio de 245 mm y un peso neto de aproximadamente 11.4 Kg. Una vez que se lavaron y se secaron los tomates sometidos al muestreo, se les retiró el peciolo y su cascara, posteriormente fueron colocados en rodajas en papel antiadherente, y éste en el plato giratorio del microondas y para el efecto se sometieron a tres potencias ( $P_1=70$ ,  $P_2=140$ ,  $P_3=210$  W) para luego ser controlado el peso en intervalos de tiempo de 5 y 10 minutos, respectivamente hasta obtener peso constante.

Se realizaron cálculos específicos para las tres potencias de secado como son:

Cálculo de la humedad del sólido

$$X_i = \frac{W_s - W_f}{W_f}$$

Donde:

$X_i$  = Humedad del sólido

$W_s$  = Peso del sólido

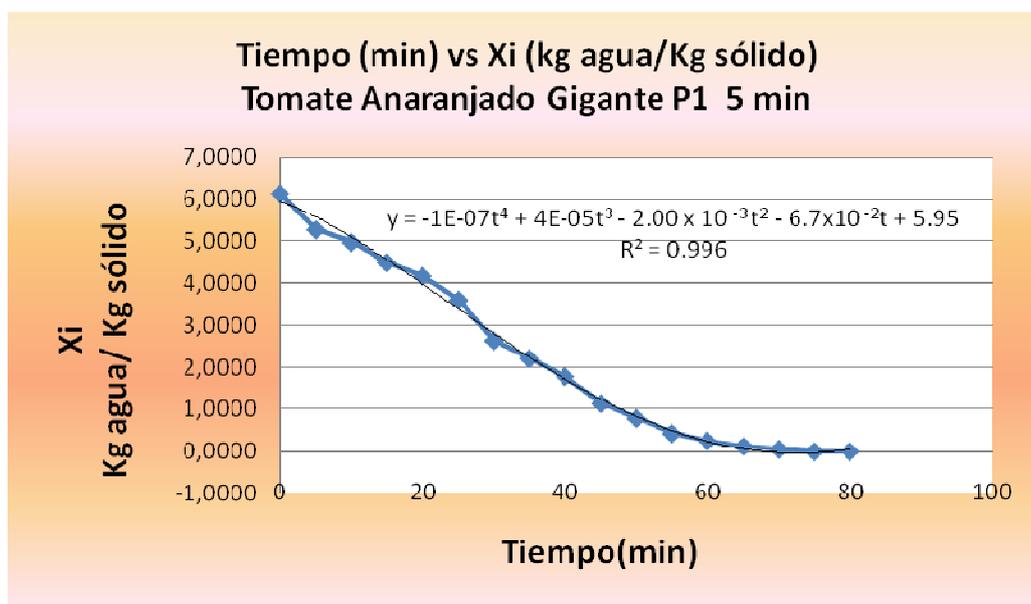
$W_f$  = Peso final del sólido

Para el efecto se empezó con la potencia de 70 W, intervalos de 5 minutos y variedad anaranjado gigante evidenciándose que a un tiempo de 75 minutos el peso del tomate de árbol no tiene mucha variación, es decir empieza la humedad crítica, manteniéndose constante a partir de los 65 minutos tal como se observa en el Cuadro No.2 y Gráfico No.1, llegando a los 80 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No.2 RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE A 70W CON INTERVALOS DE 5 MINUTOS.**

| t (min) | ms (Kg)               | Xi (Kg agua/Kg sólido) |
|---------|-----------------------|------------------------|
| 0       | $4.00 \times 10^{-2}$ | 6.14                   |
| 5       | $3.52 \times 10^{-2}$ | 5.29                   |
| 10      | $3.35 \times 10^{-2}$ | 4.98                   |
| 15      | $3.08 \times 10^{-2}$ | 4.50                   |
| 20      | $2.90 \times 10^{-2}$ | 4.18                   |
| 25      | $2.58 \times 10^{-2}$ | 3.61                   |
| 30      | $2.04 \times 10^{-2}$ | 2.64                   |
| 35      | $1.80 \times 10^{-2}$ | 2.21                   |
| 40      | $1.56 \times 10^{-2}$ | 1.79                   |
| 45      | $1.20 \times 10^{-2}$ | 1.14                   |
| 50      | $1.00 \times 10^{-2}$ | 0.79                   |
| 55      | $8.00 \times 10^{-3}$ | 0.43                   |
| 60      | $7.00 \times 10^{-3}$ | 0.25                   |
| 65      | $6.30 \times 10^{-3}$ | 0.13                   |
| 70      | $5.90 \times 10^{-3}$ | 0.05                   |
| 75      | $5.60 \times 10^{-3}$ | 0.00                   |
| 80      | $5.60 \times 10^{-3}$ | 0.00                   |

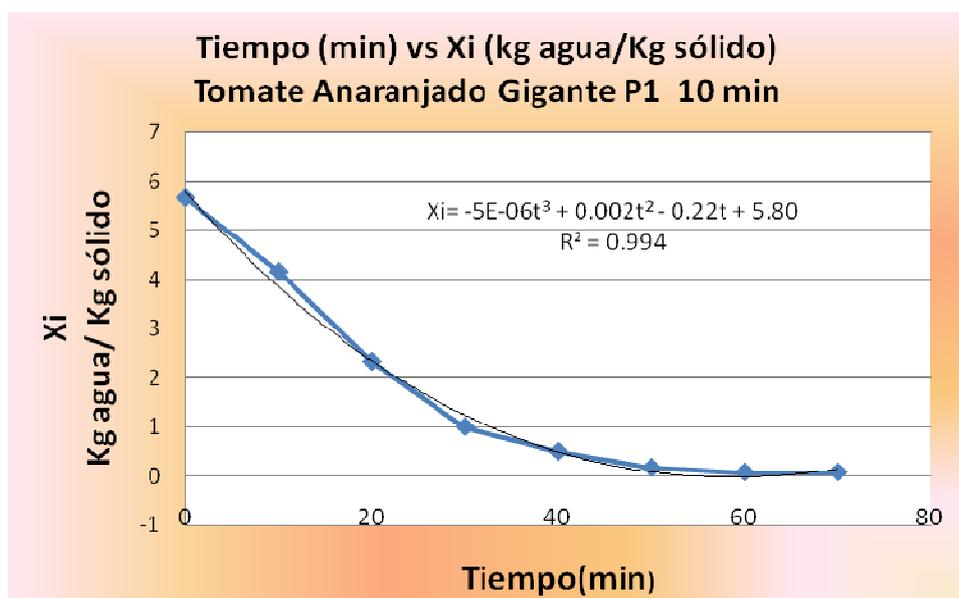
**GRÁFICO No.1 CURVA DE SECADO DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE A 70 W CON INTERVALOS DE TIEMPO DE 5 MINUTOS.**



**CUADRO No.3 RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE A 70W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS.**

| tiempo (min) | ms (Kg)               | xi   |
|--------------|-----------------------|------|
| 0            | $4.00 \times 10^{-2}$ | 4.71 |
| 10           | $3.10 \times 10^{-2}$ | 3.43 |
| 20           | $2.00 \times 10^{-2}$ | 1.86 |
| 30           | $1.20 \times 10^{-2}$ | 0.71 |
| 40           | $9.00 \times 10^{-3}$ | 0.29 |
| 50           | $8.00 \times 10^{-3}$ | 0.14 |
| 60           | $7.00 \times 10^{-3}$ | 0.00 |
| 70           | $7.00 \times 10^{-3}$ | 0.00 |

**GRÁFICO No.2 CURVA DE SECADO DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE A 70 W CON INTERVALOS DE TIEMPO DE 10 MINUTOS.**

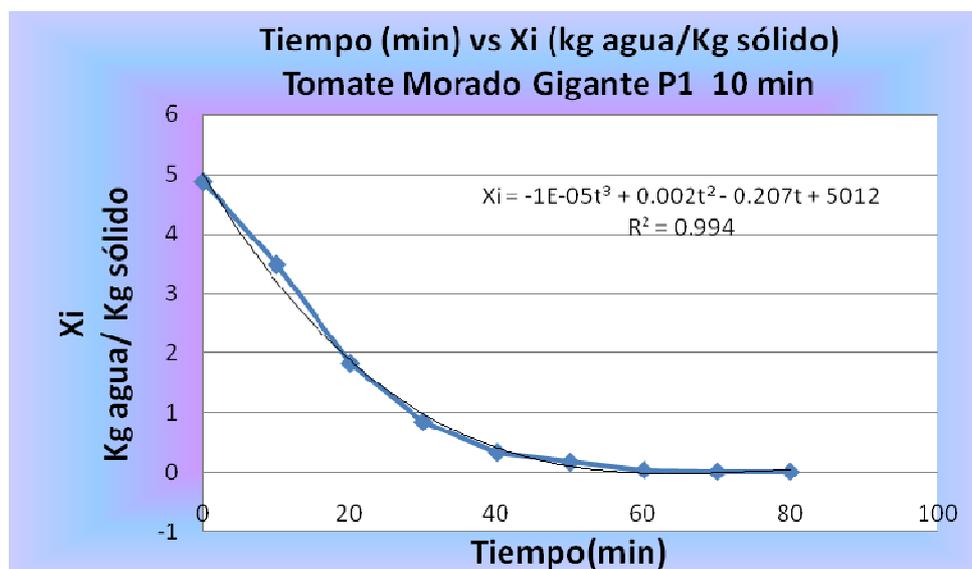


Para el tomate de árbol anaranjado gigante a una potencia de 70 W con intervalos de 10 minutos como se observa en el Cuadro No. 3 y Gráfico No 2 a un tiempo de 40 minutos el peso del tomate de árbol no tiene mayor variación, manteniéndose constante, llegando a los 60 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No.4 RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE A 70 W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS**

| t (min) | ms (Kg)               | Xi (Kg agua/Kg sólido) |
|---------|-----------------------|------------------------|
| 0       | $4.00 \times 10^{-2}$ | 4.88                   |
| 10      | $3.10 \times 10^{-2}$ | 3.49                   |
| 20      | $1.90 \times 10^{-2}$ | 1.82                   |
| 30      | $1.30 \times 10^{-2}$ | 0.84                   |
| 40      | $9.00 \times 10^{-3}$ | 0.32                   |
| 50      | $8.00 \times 10^{-3}$ | 0.16                   |
| 60      | $7.00 \times 10^{-3}$ | 0.03                   |
| 70      | $6.70 \times 10^{-3}$ | 0.00                   |
| 80      | $6.70 \times 10^{-3}$ | 0.00                   |

**GRÁFICO No.3 CURVA DE SECADO DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE A 70 W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS.**



Para el tomate morado gigante a una potencia de 70 W con intervalos de 10 minutos como se observa en el Cuadro No. 4 y Gráfico No 3 a un tiempo de 40 minutos el peso del tomate de árbol no tiene mayor variación, manteniéndose constante, llegando a los 70 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No.5 RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL A TRES POTENCIAS CON DOS INTERVALOS DE TIEMPO.**

| <b>Variedad</b>    | <b>Potencia</b> | <b>Intervalo de tiempo (min)</b> | <b>Tiempo de deshidratación (min)</b> | <b>% Humedad</b> |
|--------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| Anaranjado Gigante | 1 (70W)         | 5                                | 80                                    | 14.35            |
| Anaranjado Gigante | 1 (70W)         | 10                               | 70                                    | 14.58            |
| Anaranjado Gigante | 2 (140W)        | 5                                | 55                                    | 14.61            |
| Anaranjado Gigante | 2 (140W)        | 10                               | 50                                    | 14.12            |
| Anaranjado Gigante | 3 (210W)        | 5                                | 50                                    | 14.53            |
| Anaranjado Gigante | 3 (210W)        | 10                               | 40                                    | 14.64            |
| Morado Gigante     | 1 (70W)         | 5                                | 90                                    | 14.93            |
| Morado Gigante     | 1 (70W)         | 10                               | 80                                    | 14.28            |
| Morado Gigante     | 2 (140W)        | 5                                | 55                                    | 14.86            |
| Morado Gigante     | 2 (140W)        | 10                               | 50                                    | 13.64            |
| Morado Gigante     | 3 (210 W)       | 5                                | 45                                    | 14.53            |
| Morado Gigante     | 3 (210 W)       | 10                               | 40                                    | 14.62            |

Como se evidencia en el Cuadro No.5 se hace referencia a las dos variedades, las tres potencias utilizadas con los dos intervalos de tiempo al que fue sometido el tomate de árbol anaranjado gigante y morado gigante, notaremos una marcada diferencia en lo que corresponde al tiempo de secado es así que cuando el intervalo de tiempo es mayor existirá mas perdida de humedad reduciendo el tiempo final de deshidratación, cabe recalcar que a estas tres potencias el tomate de árbol conservó de manera parcial sus características sensoriales. En los tres casos el peso final del tomate de árbol varía notablemente al deshidratarlo, afectando la textura del mismo debido lógicamente a la pérdida de agua durante el proceso al que fue sometido.

El tiempo de secado fue determinado hasta obtener un peso constante del producto sometido a deshidratación mediante un método gravimétrico usando una balanza de 2 dígitos para mayor exactitud a su vez se determino el porcentaje de humedad de cada uno de los deshidratados.

### 3.3 DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS, CAROTENOS Y VITAMINA C COMO PARÁMETROS DE EFICIENCIA DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN.

Obtenido el tomate de árbol deshidratado en rodajas de 2 mm de espesor, se procedió a sellarlos al vacío y posteriormente al análisis respectivo del contenido de antocianos, carotenos según su variedad y vitamina C en muestras deshidratadas a 70, 140 y 210 W de potencia con dos intervalos de 5 y 10 minutos.

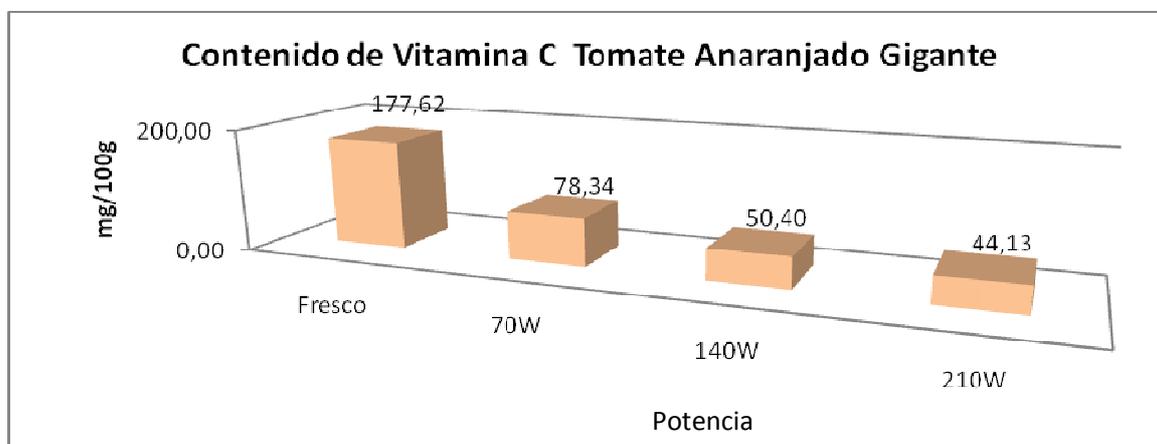
**CUADRO No.6 CONTENIDO DE VITAMINA C EN MUESTRAS DE TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO EN TRES POTENCIAS A DOS INTERVALOS DE TIEMPO EXPRESADO EN BASE SECA.**

|  | <b>Vitamina C<br/>mg/100g<br/>(Base Seca)</b> | <b>%<br/>PERDIDAS</b> |
|--|---|-----------------------|
| <b>Tomate de árbol anaranjado gigante fresco</b> | 177.62  |                       |
| Deshidratado 70W 5 min                           | 58.37   | 67.18                 |
| Deshidratado 70W 10 min                          | 78.34   | 55.96                 |
| Deshidratado 140W 5 min                          | 45.34   | 74.51                 |
| Deshidratado 140W 10 min                         | 50.40   | 71.67                 |
| Deshidratado 210W 5 min                          | 43.02   | 75.81                 |
| Deshidratado 210W 10 min                         | 44.13   | 75.19                 |
| <b>Tomate de árbol morado gigante fresco</b>     | 183.35  |                       |
| Deshidratado 70W 5 min                           | 86.38   | 53.93                 |
| Deshidratado 70W 10 min                          | 99.50   | 45.78                 |
| Deshidratado 140W 5 min                          | 53.75   | 72.93                 |
| Deshidratado 140W 10 min                         | 58.16   | 69.39                 |
| Deshidratado 210W 5 min                          | 49.67   | 70.71                 |
| Deshidratado 210W 10 min                         | 56.18   | 68.31                 |

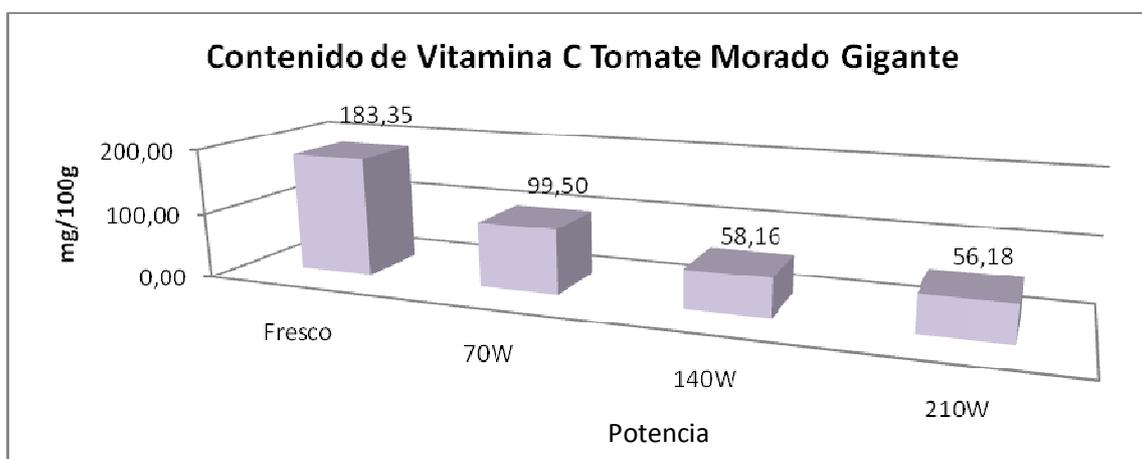
Al final del proceso de deshidratación se determinó que el contenido de Vitamina C se degrada por las condiciones de trabajo en función del tiempo, se encontró que a intervalos de 5 minutos el contenido de Vitamina C es menor en relación a los intervalos de 10 minutos debido a que el intervalo de 5 minutos es menos eficiente para inactivar la enzima por lo

tanto esta puede operar su actividad potencialmente, esto hace que el contenido de vitamina sea menor. Mientras que a intervalos de 10 minutos la inactivación enzimática es mayor permitiendo que el contenido de vitamina C sea mayor.

Determinándose el contenido de vitamina C del tomate de árbol anaranjado gigante en base fresca y seca corresponde a 24.29 mg/100g y 177.62 mg/100g respectivamente, siendo este valor el comparativo con las muestras deshidratadas a diferentes potencias e intervalos de tiempo; el contenido de vitamina C más representativo en esta variedad corresponde a 78.34 mg/100g en base seca con un porcentaje de pérdida de 55.96% mientras que para la variedad Morado gigante se determino que en base fresca y seca corresponde a 23.65 mg/100g y 183.35 mg/100g de vitamina C respectivamente siendo el valor más representativo 99.50 mg/100g con un porcentaje de pérdida de 45.78% a una potencia de 70W con intervalos de 10 minutos, considerando que a esta potencia existe menor porcentaje de pérdida de este parámetro de eficiencia.



**GRÁFICO No. 4 RELACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210W (BASE SECA)**



**GRÁFICO No. 5 RELACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210W. (BASE SECA)**

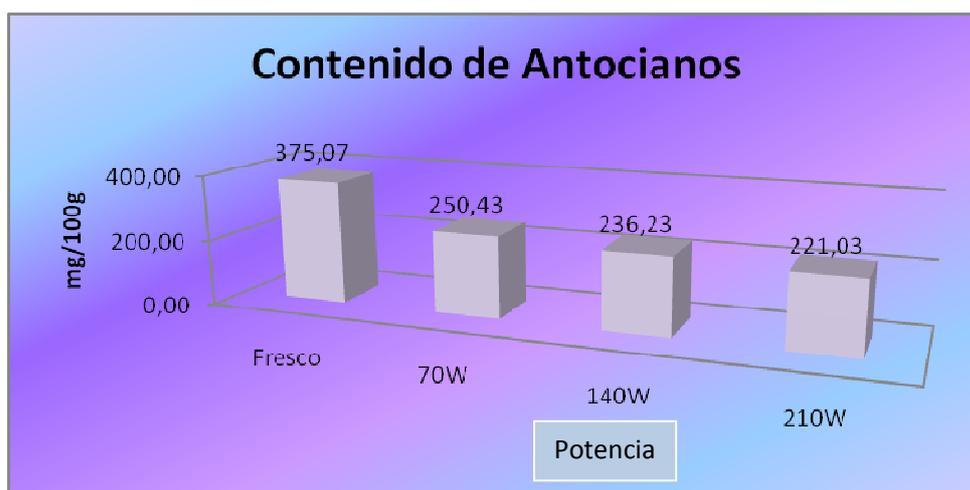
**CUADRO No.7 CONTENIDO DE ANTOCIANOS Y CAROTENOS EN MUESTRAS ESTUDIADAS**

| Parámetro de eficiencia | Muestras estudiadas              | mg/ 100g Base seca | % PERDIDAS |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|
| <b>ANTOCIANOS</b>       | Tomate morado gigante fresco.    | 375.07             |            |
|                         | Deshidratado 70W 5 min           | 242.07             | 35.45      |
|                         | Deshidratado 70W 10 min          | 250.43             | 33.24      |
|                         | Deshidratado 140W 5 min          | 229.26             | 38.88      |
|                         | Deshidratado 140W 10 min         | 236.23             | 37.02      |
|                         | Deshidratado 210W 5 min          | 210.74             | 43.82      |
|                         | Deshidratado 210W 10 min         | 221.03             | 41.07      |
| <b>CAROTENOS</b>        | Tomate anaranjado gigante fresco | 179.24             |            |
|                         | Deshidratado 70W 5 min           | 98.28              | 45.13      |
|                         | Deshidratado 70W 10 min          | 107.23             | 40.14      |
|                         | Deshidratado 140W 5 min          | 92.48              | 48.37      |
|                         | Deshidratado 140W 10 min         | 95.62              | 46.62      |
|                         | Deshidratado 210W 5 min          | 81.46              | 54.52      |
|                         | Deshidratado 210W 10 min         | 88.17              | 50.78      |

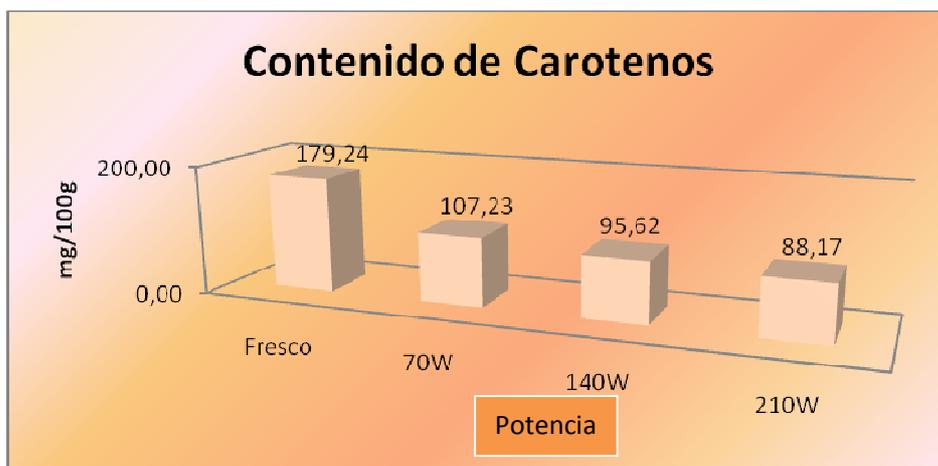
Al determinar el contenido de los pigmentos en las dos variedades de tomate de árbol indicaremos que tanto los antocianos en el tomate morado gigante y los caroteno en el tomate anaranjado gigante tienen diferentes comportamientos frente a la deshidratación y sus pérdidas se encuentran relacionadas con la pérdida de vitamina C.

El contenido de antocianos del tomate de árbol morado gigante en base fresca y seca corresponde a 48.34 mg/100g y 375.07 mg/100g respectivamente, siendo este valor el comparativo con las muestras deshidratadas a diferentes potencias e intervalos de tiempo; el contenido de Antocianos más representativo corresponde a 250.43 mg/100g en base seca con un porcentaje de pérdida de 33.24%.

En tanto el contenido de Carotenos para la variedad Anaranjado Gigante en base fresca y seca corresponde a 24.46 mg/100g y 179.24 mg/100g respectivamente fresco siendo este valor comparativo con las muestras sometidas a diferentes potencias y con diferentes intervalos de tiempo contenido de carotenos más representativo es de 107.23 mg/100g con un porcentaje de pérdida de 40.14%. Como se observa en el Cuadro No.7, es muy notorio que a la potencia de 70 W con intervalos de 10 minutos los antocianos, carotenos y la vitamina C, se conservan de mejor manera, debido principalmente al corto tiempo de deshidratación y a la rápida pérdida de humedad durante el proceso.



**GRÁFICO No. 6 RELACIÓN DE CONTENIDO DE ANTOCIANOS EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210W. (BASE SECA)**



**GRÁFICO No. 7 RELACIÓN DE CONTENIDO DE CAROTENOS EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210W. (BASE SECA)**

**CUADRO No. 8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 , 140, 210W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS.**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

| Potencia | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |       |        |
|----------|---|------------------------------|-------|-------|--------|
|          |   | 1                            | 2     | 3     | 4      |
| 3        | 4 | 44.13                        |       |       |        |
| 2        | 4 |                              | 50.40 |       |        |
| 1        | 4 |                              |       | 78.34 |        |
| Fresco   | 4 |                              |       |       | 177.62 |
| Sig.     |   | 1.00                         | 1.00  | 1.00  | 1.00   |

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.00.

Con los resultados del test ADEVA del Anexo No.8 podemos comprobar que existe una diferencia significativa en el contenido de Vitamina C entre el tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a las tres potencias debido a que el valor de Fisher calculado

experimentalmente 3205.78 este es mayor que el valor teórico 3.49 y de acuerdo a los resultados del Análisis de Tukey Cuadro No.8 se tiene que el contenido de Vitamina C entre las potencia uno, dos y tres existe diferencia significativa en el nivel del 95% de confiabilidad y todas las anteriores se diferencian del fresco, rechazando así la hipótesis.

**CUADRO No. 9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 , 140, 210W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

| Potencia | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |        |
|----------|---|------------------------------|-------|--------|
|          |   | 1                            | 2     | 3      |
| 3        | 4 | 56.18                        |       |        |
| 2        | 4 | 58.16                        |       |        |
| 1        | 4 |                              | 99.50 |        |
| Fresco   | 4 |                              |       | 183.35 |
| Sig.     |   | .81                          | 1.00  | 1.00   |

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.00.

Con los resultados del test ADEVA del Anexo No.9 podemos comprobar que existe una diferencia significativa en el contenido de Vitamina C entre el tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a las tres potencias debido a que el valor de Fisher calculado experimentalmente 417.58 y este es mayor que el valor teórico 3.49, de acuerdo a los resultados del Análisis de Tukey Cuadro No.9 se tiene que el contenido de Vitamina C entre la potencia dos y tres no existe diferencia significativa en el nivel del 95% de confiabilidad mientras que la potencia uno reporta diferencia significativa de las potencias dos y tres y todas las anteriores se diferencian del fresco, rechazando así la hipótesis.

**CUADRO No. 10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE ANTOCIANOS EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210 W**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

| Potencia | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |        |        |
|----------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
|          |   | 1                            | 2      | 3      | 4      |
| 3 (10")  | 3 | 221.03                       |        |        |        |
| 2 (10")  | 3 |                              | 236.23 |        |        |
| 1 (10")  | 3 |                              |        | 250.43 |        |
| Fresco   | 3 |                              |        |        | 375.07 |
| Sig.     |   | 1.00                         | 1.00   | 1.00   | 1.00   |

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.00.

Con los resultados del test ADEVA del Anexo No.10 podemos comprobar que existe una diferencia significativa en el contenido de Antocianos entre el tomate de árbol morado gigante fresco y deshidratado a las tres potencias debido a que el valor de Fisher calculado experimentalmente es 3056.18 este es mayor que el valor teórico 4.06, tomando en cuenta los resultados del Análisis de Tukey en el cuadro No.10 se tiene que el contenido de Antocianos entre las potencias usadas reportan diferencia significativa en el nivel del 95% de confiabilidad mientras y todas las anteriores se diferencian del fresco, rechazando así la hipótesis

**CUADRO No. 11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE CAROTENOS EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210 W**

HSD de Tukey<sup>a</sup>

| Potencia | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |        |        |
|----------|---|------------------------------|-------|--------|--------|
|          |   | 1                            | 2     | 3      | 4      |
| 3.00     | 3 | 88.17                        |       |        |        |
| 2.00     | 3 |                              | 95.62 |        |        |
| 1.00     | 3 |                              |       | 107.23 |        |
| .00      | 3 |                              |       |        | 179.24 |
| Sig.     |   | 1.00                         | 1.00  | 1.00   | 1.00   |

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.00.

Con los resultados del test ADEVA correspondiente al Anexo No.11 podemos comprobar que existe una diferencia significativa en el contenido de Carotenos entre el tomate de árbol anaranjado gigante fresco y deshidratado a las tres potencias debido a que el valor de Fisher calculado experimentalmente 15467.58 es mayor que el valor teórico 4.06, tomando en cuenta los resultados del Análisis de Tukey del Cuadro No.11 se tiene que el contenido de Carotenos entre las potencias usadas reportan diferencia significativa en el nivel del 95% de confiabilidad mientras que todas las anteriores se diferencian del fresco, rechazando así la hipótesis.

### 3.4 ANÁLISIS PROXIMAL Y COMPLEMENTARIO DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO, MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO

Todas las determinaciones tanto físicas como químicas se realizaron por triplicado tanto en el tomate de árbol fresco y deshidratado a 70 W en sus dos variedades de pulpa con semillas.

**CUADRO No.12 CONTENIDO NUTRICIONAL DE DOS VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL PROMEDIO EN MUESTRAS ESTUDIADAS**

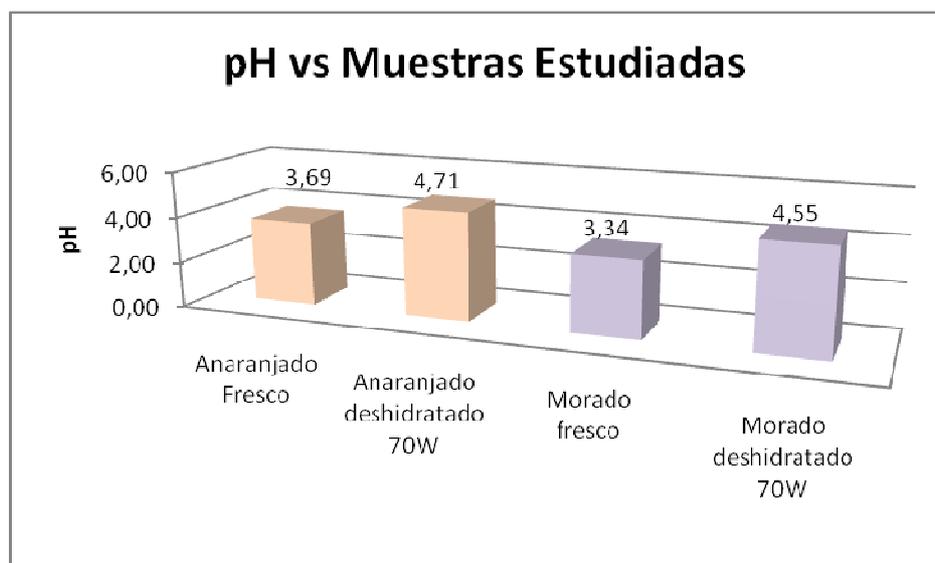
| PARÁMETROS               | Anaranjado Fresco | Deshidratado a 70 W | Morado Fresco | Deshidratado a 70 W |
|--------------------------|-------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| pH                       | 3.69              | 4.71                | 3.34          | 4.55                |
| HUMEDAD%                 | 86.34             | 14.28               | 87.11         | 14.59               |
| * CENIZAS%               | 5.93              | 8.00                | 5.82          | 6.93                |
| *FIBRA%                  | 8.05              | 8.79                | 7.91          | 8.29                |
| *PROTEÍNA%               | 10.82             | 11.18               | 8.61          | 8.93                |
| *AZÚCARES TOTALES%       | 30.53             | 34.92               | 30.1          | 33.46               |
| *AZÚCARES REDUCTORES%    | 18.96             | 23.04               | 18.85         | 21.93               |
| *AZÚCARES NO REDUCTORES% | 11.56             | 11.88               | 11.25         | 11.53               |
| *EXTRACTO ETÉREO         | 0.597             | 0.65                | 0.47          | 0.51                |

Los ensayos marcado con (\*) se reportan en base seca

#### 3.4.1 DETERMINACIÓN DE pH

Como se aprecia en el Gráfico No.8 se determinó un promedio de pH de 3.69 en el tomate de árbol Anaranjado Gigante fresco y 4.71 en el deshidratado, mientras que en el Morado Gigante reporta un pH de 3.34 en fresco y en el deshidratado de 4.55 se puede ver que

disminuye la acidez porque hay una fracción de ácidos que se esterifican y pueden formar sales, esto hace que se neutralicen y por lo tanto la acidez disminuya.

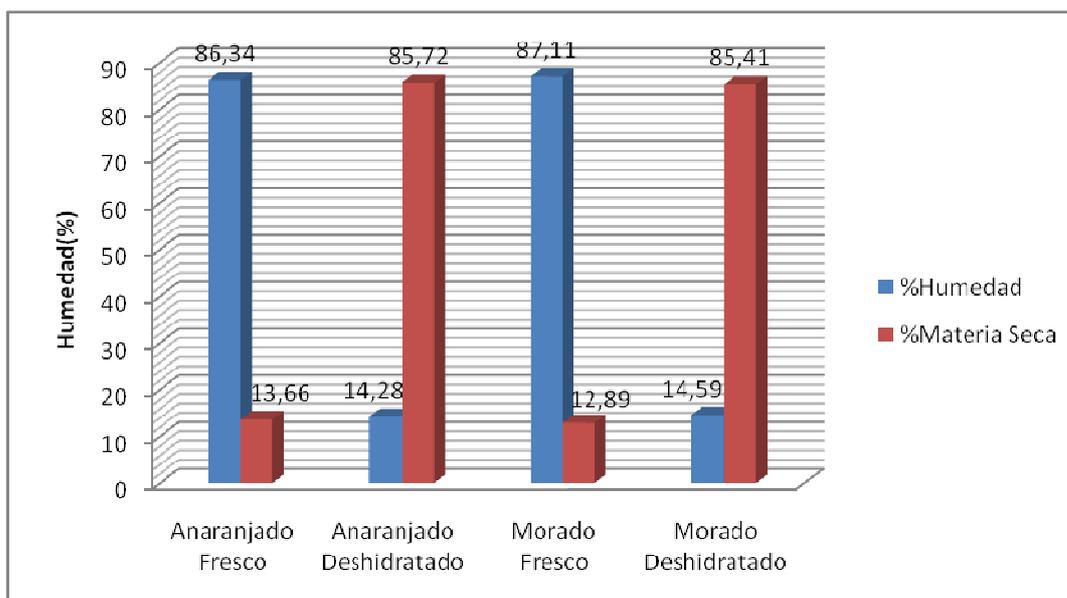


**GRÁFICO No.8 RELACIÓN DE pH EN TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W**

### **3.4.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

Como se aprecia en el Gráfico No 9 se determinó un promedio de humedad de 86.34 % en el tomate de árbol Anaranjado gigante fresco y 14.28% en el deshidratado, mientras que en la variedad Morado gigante tiene una humedad de 87.11% y en el deshidratado corresponde a un valor de 14.59% la diferencia es concordante debido a que en proceso de deshidratación, se elimina un elevado porcentaje de agua libre, permitiendo un prolongado tiempo de vida útil al producto por su bajo contenido de humedad y a su vez permitiendo la concentración de los solutos que en la fruta se encuentra.

|                      | Anaranjado Fresco | Anaranjado Deshidratado | Morado Fresco | Morado Deshidratado |
|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------|---------------------|
| <b>%Humedad</b>      | 86.34             | 14.28                   | 87.11         | 14.59               |
| <b>%Materia Seca</b> | 13.66             | 85.72                   | 12.89         | 85.41               |

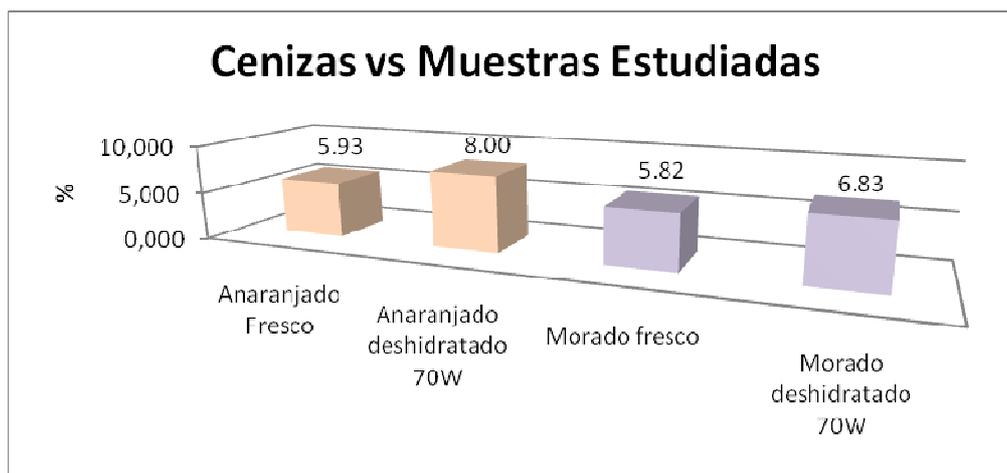


**GRÁFICO No.9 CONTENIDO DE HUMEDAD EN PORCENTAJE DE TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA)**

### 3.4.3 DETERMINACIÓN DE CENIZA

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación de cenizas, se aprecia en el Gráfico No 10 que el porcentaje promedio de cenizas para el tomate de árbol Anaranjado gigante es de 5.93% en fresco y de 8.00% en el deshidratado y en la variedad morado gigante se obtuvieron los resultados de 5.82% en fresco y en el deshidratado de 6.83%.

Este aumento en el deshidratado se debe a que según se realice el proceso de deshidratación, el contenido de agua disminuye permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración y esto a su vez indica que el valor nutritivo del Tomate de árbol deshidratado se incremente con relación de las muestras frescas.



**GRÁFICO No.10 CONTENIDO DE CENIZAS EN PORCENTAJE DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA)**

### **3.4.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA**

De los resultados obtenidos para la determinación de fibra, se observa en el Gráfico No 11 que el porcentaje promedio de fibra para el tomate de árbol Anaranjado Gigante es mayor en el deshidratado que en el fresco siendo así 8.05% y 8.79% respectivamente, en tanto para el tomate Morado Gigante en el fresco 7.91% y 8.29% en el deshidratado.

Este aumento se debe a que a medida que el agua va eliminándose, la concentración de solutos es mayor desplazándose hacia la superficie del alimento.

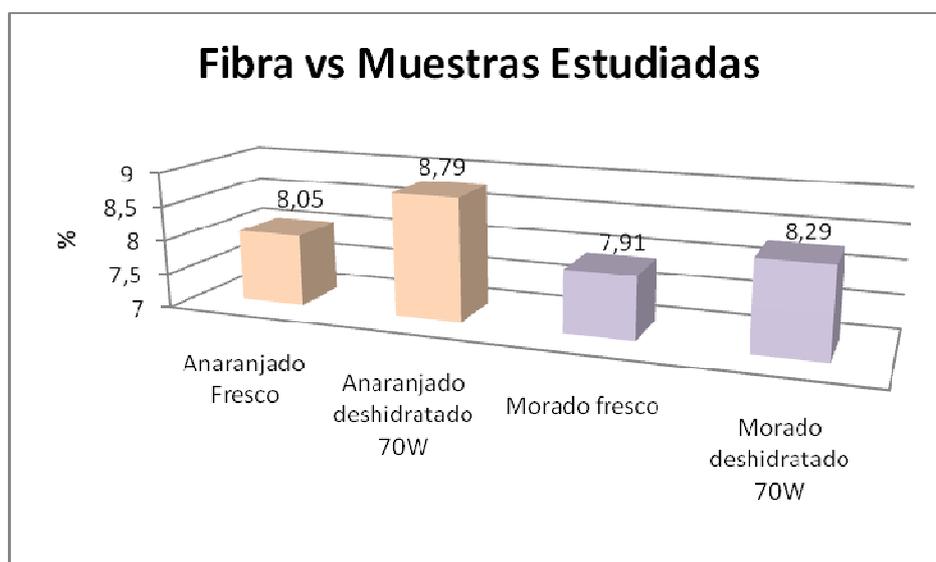
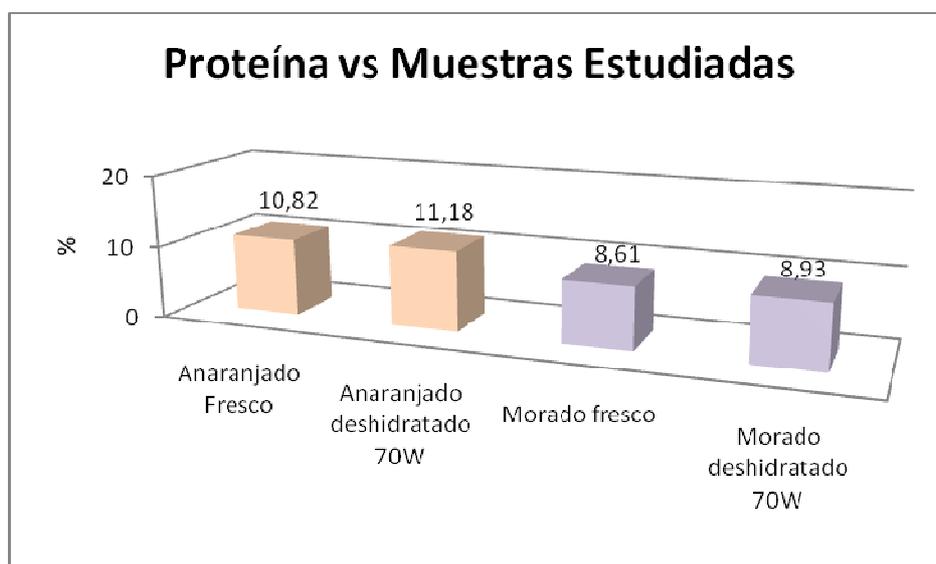


GRÁFICO No. 11      CONTENIDO DE FIBRA EN PORCENTAJE DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA)

### 3.4.5 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Como se observa en el Gráfico No 12 la proteína en el tomate anaranjado gigante fresco es de 10.82% y en el deshidratado es de 11.18%, en el caso del morado gigante fresco corresponde a 8.61% y en el deshidratado de 8.93% este aumento se debe a que a medida que progresa la deshidratación el agua disminuye y los solutos se concentran.

De esta forma se demuestra que la deshidratación no afecta el valor nutritivo de las proteínas contenidas en el tomate de árbol fresco es decir se mantienen estables.



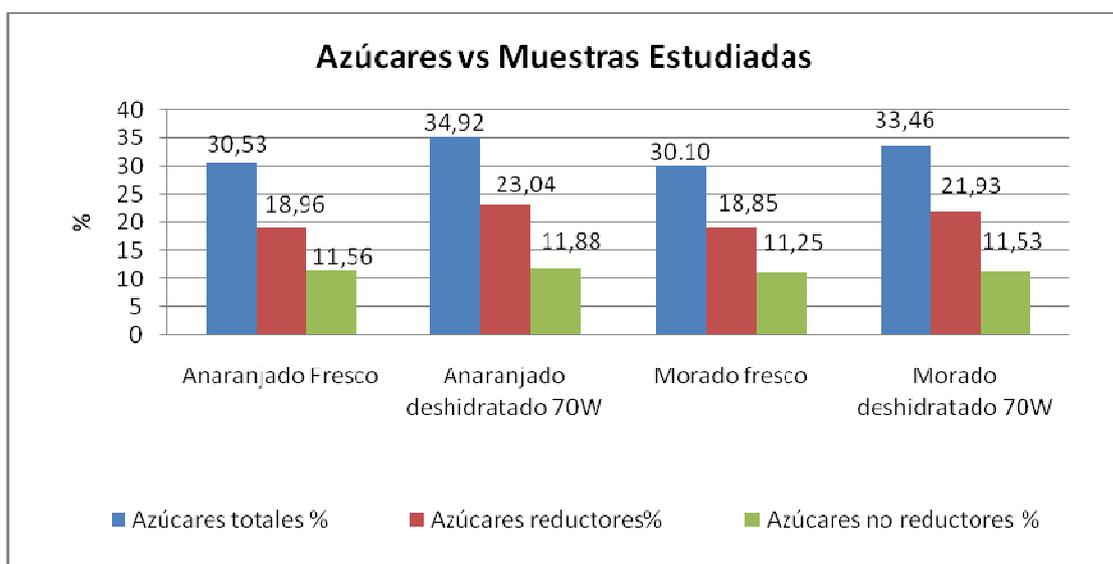
**GRÁFICO No.12 CONTENIDO DE PROTEÍNA EN PORCENTAJE DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA).**

### **3.4.6 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES**

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio el porcentaje de azúcares totales en el Anaranjado gigante aumenta en el deshidratado de 30.53% a 34.92% y el porcentaje de azúcares no reductores va de 18.96% a 23.04% respectivamente, en tanto que para la variedad Morado gigante en fresco de azúcares totales 30.10% y en el deshidratado 33.46%

El porcentaje de azúcares es mayor en el deshidratado que en la fruta fresca debido a que los azúcares son solubles en agua y mientras progresa el proceso de deshidratación estos son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran.

El gráfico N° 13 nos muestra el porcentaje de azúcares totales, reductores y no reductores expresados en base seca.

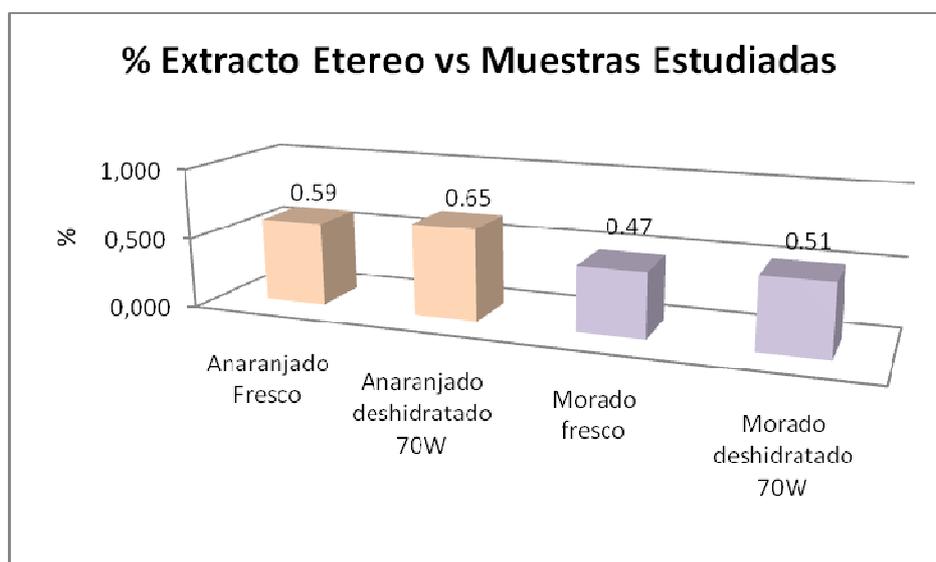


**GRÁFICO No.13 CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES EN PORCENTAJE DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA).**

### 3.4.7 EXTRACTO ETÉREO

De los datos obtenidos en el análisis de laboratorio se puede apreciar en el Gráfico No 14 que el porcentaje de extracto etéreo aumenta en el deshidratado

El extracto etéreo indica la grasa neutra de un alimento y componentes liposolubles como son pigmentos, sabiendo que el pigmento del Tomate de árbol es el  $\beta$ - caroteno y este es susceptible a cambios físicos y químicos, y a su vez tomando en cuenta que el método usado es una extracción por lo tanto hay un arrastre de todas las sustancias liposolubles y lipocromos existentes en las muestras estudiadas.



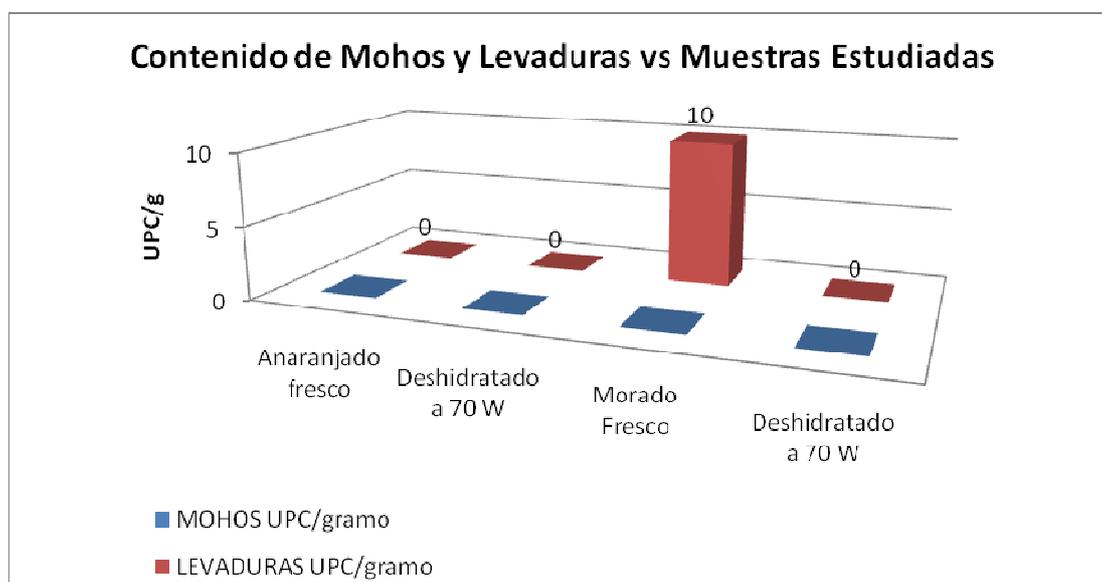
**GRÁFICO No.14 CONTENIDO DE EXTRACTO ETÉREO EN PORCENTAJE DEL TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 W (EN BASE SECA)**

### **3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TOMATE DE ÁRBOL EN SUS DOS VARIEDADES**

Este análisis se efectuó por triplicado tanto en el tomate de árbol fresco en sus dos variedades como en el deshidratado a 70 W con intervalos de 10 minutos que fue la potencia que reporto menor pérdida de antocianos, carotenos y vitamina C según corresponda, estos resultados son apreciados en el Gráfico No 15.

**CUADRO No.13 CONTENIDO PROMEDIO DE HONGOS (MOHOS Y LEVADURAS) EN MUESTRAS ESTUDIADAS**

| HONGOS                        | Anaranjado Fresco | Deshidratado a 70W | Morado Fresco | Deshidratado a 70W |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| <b>MOHOS</b><br>UPC/gramo     | -                 | -                  | -             | -                  |
| <b>LEVADURAS</b><br>UPC/gramo | -                 | -                  | 10            | -                  |



**GRÁFICO No.15 CONTENIDO DE MOHOS Y LEVADURAS EN TOMATE ANARANJADO Y MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS.**

Estos resultados demuestran que la fruta estudiada es de excelentes propiedades microbiológicas debido principalmente a la fácil limpieza de la fruta también cabe recalcar que por medio del proceso de deshidratación la cantidad de levaduras disminuye notablemente, y no existió crecimiento de hongos por que crecen cuando hay una gran cantidad de agua y el pH es ácido, los alimentos deshidratados presentan valores de  $a_w$  aproximadamente iguales a 0.30 que sirven para controlar no sólo el crecimiento microbiano sino también otras reacciones de deterioro.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES

1. Al comparar el potencial nutritivo de las dos variedades de tomate de Árbol (*Solanum betaceum Cav.*) antes y después del deshidratado por microondas a tres potencias, se determinó que la variedad morado gigante a la potencia de 70W conserva mejor su valor nutritivo, por presentar mayor contenido de vitamina C y antocianos, como se puede observar en el Cuadro No.6 y cuadro No.7.
2. Al realizar el análisis físico, químico y microbiológico de las dos variedades de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) fresco se determinó que la variedad anaranjado gigante posee mejores propiedades que la variedad morado gigante en tanto que para el análisis microbiológico la variedad anaranjado gigante presenta ausencia de hongos y levaduras y para la variedad morado gigante presenta ausencia de hongos y presencia de levaduras en un valor de 10 UFC/gramo, de acuerdo al Cuadro No.13.
3. Al establecer los parámetros adecuados para realizar el proceso de deshidratación de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) por microondas en sus dos variedades se estableció que el más eficiente es a una potencia de 70W con intervalos de 10 minutos, con un tiempo final de 70 minutos para la variedad anaranjado gigante y para la variedad morado gigante con un tiempo final de 80 minutos.

4. Al determinar el contenido de los indicadores de eficiencia del proceso de deshidratación en las dos variedades de tomate de árbol expresados en base seca se pudo determinar que para la variedad anaranjado gigante el contenido de vitamina C es de 78.34mg/100g en muestra seca con un porcentaje de pérdida equivalente a 55.96 % y su valor de carotenos 107.23mg/100g con un porcentaje de pérdida de 40.14% mientras que para la variedad morado gigante el contenido de vitamina C es de 99.50mg/ 100g en base seca con un porcentaje de pérdida de 45.78% y un contenido de antocianos correspondiente a 250.43mg/ 100g con un porcentaje de pérdida de 33.24%, de acuerdo al Cuadro No.6 y Cuadro No.7.
  
5. Al realizar el análisis físico, químico y microbiológico de los productos de dos variedades de Tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) deshidratado se determino que la variedad anaranjado gigante conserva su valor nutritivo y la variedad morado gigante conserva mejor sus propiedades físicas mientras en el análisis microbiológico los productos de las dos variedades presentan ausencia de hongos y levaduras debido a la aplicación de la radiación ionizante aplicada a la fruta.
  
6. Al ejecutar el análisis estadístico en parámetros bioquímicos evaluados antes y después de la deshidratación según datos obtenidos en la investigación en base al número de repeticiones realizadas se determino que existe diferencias significativas en las potencias usadas con un nivel de confiabilidad del 95%, de acuerdo al Anexo No.8 al Anexo No.11

## **CAPÍTULO V**

### **5. RECOMENDACIONES**

1. Se debe tomar en cuenta el estado de madurez del tomate de árbol en el momento de selección, pues al momento de someterlo a deshidratación el proceso no es completamente uniforme, a su vez deben ser cortados en un solo espesor.
2. Es conveniente que el producto final se empaque al vacío para poder prolongar el periodo de vida útil, así como para impedir la oxidación y la rehidratación del producto deshidratado, esto para fines de comercialización.
3. En razón de que para este trabajo de investigación no se cuenta con Normas Técnicas Específicas para el tomate de árbol deshidratado se recomienda realizar otros parámetros de control de calidad como son los minerales, esto con la finalidad de lograr una información más apropiada de la calidad del producto inicial y final.
4. Se recomienda el consumo de tomate de árbol deshidratado ya que ayudaría a tener una mejor calidad de vida pues presenta propiedades medicinales, por su contenido de antioxidantes para prevención de cáncer y fibra para reducir los niveles de glicemia en personas diabéticas.

## CAPÍTULO VI

### 6. RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó el estudio comparativo del potencial nutritivo de dos variedades de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*), teniendo como indicador de eficiencia del proceso de deshidratación, la concentración de antocianos, carotenos y vitamina C según su variedad para reducir al máximo la pérdida de nutrientes. En los parámetros nutricionales obtenidos se ve una marcada diferencia, en el deshidratado existe menor contenido de agua en la variedad anaranjado gigante 14.58% y en la variedad morado gigante 14.28% por tanto se garantiza una conservación óptima, el contenido de cenizas aumenta en el Anaranjado Gigante y morado gigante siendo así de 5.93% en fresco a 8.00% en el deshidratado y de 5.82% en fresco a 6.93% en deshidratado según corresponde esto se debe a que los elementos minerales se encuentran en mayor concentración, en el caso de la fibra la concentración de solutos en el deshidratado es mayor esto es 8.79% en el anaranjado gigante y 8.29% en el morado gigante, de igual manera sucede con la proteína con un valor de 11.18% para el deshidratado anaranjado gigante y 8.93% en el morado gigante, para los azúcares el porcentaje fue de 34.92% y 33.46% en los deshidratados según corresponde debido a su concentración. Para determinar las condiciones óptimas de secado se aplicó el método de microondas a 3 potencias 70, 140 y 210 W. Se estableció que el tiempo de secado se ve influenciado por la potencia, es así que a 70 W el tomate de árbol en su variedad anaranjado gigante se secó a 70 minutos y para la variedad morado gigante de 80 minutos presentando una concentración de 107.23 mg/100g de carotenos y 78.34 mg/100g de vitamina C en el tomate Anaranjado gigante y una concentración de 250.43 mg/100g de antocianos y 99.50 mg/100g de vitamina C en la variedad morado gigante, se deduce que a 210 W de potencia la pérdida de antocianos, carotenos y vitamina C es mayor. Además se realizó el análisis microbiológico, para tomate de árbol fresco y deshidratado optimo observándose en la fresca ausencia de hongos y levaduras en la variedad anaranjado gigante y para la variedad morado gigante existe ausencia de hongos y presencia de levaduras correspondiente a 10 UPC/gramo y en la deshidratado de las dos variedades existió ausencia de hongos y levaduras. Es así que el consumo de tomate de árbol presenta propiedades medicinales, por lo que se recomienda ampliar los estudios respecto a esta investigación.

## SUMMARY

This research work carried out a comparative study of nutritional potential of two varieties of tree tomato (*Solanum betaceum Cav.*), taking as an indicator of efficiency of the process of dehydration, the concentration of anthocyanins, carotenoids and vitamin C which the variety to minimize the loss of nutrients. In the nutritional parameters obtained is a marked difference in the dehydrated there is less water content in the range 14.58% orange giants and the giant purple variety 14.28% thus ensuring optimal preservation, the ash content increases in the Orange giant purple giant of 5.93% being so fresh to 8.00% in the dehydrated and freseo 5.82% to 6.93% in dried as appropriate in this is that the mineral elements are found in greater concentration within the fiber case the concentration of solutes in dehydrated, this is 8.79% higher in the giant orange and 8.29% in the purple giant, equally true of the protein with a value of 11.18% for the dehydrated orange giant and 8.93% in the dwelling giant, the sugar percentage was 34.92% and 33.46% in the dehydrated as appropriate due to their concentration. To determine the optimal drying method was applied to 3 power microwave 70, 140 and 210 W tree tomatoes in giant orange variety was dried at 70 minutes and the giant purple range 80 minutes presenting a concentration of 107.23mg/100g of carotenes and 78.34 mg/100g of vitamin C in tomato giant Orange and a concentration of 250.43 mg / 100g, 99.50 mg/100g anthocyanins and vitamin C in the giant purple variety, it follows that the power 210 W loss of anthocyanins, carotenoids and vitamin C is higher. We also carried out microbiological analysis for tree tomato fresh and dried optimum observed in the fresh absence of fungi and yeasts in the giant orange variety and the giant purple variety there is no presence of fungi and yeasts for 10 UPC/gram dehydrated in the absence existed two varieties of fungi and yeast. Thus, consumption of tomato tree has medicinal properties, so it is recommended that studies on this research.

## CAPÍTULO VII

### 7. BIBLIOGRAFÍA

1. ACEBEDO.S. Alimentos deshidratados. Un rentable negocio, México. N°16. pp.38-40, Octubre 2005.
2. AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Peer verified Methods. Manual on Policies and procedures. USA. Arlington, 1998. 1500 p. Pp.50-82
3. BARBOSA- CANOVAS, g.v. y VGA MERCADO ,h. Deshidratación de Alimentos. Zaragoza. Acribia, 2000. 500 p. Pp.1-6; 27-35; 89-100; 267,268
4. BASANTES Nelly. Determinación del potencial nutritivo y nutraceútico de 4 cultivares de tomate de árbol (*Solanum betaceum.Cav*). (tesis)(Bioq.Farmac). Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Ciencias.2006. 122p. Pp.27-49,115
5. CADENA,E. Estudio de Prefactibilidad para Tomate de Árbol. Quito- Ecuador, 2003. 1500p. Pp.54-72.115.
6. CHEFTEL Jean - Claude. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. España. Acribia, 1976. 346p. Pp.30-31,37-38.
7. CHEFTEL Jean - Claude. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. España. Acribia, 1976. Tomo II. 400p. Pp 202-236.
8. EARLE.R.L. Ingeniería de los Alimentos: Las Operaciones Básicas Aplicadas a la Tecnología de los Alimentos. España. Acribia, 1979. 572p. Pp. 450-452.

9. FELLOWS. P..Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas Zaragoza. Acribia, 1994. 400p.Pp: 210-240.
10. GALLEGOS. Jannet. Manual de prácticas de Microbiología de alimentos. Riobamba Ecuador . 2003. 110p. Pp.20- 25.
11. GARCÍA, M. Manejo cosecha y poscosecha de mora lulo y tomate de árbol. Bogotá Colombia. Corpoica, 2001. 100p. Pp. 89-92.
12. GRACIELA CLEMENTE. Gran atlas de la ciencia: Atlas visual de la ciencia Tecnología. Barcelona. Sol 90, 2006: 5. 95p. Pp: 22,23
13. GUÍA TÉCNICA DE CULTIVO INIAP. N° 73. 2008. Arte Gráfica SILVA. Ficha 1-5.
14. HARTa.m.LESLIE F. Fisher Harry Jhonstone. Análisis Moderno de los Alimentos Acribia, 1999. 250p. pp. 30-40
15. J.B.S. BRAVERMAN. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. México D.F. Omega, 1980. 355p. Pp.39-51,55
16. JAMES M.JAY: MARTIN J. LOESSNER. DAVID A. GOLDEN. Microbiología. Moderna de los Alimentos. 5.ed. España. Acribia, 2009. 780p. Pp:443,445-448
17. JUAN DE DIOS ALVARADO. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Ambato-Ecuador. Radio Comunicaciones, 1996. Pp.420,421-434,501-507.
18. LEÓN,J.:VITERI,P; CEVALLOS,G. Manual de Cultivo de Tomate de Árbol. Ecuador. 2004. N°61. 70p. Pp.1-14,45.

19. LUCERO, o. Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos. (copias de materia). Riobamba-Ecuador, Xerox. 2005. 120 p. Pp. 1-74.
20. NORMAN DESROISER. Elementos de Tecnología de Alimentos. 8.ed. Barcelona. Acribia,1991. 245p. Pp.137-143
21. R. CATALÁ, A. MULET, C. ROSSELLÓ, A. BERNA. Tamarillo un cultivo Promisorio. Agroquímica y Tecnología de alimentos. (Perú).N° 28. 300p.pp241-250, 1988.
22. SANTILLAN,F. Manual de cultivo sustentable de tomate de árbol. Universidad de Cuenca-Ecuador. s,ed. 2001. 100p. Pp.53.
23. VARGAS M. Diferentes Métodos de Conservación de Pulpas de Frutas Tropicales. Colombia. Prentice-Hall, 1983. Pp.24, 34-38.
24. WALKER, J. R. L., et al. Effect of Polysaccharides on the Colour of Anthocyanins. *Food Chem.* Omega, 1995. Pp. 54, 315.
25. WILLIAM, r. Analytical Chemistry, Madrid. Acribia, 1991. 2042p. Pp. 1535-1543.

#### **BIBLIOGRAFÍA – INTERNET**

##### **26. ÁCIDO ASCÓRBICO**

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_asc%C3%B3rbico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_asc%C3%B3rbico)

20080702

##### **27. ÁCIDO ASCÓRBICO**

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

20080715

**28. ALIMENTOS BALANCEADOS**

<http://www.monografias.com/trabajos/alimentos/alimentos.shtml>

19991101

**29. ALIMENTOS-CIENCIA E INGENIERIA**

[http://fcial.uta.edu.ec/archivos/revistas/REV14\\_2.pdf](http://fcial.uta.edu.ec/archivos/revistas/REV14_2.pdf)

20051114

**30. ANALISIS SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS**

[http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_Sensorial\\_de\\_Alimentos](http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos)

20080207

**31. ANTOCIANOS**

<http://www.botanical-online.com/medicinalesantocianinas.htm>

20080710

**32. ANÁLISIS %20 SENSORIAL**

<http://www.ciad.mx/boletin/JulAgo05/Analisis%20Sensorial.pdf>

20080817

**33. ANÁLISIS DE VARIANZA.**

<http://es.wikipedia.org/wiki/ANOVA>

20080622

**34. CAROTENO CONSUMO Y BENEFICIOS**

[http://www.rexallsundown.com/vf/healthnotes/HN\\_Live/Spanish](http://www.rexallsundown.com/vf/healthnotes/HN_Live/Spanish)

20071220

**35. CURVAS DE DESHIDRATACIÓN**

<http://www.olericultura.com>

20080823

**36. CROMATOGRAFÍA**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3>

20090127

**37. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS (AD-9) SERGIO FUSTERO CARRERAS**

<http://www.conquismania.cl/especial/word/deshidrataciondealimentos.doc>

20080108

**38. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS**

<http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/Itza/deshidratacion.doc>

20071208

**39. DESHIDRATRACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

<http://www.conquismania.cl/especial/word/deshidrataciondealimentos.doc>

20090217

**40. EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LOS ALIMENTOS**

<http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias.pdf>

20071218

**41. EL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL. Desarrollado por: Erodata S.A**

[http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com\\_content](http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com_content)

20090202

**42. EL TOMATE DE ÁRBOL FRUTO DE MODERADO VALOR CALÓRICO**

<http://www.provinciasdominicanas.org/index2.php>

20030823

**43. EL TOMATE DE ÁRBOL, FRUTA TROPICAL DE GRANDES PROPIEDADES**

<http://www.paginasamarillascantv.com.ve/guiadetalle.aspxid171058>

20080102

**44. ESTABILIDAD DE LOS PIGMENTOS CAROTENOIDES EN LOS ALIMENTOS**

<http://www.alanrevista.org/ediciones/20042/estabilidadpigmentoscarotenoides.asp>

20081109

**45. ESTUDIO DE COMPETITIVIDAD DEL TOMATE DE ÁRBOL**

<http://www.sica.gov.ec/agroindustria/productos%20para%20frutas.pdf>

20041023

**46. ESTUDIO DE PERFECTIVIDAD PARA EL TOMATE DE ÁRBOL Ing.E.Cadena**

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

20091111

**47. FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA M.I. EL VIRA JUÁREZ HERNÁNDEZ.**

[http://www.hola.com/gastronomia/nutricion/2005/08/03/12539\\_la\\_mora.html](http://www.hola.com/gastronomia/nutricion/2005/08/03/12539_la_mora.html)

20080218

**48. FISIOLÓGIA Y MANEJO DE POSTCOSECHA DEL TAMARILLO (*CYPHOMANDRA BETACEA*) SILVINA I. PORTELA**

[http://www.horticulturaar.com.ar/bajar.php?archivo=1999\\*99-portela.pdf](http://www.horticulturaar.com.ar/bajar.php?archivo=1999*99-portela.pdf)

20091111

**49. HORNO DE MICROONDAS**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_de\\_fondo\\_de\\_microondas](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_de_fondo_de_microondas)

20090425

**50. HORNOS MICROONDAS**

[http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/hornosmicr\\_hojainfoespagno.pdf](http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/hornosmicr_hojainfoespagno.pdf)

20070630

**51. HORNOS MICROONDAS**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Horno\\_de\\_microondas](http://es.wikipedia.org/wiki/Horno_de_microondas)

20090608

**52. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL CONTROL Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS “ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL”.**

[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevosexportables/tomate\\_arbol.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/nuevosexportables/tomate_arbol.htm)

20060727

**53. IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS**

<http://caebis.cnea.gov.ar/aplicaciones/alim/Irra1.html>

20051026

**54. LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS.** *Antonio J. Meléndez-Martínez, Isabel M. Vicario, Francisco J. Heredia*

<http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP.pdf>

20031117

**55. LUZ VERDE PARA EXPORTACION DE TOMATE DE ÁRBOL ECUATORIANO A ESPAÑA: BOLETÍN DE PRENSA No. 001: Quito-Ecuador**

<http://www.mmrree.gov.ec/mre/documentos/novedades/boletin/2005/enero.htm>

20050104

**56. PROCESO DE SECADO.**

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/cabrera\\_v\\_a/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/cabrera_v_a/capitulo5.pdf)

20041029

**57. PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE FRUTAS.**

<http://www.monografias.com/trabajos68/proceso-deshidratacion-frutas.html>

20020923

**58. PROCESO DE OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS**

<http://www.monografias.com/trabajos15/deshidratación/deshidratación.shtml>

20000227

**59. TAMARILLO. TOMATE DE ÁRBOL O TOMATE ARBÓREO DEL PERÚ**

<http://www.euroresidentes.com/Alimentos/definiciones/tamarillo.htm>

20040727

**60. TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL Ing. M.Sc. N. Idrovo**

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para0invertir/images/costos.gif>

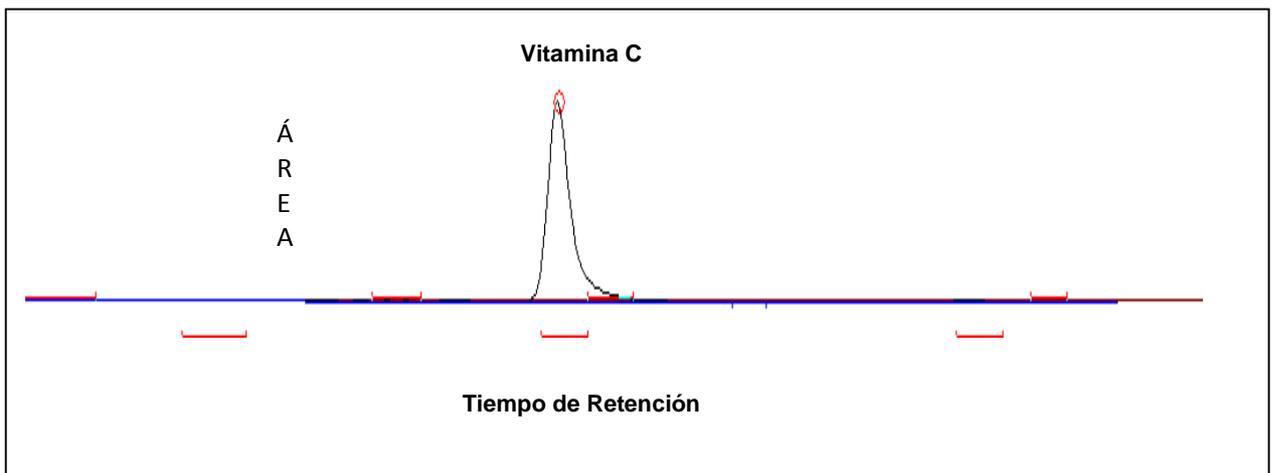
20090325

## ANEXOS

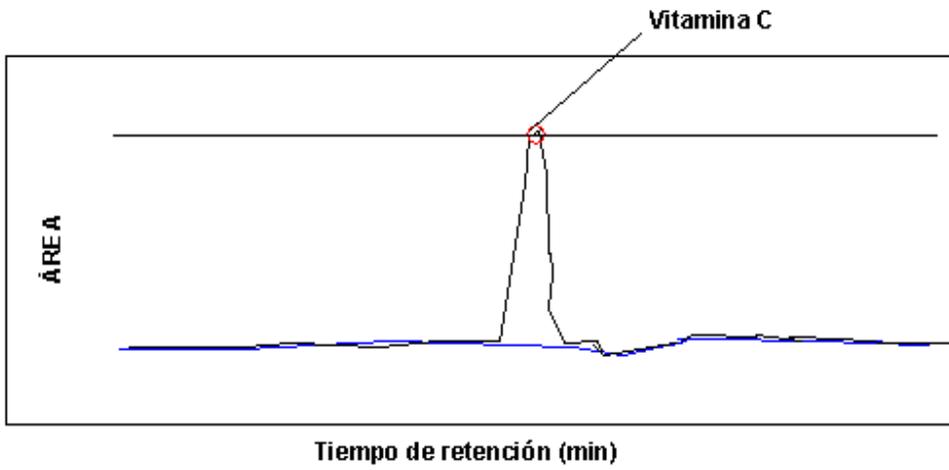
### ANEXO No 1. DETERMINACIÓN DE pH NTE INEN 389.

- 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 10 g la muestra preparada, añadir 100 mL de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitarla suavemente.
- Si existen partículas en suspensión, dejar en reposo 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.

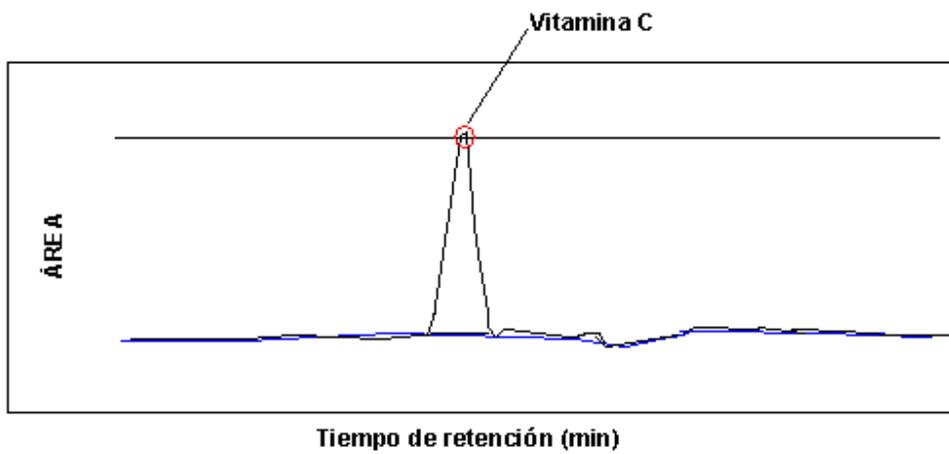
### ANEXO No. 2. CROMATOGRAMA DEL STÁNDAR DE VITAMINA C



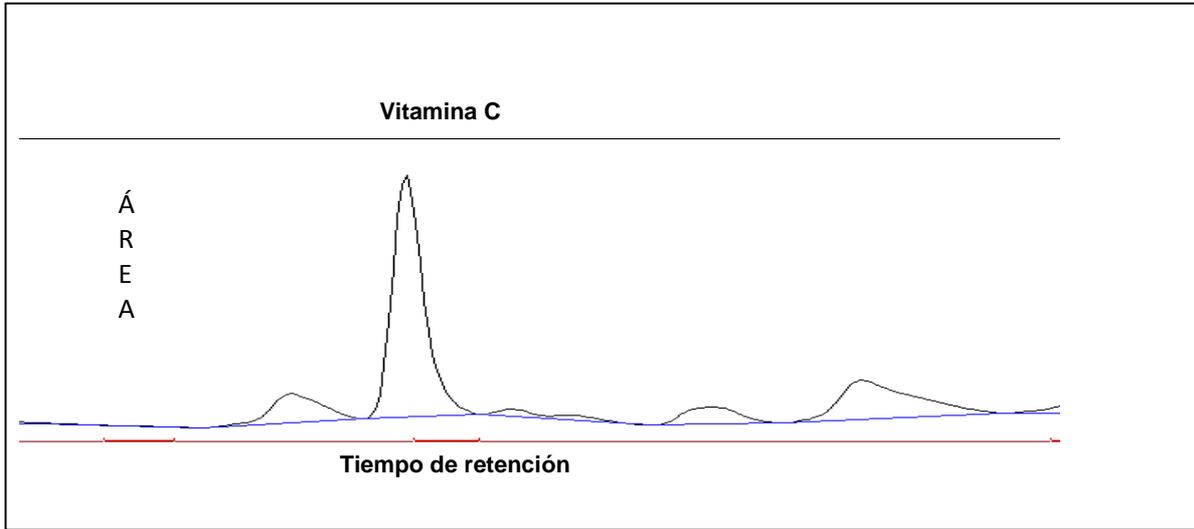
**ANEXO No.3. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO.**



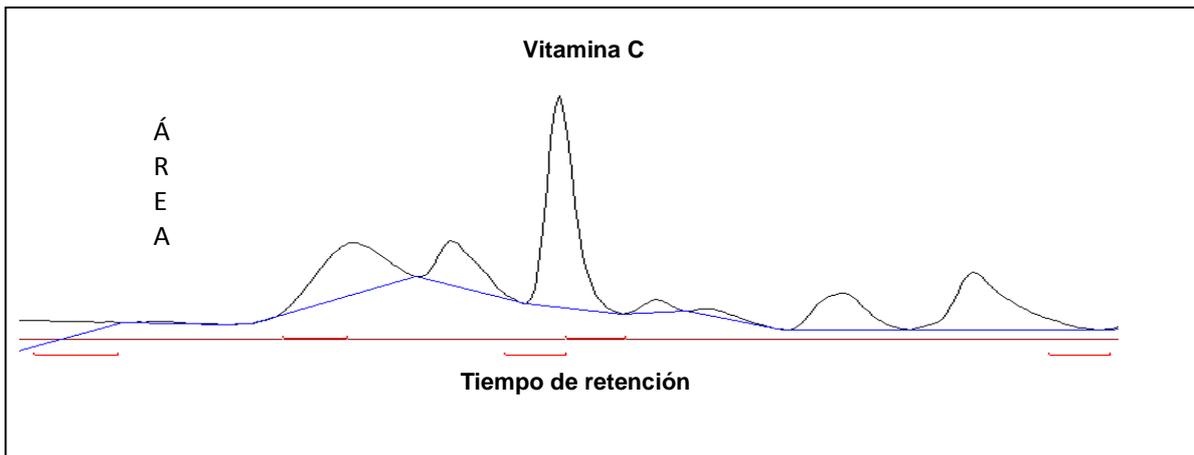
**ANEXO No.4. CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DEL TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO**



**ANEXO No.5 CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DE LA MUESTRA DESHIDRATADA DE TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE.**



**ANEXO No.6 CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DE LA MUESTRA DESHIDRATADA DE TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE.**



#### ANEXO Nº7 MÉTODO DE RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS: SIEMBRA EN SUPERFICIE

- Añadir de 4 mL de agar de Saboraud modificado fundido y enfriado a 45-50 °C al que se le ha adicionado previamente el volumen necesario de la solución stock de cloranfenicol para obtener una concentración final de las superficies de las placas 15 minutos.
- Solución stock de cloranfenicol: disuelva 1 g de antibiótico (Succinato de cloranfenicol) en 100 mL de agua adestilada estéril, filtre a través de una membrana de 0.45 um. almacene en la obscuridad a 4-8°C, deseche luego de un mes.
- Seque las superficies de las placas en la estufa a 50°C, durante 30 minutos, sin tapa y con la superficie del agar hacia abajo.
- Preparar las muestras de alimento según lo indicado para la preparación y dilución de los homogenizados.
- Marcar 2 placas por dilución, tomar las correspondientes a la más alta y sembrar en cada una 0.10 mL de la dilución del respectivo tubo. Repetir esta operación con cada disolución hasta llegar a la más concentrada, usar siempre la misma pipeta, pero homogenizando 3 veces la dilución antes de sembrar cada placa. Sembrar mínimo 3 diluciones.
- Extender las alícuotas de 0.10 mL. Sobre la superficie del medio, tan pronto como sea posible. Dejar secar las superficies de las placas 15 minutos.
- Sellar las placas con parafilm, incubarlas en posición normal a 20-24°C durante 3 a 5 días. O a temperatura ambiente durante 5 a 7 días. No mueva las placas.

#### CÁLCULOS

$$C = n * f$$

Donde:

- C= Unidades Propagadoras de Colonias de hongos por g o mL de producto.  
n= Número de colonias contadas en la placa.  
10= Factor para convertir el inóculo a 1 mL.  
f= Factor .

## REPORTE DE RESULTADOS

- Expresar el resultado como: recuento de mohos y levaduras ...**(X)**.UPC/g ó mL.

### ANEXO No.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 , 140, 210W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS

| Grupos    | Suma   | P      | §     |
|-----------|--------|--------|-------|
| Fresco    | 710.48 | 177.62 | 3.08  |
| P1 10 min | 313.36 | 78.34  | 12.53 |
| P2 10 min | 201.60 | 50.40  | 3.30  |
| P3 10 min | 176.53 | 44.13  | 0.15  |

| Origen de las variaciones | SC       | gl | PC       | F       | P          | Valor crítico para F |
|---------------------------|----------|----|----------|---------|------------|----------------------|
| Entre grupos              | 45850.76 | 3  | 15283.59 | 3205.78 | 1.098 E-17 | 3.49                 |
| Dentro de los grupos      | 57.21    | 12 | 4.77     |         |            |                      |
| Total                     | 45907.97 | 15 |          |         |            |                      |

Donde:

p =promedio

§ = varianza

SC = suma de cuadrados

gl = grados de libertad

PC = promedio de cuadrados

P = probabilidad

**ANEXO No. 9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE VITAMINA C EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70 , 140, 210W CON INTERVALOS DE 10 MINUTOS**

| <b>Grupos</b> | <b>Suma</b> | <b>P</b>    | <b>§</b> |
|---------------|-------------|-------------|----------|
| Fresco        | 733.41468   | 183.35367   | 1.19     |
| P1 10 min     | 398.01564   | 99.50391    | 8.35     |
| P2 10 min     | 224.7083867 | 56.17709668 | 30.06    |
| P3 10 min     | 232.636811  | 58.15920275 | 0.35     |

| <b>Origen de las variaciones</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>PC</b> | <b>F</b> | <b>P</b>  | <b>Valor crítico para F</b> |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 42468.84  | 3         | 14156.28  | 1417.58  | 1.45 E-15 | 3.49                        |
| Dentro de los grupos             | 119.83    | 12        | 9.99      |          |           |                             |
| Total                            | 42588.68  | 15        |           |          |           |                             |

**ANEXO No. 10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE ANTOCIANOS EN TOMATE DE ÁRBOL MORADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210 W**

| <b>Grupos</b> | <b>Suma</b> | <b>P</b> | <b>§</b> |
|---------------|-------------|----------|----------|
| Fresco        | 1125.21     | 375.07   | 8.63     |
| P1 10 min     | 751.3       | 250.43   | 4.62     |
| P2 10 min     | 708.7       | 236.23   | 4.62     |
| P3 10 min     | 663.09      | 221.03   | 1.71     |

| <b>Origen de las variaciones</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>PC</b> | <b>F</b> | <b>P</b>  | <b>Valor crítico para F</b> |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 44876.68  | 3         | 14958.89  | 3056.18  | 1.42 E-12 | 4.066                       |
| Dentro de los grupos             | 39.16     | 8         | 4.895     |          |           |                             |
| Total                            | 44915.84  | 11        |           |          |           |                             |

**ANEXO No. 11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONTENIDO DE CAROTENOS EN TOMATE DE ÁRBOL ANARANJADO GIGANTE FRESCO Y DESHIDRATADO A 70, 140, 210 W**

| <b>Grupos</b> | <b>Suma</b> | <b>P</b> | <b>§</b>   |
|---------------|-------------|----------|------------|
| Fresco        | 537.3995    | 179.13   | 0.0657714  |
| P1 10 mi      | 321.7       | 107.23   | 0.10573333 |
| P2 10 min     | 286.87      | 95.62    | 0.47623333 |
| P3 10 min     | 264.51      | 88.17    | 0.7081     |

| <b>Origen de las variaciones</b> | <b>SC</b> | <b>gl</b> | <b>PC</b> | <b>F</b> | <b>P</b>  | <b>Valor crítico para F</b> |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 15728.65  | 3         | 5242.88   | 15467.58 | 2.17 E-15 | 4.066                       |
| Dentro de los grupos             | 2.71      | 8         | 0.339     |          |           |                             |
| Total                            | 15731.35  | 11        |           |          |           |                             |

**ANEXO N°12 FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN**



**ANEXO N°13 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FRESCO Y DESHIDRATADO**



**Determinación de vitamina C**



**Determinación de Antocianos**



**Determinación de Proteína**



**Determinación de Extracto Etéreo**



**Análisis Microbiológico**