

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**



**“EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE LA FRUTILLA (*Fragaria vesca*) DESHIDRATADA POR EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LA OBTENIDA POR DESHIDRATACIÓN EN MICROONDAS”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**PRESENTADO POR**

**ADRIANA DEL PILAR HUARACA AGUAY**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

## **DEDICATORIA**

*La vida es grandiosa pues en ella nos encontramos con diferentes caminos, buenos y malos solo hay que saber elegirlos. Por eso este trabajo está dedicado a aquellos que me brindaron la oportunidad de elegir un buen camino, a mi padres porque es muy cierto q no hay mejor herencia que el estudio para nuestra superación. Y a mis hermanos por ser un ferviente ejemplo de lucha constante.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Doy gracias a Dios por esta oportunidad de vida, y porque en ella logre todo lo que un ser humano aspira tener amor, respeto, comprensión, felicidad.*

*A mis papás, porque han sido mi apoyo incondicional, porque cuando me vieron a punto de desvanecer estuvieron ahí alentándome a seguir adelante, porque sus palabras y su amor hicieron que yo pueda culminar con una meta. Todo lo logrado de mi parte es una forma de pago a todo su sacrificio realizado.*

*A la Dra. Olga Lucero, y al Dr. Carlos Pilamunga por ser grandes maestros, porque su amor por la enseñanza ayuda a que seamos estudiantes encaminados a ser excelentes profesionales. Gracias infinitamente por su colaboración en este trabajo.*

*Y porque no agradecer a esos seres que han sido como mis ángeles, a mis amigas, por haber compartido varias vivencias en este camino andado, y por su comprensión y ayuda.*

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE LA FRUTILLA (*Fragaria vesca*) DESHIDRATADA POR EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LA OBTENIDA POR DESHIDRATACIÓN EN MICROONDAS” de responsabilidad del(a) señor(ita) egresado(a) Adriana del Pilar Huaraca Aguay, sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Yolanda Díaz DECANA FAC. CIENCIAS	_____	_____
Dr. Luis Guevara DIRECTOR ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	_____	_____
Dra. Olga Lucero DIRECTORA DE TESIS	_____	_____
Dr. Carlos Pilamunga MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Dra. Ana Albuja MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____
Tec. Carlos Rodriguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN.	_____	_____
NOTA DE TESIS ESCRITA	_____	

Yo, Adriana del Pilar Huaraca Aguay 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

---

ADRIANA DEL PILAR HUARACA AGUAY

## 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>18</b>
1.1.	Frutilla.....	18
1.1.1.	Historia y origen.....	18
1.1.2.	Características botánicas.....	19
1.1.3.	Cultivo de la frutilla.....	21
1.1.3.1.	Temperatura.....	21
1.1.3.2.	Suelo.....	22
1.1.3.3.	Humedad.....	22
1.1.3.4.	Riego.....	22
1.1.3.5.	Luminosidad.....	23
1.1.4.	Cosecha.....	23
1.1.5.	Tasa respiratoria y producción de etileno.....	24
1.1.6.	Postcosecha.....	25
1.1.7.	Plagas y enfermedades.....	25
1.1.8.	Variedades.....	27
1.1.9.	Composición nutricional.....	27
1.1.10.	Color en las frutillas.....	28
1.1.11.	Utilidades.....	29
1.1.12.	Economía.....	30
1.2.	Actividad del agua y estabilidad de los alimentos.....	31
1.3.	Sistemas y métodos de conservación de los alimentos.....	32
1.3.1.	Los peligros físicos.....	32
1.3.2.	Los peligros biológicos.....	32
1.3.2.1.	Temperatura.....	32
1.3.2.2.	pH.....	33
1.3.2.3.	Medio nutritivo.....	33
1.3.2.4.	Oxígeno.....	33
1.3.2.5.	Tiempo.....	33
1.3.2.6.	Humedad.....	33
1.3.3.	Procedimientos de conservación.....	34
1.3.3.1.	Métodos físicos.....	34
1.4.	Liofilización.....	36
1.4.1.	Historia de la liofilización de alimentos.....	37
1.4.2.	Proceso y etapas de la liofilización.....	38
1.4.2.1.	Congelación previa.....	39

1.4.2.2.	Sublimación.....	41
1.4.2.3.	Rehidratación.....	41
1.4.3.	Ventajas y desventajas de la liofilización.....	42
1.4.4.	Envasado de los productos liofilizados.....	43
1.4.5.	Aplicaciones de la liofilización.....	44
1.4.6.	Equipos de liofilización.....	46
1.4.6.1.	Clases de equipos.....	47
1.5.	Garantía de calidad de alimentos.....	48
1.5.1.	Seguridad alimentaria.....	48
1.6.	Análisis bromatológico.....	49
1.6.1.	Toma de muestra.....	50
1.6.2.	Evaluación organoléptica.....	50
1.6.3.	Análisis bromatológico y complementario.....	52
1.6.3.1.	Humedad.....	52
1.6.3.2.	Cenizas.....	54
1.6.3.3.	Lípidos.....	55
1.6.3.4.	Fibra.....	56
1.6.3.5.	Proteína.....	57
1.6.3.6.	Azúcares.....	59
1.6.3.7.	pH.....	60
1.6.3.8.	Acidez.....	61
1.6.3.9.	Antocianos.....	61
1.6.3.10.	Vitamina C.....	64
1.6.4.	Análisis microbiológico.....	66
1.7.	Pruebas estadísticas.....	67
1.7.1.	Análisis de varianzas ANOVA.....	67
1.7.1.1.	Bases de análisis de la varianza.....	67
1.7.1.2.	Modelos de análisis de varianza.....	70
1.7.1.3.	Fundamentos del ANOVA.....	71
1.7.1.4.	Test de Tukey.....	72
1.7.2.	Distribución de t student.....	73
1.7.2.1.	Comparación entre dos medias poblacionales usando muestras independientes.....	73
1.7.2.2.	Supuestos del modelo t de Student para dos muestras independientes.....	73
<b>2.</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>75</b>
2.1.	Lugar de experimentación.....	75
2.2.	Materiales, equipos y reactivos.....	75
2.2.1.	Material fresco.....	75
2.2.2.	Equipos.....	77
2.2.3.	Reactivos.....	77
2.2.4.	Medio de cultivo.....	77
2.3.	Métodos.....	78
2.3.1.	Fase experimental.....	78
2.3.1.1.	Proceso de liofilización.....	78
2.3.1.2.	Análisis físico y bromatológico de la frutilla.....	79
2.3.1.3.	Determinación de acidez titulable.....	79

2.3.1.4.	Determinación de humedad.....	80
2.3.1.5.	Determinación de cenizas (técnica NTE INEN 401).....	80
2.3.1.6.	Determinación de proteína (Método de Microkjeldhal).....	81
2.3.1.7.	Determinación de fibra cruda: método de Weende.....	82
2.3.1.8.	Determinación de azúcares totales Método de Fheling.....	84
2.3.1.9.	Determinación de Antocianos.....	87
2.3.1.10.	Determinación de vitamina C.....	88
2.3.1.11.	Determinación de Hongos (Mohos y Levaduras).....	89
2.3.1.12.	Determinación histológica de la frutilla fresca y liofilizada....	89
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>90</b>
3.1.	Evaluación sensorial.....	90
3.2.	Análisis del tiempo de liofilización.....	91
3.3.	Análisis del porcentaje de humedad en la frutilla liofilizada	91
3.4.	Análisis de los indicadores, vitamina C y antocianos en.... la frutilla liofilizada de diferente dimensión.....	93
3.4.1.	Vitamina C en frutilla liofilizada de diferente dimensión....	93
3.4.1.1.	Análisis ADEVA para los datos de vitamina C.....	94
3.4.1.2.	Análisis de Tukey para el contenido de vitamina C.....	95
3.4.2.	Antocianos en frutilla liofilizada de diferente dimensión....	96
3.4.2.1.	Análisis ADEVA para los datos antocianos.....	97
3.4.2.2.	Análisis de Tukey para el contenido de antocianos.....	98
3.5.	Análisis físico químico de la frutilla fresca y de la frutilla Liofilizada.....	100
3.6.	Comparación estadística de los valores de la frutilla deshidratada por método de microondas y liofilización....	101
3.6.1.	Determinación de pH.....	102
3.6.2.	Determinación de humedad.....	103
3.6.3.	Determinación de cenizas.....	104
3.6.4.	Determinación de fibra.....	105
3.6.5.	Determinación de proteínas.....	105
3.6.6.	Determinación de azúcares.....	106
3.6.7.	Determinación de vitamina C.....	107
3.6.8.	Determinación de antocianos.....	108
3.6.9.	Determinación de hongos.....	109
3.7.	Análisis histológico de la frutilla fresca y liofilizada.....	110
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
	<b>RESUMEN.....</b>	<b>114</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>115</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>116</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>127</b>



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ab	Absorbencia
AM	Área de la muestra
AE	Área del estándar
°C	Grados Celsius
C.E	Concentración del estándar
CLAR	Cromatografía líquida de alta resolución
CCF	Cromatografía en capa fina
Desh	Deshidratada
Desvest	Desviación estándar
Frut.	Frutilla
GL	Grados de libertad
h	Horas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INTA	Instituto Nacional de Técnicas Agropecuarias
Kg	Kilogramos
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
mBar	Mili Bar
mg	Miligramos
mL	Mililitros
MS	Materia seca
nm	Nanómetros
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
pH	Potencial de Hidrógeno
%	Porcentaje
Pa	Pascales
slcn	Solución
T	Temperatura
TC	T calculado
t	t crítico

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No 1	Composición nutricional de la frutilla.....	28
Tabla No 2.	Diferencias entre el secado convencional y liofilización.....	42
Tabla No 3.	Especificaciones de los equipos de liofilización.....	47
Tabla No 4.	Método para la determinación de humedad.....	53
Tabla No 5.	Métodos para la determinación de cenizas ventajas y Desventajas.....	55
Tabla No 6.	Método de determinación de proteínas.....	58
Tabla No 7.	Estructura y sustituyentes de las antocianinas.....	62
Tabla No 8.	Estructura análisis ANOVA.....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No 1	Características organolépticas de la frutilla fresca y frutilla liofilizada.....	90.
Cuadro No 2	Valores de porcentaje de humedad de las frutillas de diferentes dimensiones.....	92
Cuadro No 3	Valores de vitamina c (mg/100g)muestra base seca.....	93
Cuadro No 4	Análisis de varianza para la cantidad de vitamina c en la frutilla fresca y liofilizada a tres dimensiones .....	94
Cuadro No 5	Múltiples comparaciones en el test de Tukey para el contenido de vitamina C en la frutilla liofilizada.....	95
Cuadro No 6	Prueba de Tukey para el contenido de vitamina C en las muestras liofilizadas de dimensiones diferentes.....	96
Cuadro No 7	Múltiples comparaciones en el test de Tukey para el contenido de antocianos en la frutilla liofilizada.....	97
Cuadro No 8	Prueba de Tukey para el contenido de antocianos en las muestras liofilizadas de dimensiones diferentes.....	98
Cuadro No 9	Valores de antocianos en (mg/100g) muestra base seca...	99
Cuadro No 10	Análisis de varianza para la cantidad de vitamina C en las frutillas fresca y liofilizada a tres dimensiones .....	99
Cuadro No 11	Datos del análisis de la frutilla fresca y frutilla liofilizada de diferente dimensión. (base seca).....	100
Cuadro No 12	Valores obtenidos en la frutilla deshidratada por microondas y la frutilla liofilizada (3mm).....	101

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No 1	Determinación del tiempo de liofilización de acuerdo a la dimensión de las frutillas liofilizadas.....	91
Gráfico No 2.	Porcentaje de humedad en las frutillas liofilizadas.....	92
Gráfico No 3.	Contenido de vitamina C, en la frutilla fresca y liofilizada de diferentes dimensiones.....	93
Gráfico No 4	Relación del contenido de antocianos en la frutilla fresca y liofilizada de diferente dimensión.....	97
Gráfico No 5	Relación de pH entre la frutilla fresca, deshidratada en microondas y liofilizada de 3mm.....	103
Gráfico No 6	Relación del porcentaje de humedad entre la frutilla fresca, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	104
Gráfico No 7	Relación del porcentaje de cenizas entre la frutilla fresca, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	104
Gráfico No 8	Relación del porcentaje de fibra entre la frutilla fresca, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	105
Gráfico No 9	Relación del porcentaje de proteína entre la frutilla fresca, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	106
Gráfico No 10	Relación del porcentaje de azúcares entre la frutilla fresca, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	107
Gráfico No 11	Relación del porcentaje de pérdida de vitamina C entre la frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada.....	108
Gráfico No 12	Relación del porcentaje de antocianos, frutilla deshidratada en microondas y la frutilla liofilizada de 3mm.....	109
Gráfico No 13	Relación del contenidos de mohos y levaduras entre la frutilla deshidratada en microondas y liofilizada	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1	Antocianinas de la frutilla.....	28
Figura No 2	Diagrama de fases del agua y sistema de secado.....	36
Figura No 3	Sistema básico de liofilización.....	39
Figura No 4	Pasos del proceso de liofilización.....	39
Figura No 5.	Frutas liofilizadas.....	45
Figura No 6.	Esquema general del sistema de liofilización.....	46
Figura No 7.	Estructura básica de los antocianos.....	61
Figura No 8.	Estructura del ácido ascórbico.....	64
Figura No 9	Corte histológico de la frutilla fresca y frutilla liofilizada.....	110

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía No 1	Frutilla.....	18
Fotografía No 2	Madurez de la frutilla.....	23
Fotografía No 3	Liofilizadores para laboratorio.....	47
Fotografía No 4	Liofilizador planta piloto.....	47
Fotografía No 5	Liofilizador industria.....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No 1	Fotografías del proceso de deshidratación por liofilización.....	126
Anexo No 2	Fotografías del análisis bromatológico de la frutilla liofilizada.....	127
Anexo No 3	Fotografías del análisis de indicadores.....	129
Anexo No 4	Fotografía del análisis microbiológico.....	130
Anexo No 5	Fotografías del proceso de liofilización en el INIAP Quito.....	130
Anexo No 6	Determinación de pH NTE INEN 389.....	131
Anexo No 7	Determinación de hongos (mohos y levaduras) NTE INEN 1529-10.....	131

## INTRODUCCIÓN.

La tecnología de los alimentos nos ha permitido conocer y aplicar métodos para preservar adecuadamente los productos alimenticios cuidando siempre su inocuidad y valor nutritivo

Hace varios años atrás, la conservación de los alimentos nació de una forma empírica, debido a las necesidades de la humanidad, las mismas que obligaban a las personas a ingeniarse como mantener sus alimentos. Uno de éstos métodos los aplicaban los incas, quienes aprovechaban el frío de la montaña por debajo de los 0° C, y bajo presión adecuada se congelaban los alimentos y se evaporaba lentamente el hielo, así se obtenían productos más livianos; al igual que los incas los vikingos hacían uso de éste método para la conservación de alimentos para sus tropas, especialmente pescado (64)

En nuestra sociedad parte fundamental en nuestra alimentación constituyen las frutas, por contener elementos esenciales para la dieta diaria, además de nutrir, ayudan al cuerpo humano gracias a las diferentes propiedades farmacológicas que presentan.

Entre las frutas preferidas se encuentran las frutillas, la variedad *Fragaria vesca*, comercializada en nuestro país, tiene un alto contenido en agua, proteínas, fibra, minerales, azúcares, así como también vitamina C que actúa como antioxidante, y su pigmento natural se debe a la presencia flavonoides entre ellas las antocianinas. (52).

Las frutillas, son productos con una vida post-cosecha o de anaquel sumamente corta que se reduce aún más por factores como un mal manejo en el corte, traslado y temperaturas, o bien agentes patógenos como hongos y enfermedades, de ahí la importancia de generar alternativas que prolonguen la vida útil de las frutillas una vez cosechadas, ya que tan solo duran 7 días en refrigeración. (24)



La deshidratación de la frutilla (*Fragaria vesca*), da confiabilidad sobre el método utilizado, así como también se logró aumentar la vida útil de uno de los productos con gran demanda en el mercado, debido a sus propiedades nutritivas y farmacológicas.

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar nutritiva y nutracéuticamente la frutilla *Fragaria vesca*, deshidratada por el método de liofilización y compararla con la obtenida por el método de microondas. Se evaluaron las características organolépticas así como se realizó el análisis físico químico de las frutillas liofilizadas de diferente espesor (3mm, 6mm, 9mm), determinando que, a menor espesor menor retención de agua y por lo tanto mayor concentración de los nutrientes. Luego de elegir el mejor parámetro de deshidratación en base al espesor de la frutilla, a ésta se la comparo con los datos obtenidos en la deshidratación de frutillas en microondas.

Mediante la comparación estadística podemos deducir que el método de liofilización para las frutillas es mejor que el método de deshidratación en microondas, ya que reduce al máximo la pérdida de nutrientes al contener menor porcentaje de humedad, y ayuda a que se mantenga estable libre de la proliferación de microorganismos.

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO.

### 1.1. FRUTILLA

La frutilla o *Fragaria vesca*. Se trata de una planta de tipo herbácea y perenne perteneciente a la familia de las *Rosáceas*, la cual está compuesta por un tallo corto con numerosos frutos de forma cónica de un intenso color rojo cuando alcanza su punto de maduración. (Fotografía No 1) (13)



FOTOGRAFÍA No 1. FRUTILLA

#### 1.1.1.HISTORIA Y ORIGEN

Uno de los primeros registros que se tienen respecto del cultivo de frutillas data del 1300 cuando en Francia realizaron los primeros trasplantes de los bosques a los jardines. Se trataba de la frutilla silvestre denominada *Fragaria vesca*. La planta era apreciada fundamentalmente como ornamental, debido a que poseía flores atractivas, más que por la utilización de su fruto con fines gastronómicos. Una de las más antiguas ilustraciones

botánicas data del 1485, y fue publicada en MainzHerbarius por un empleado de Gutenberg. Hacia el 1500 las referencias de su cultivo fueron más frecuentes y se le atribuían a la planta propiedades medicinales. Así mismo, se describían otras variedades agrupadas dentro de las frutillas silvestres: *Fragaria moschata* y *Fragaria viridis*. Una característica distintiva de las frutillas europeas de esa época era que poseían frutos de tamaño pequeño. (35)

Probablemente las frutillas tienen un origen múltiple (lo que se dice técnicamente origen polifilético), ya que existen varias especies en Europa y en América. En Europa está la frutilla de los bosques, que es pequeña y muy sabrosa (*Fragaria vesca*); también existen la frutilla de los Alpes (*Fragaria alpina*) y la frutilla alemana (*Fragaria elatior*). En América están la *Fragaria chiloensis* (Frutilla Chilena), la *Fragaria virginiana* (Frutilla de Virginia) y la *Fragaria grandiflora* (Frutilla de Carolina). Trabajando con las variedades norteamericanas se han obtenido híbridos que, aún siendo menos aromáticas y sabrosas que las especies puras, permiten obtener muchos kilos por metro cuadrado y facilitan la recolección, dado el tamaño del fruto, denominado fresón. (14)

### 1.1.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

A la frutilla o fresa se le conoce con los siguientes nombres:

- Fresa o frutilla en español
- Fragola en latín.
- Morongo en portugués.
- Fraise en francés.
- Strawberry en inglés.
- Terdbeere en alemán.

Desde el punto de vista botánico, a la frutilla se la ubica en la:

- Familia: Rosáceas.
- Subfamilia: Rosídeas.
- Tribu: Potentilea.

- Género: *Fragaria*
- Especie: *Fragaria vesca*.

La planta de fresa es de tipo herbáceo, perenne y estoloníferas, (que producen estolones o plantitas nuevas unidas a la planta madre).

El sistema radicular es compuesto, las raíces principales presentan un tejido de reserva para la planta y son perennes, mientras que las secundarias, carecen de este tejido por lo que son mucho más finas, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto, de algunos días o semanas, en un natural proceso de renovación influenciado por los factores ambientales y patógenos de suelo. (59)

La profundidad del sistema radicular es muy variable, dependiendo del tipo de suelo y la presencia de patógenos. En condiciones óptimas pueden alcanzar los 2-3 m, de profundidad aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm. (59)

El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en el que se observan numerosas escamas foliares. Las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona. Tiene un largo tallo (peciolo) que se suelda al tallo mediante dos estipulas rojizas. La hoja se divide en tres partes de bordes aserrados, que tienen un gran número de estomas (300-400/mm<sup>2</sup>), por lo que permite una gran transpiración si aumenta el calor. (59)

Las inflorescencias se desarrollan a partir de una yema terminal de la corona, y de yemas nacidas en las axilas de las hojas. De estas inflorescencias nacen las flores con dos formas, la basal con varias flores de porte similar, o discal en el que hay una flor primaria y otras secundarias de menor tamaño. La flor tiene 5 o 6 pétalos, 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. (59)

Es un fruto múltiple denominado botánicamente "etéreo", cuyo receptáculo constituye la parte comestible.

El receptáculo maduro tiene hasta 5 cm de diámetro de formas achatadas, globosa, cónica alargada, cónica alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta. Su color puede ser rosado, carmín, rojo o púrpura. El receptáculo ofrece una gran variedad de gustos, aromas y consistencia que caracterizan a cada variedad. (51)

Los aquenios, llamados vulgarmente semillas, son frutos secos indehiscentes, uniseminados de aproximadamente 1 mm de largo que se encuentran insertados en la superficie del receptáculo o en pequeñas depresiones más o menos profundas denominadas criptas, el color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón.(51)

Un fruto mediano suele tener de 150 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño. (52)

### 1.1.3. CULTIVO DE LA FRUTILLA

#### 1.1.3.1. Temperatura

La fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas.

- Temperatura mínima biológica, 6°C.
- Temperatura mínima letal -12°C (fase vegetativa, -6°C y fase floración, 0-2°C).
- Temperatura óptima, 10-13°C nocturna y 18-22°C diurna.
- Temperaturas por debajo de 12°C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por frío, en tanto que un tiempo muy caluroso puede originar una maduración y coloración del fruto muy rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización.(29)

La parte vegetativa de la fresa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta -20°C, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a 0°C. (29)

Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúa en torno a los 15-20°C de media anual. Este requerimiento en horas frías, muy variable según los cultivares, no suele satisfacerse totalmente en las condiciones climáticas onubenses. (72)

Ello obliga a desarrollar las plantas en latitudes altas, de forma que una vez acumulada la cantidad de frío necesaria para cada cultivar, dichas plantas son trasladadas al litoral onubense para fructificar y producir (72)

#### **1.1.3.2. Suelo**

Un suelo catalogado como arenoso o franco-arenoso y homogéneamente profundo se acercaría al ideal para nuestro cultivo. Las fresas prefieren crecer en suelos arenosos ricos en humus, pero pueden crecer en cualquier terreno mientras estén bien drenados. (55)

Caliza activa: el fresón es muy sensible a la presencia de caliza activa, sobre todo a niveles superiores al 5%. Valores superiores provocan el bloqueo del hierro y la clorosis consecuente (amarilleo). (55)

#### **1.1.3.3. Humedad**

La pluviometría mínima requerida en secano se sitúa en torno a los 600 mm, en regadío es necesario aportar en nuestras latitudes del orden de 2000 mm durante el ciclo del cultivo otoñal. En la zona cantábrica se puede intentar el cultivo en secano, en el resto de la península y en las Islas, salvo en puntos excepcionales, deberá cultivarse en regadío (29)

#### **1.1.3.4. Riego**

La frutilla es sensible a las aguas con salinidad, por ello si el agua contiene muchas sales habrá que regar más con el fin de que el agua sobrante arrastre la salinidad del terreno, en estas condiciones un cultivo con manguera exudarte o gota a gota concentraría en exceso las sales alrededor de la planta. En cambio si las aguas son de buena calidad si es muy

adecuado estos métodos de riego pues garantizan a las raíces una dosis constante de humedad. El cultivo se resiente, disminuyendo su rendimiento (59)

Necesita riegos muy repartidos a lo largo del cultivo, no siendo conveniente mantener fases de sequía entre riegos. En un año de climatología normal, en suelos esponjosos, es necesario aplicar unos 35 litros por m<sup>2</sup> de agua repartido en unos cien riego desde Noviembre hasta Junio, repartidos en un centenar de riegos, lo que supone más o menos un riego cada dos días de un vaso de agua grade por cada metro cuadrado, repito, dado con aguas de buena calidad, si no regar más abundantemente para que la escorrentía se lleve las sales. (59)

#### **1.1.3.5. Luminosidad**

La frutilla aguanta la media sombra aun que necesita mucha luz, es decir no es planta de interior, pero crece perfectamente a la sombra de un árbol y soportará, aunque no le favorezca, que se le plante, por ejemplo, en el lado norte de un muro. El pleno sol directo de forma continuada no le favorece, plantarlo en las zonas frescas del huerto. (59)

#### **1.1.4. COSECHA**

Generalmente la cosecha se la realiza bien en la mañana para evitar la pérdida de agua y el sol directo sobre la fruta. Una vez cosechadas se las coloca en sombra para bajar la temperatura de la fruta. El manejo de la temperatura es primordial para el manejo



**FOTOGRAFÍA No 2. MADUREZ DE LA FRUTILLA**

Al momento de la cosecha, hay varios índices o parámetros que deben ser tomados en cuenta. En lo que se refiere a índices de cosecha, los distintos productores se basan en el color de la superficie de la fresa, los cuales pueden estar entre un medio ó tres cuartos de la superficie en color rojo. Todo también depende del tiempo de entrega a cliente. Estos parámetros son adecuados cuando el producto va a ser consumido en fresco, sin embargo si la frutilla es requerida para procesamiento de pulpas, los productores deben cosecharla cuando la misma presente una maduración total del fruto, basándose en el color principalmente. (29)

Además de estos índices de cosecha, los productores deben tomar en cuenta aspectos de calidad como la apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez titulable y compuestos aromáticos), valor nutricional (Vitamina C). Para un sabor aceptable se recomienda un mínimo de 7% de sólidos solubles y/o un máximo de 0.8% de acidez titulable. (29)

Cuando el producto tiene como destino final el consumo en fresco, las frutillas son cosechadas con cáliz, para luego en las bandejas se selecciona las mejores, desechando mal formadas, dañadas y enfermas. (29)

#### 1.1.5. TASA RESPIRATORIA Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

La frutilla ha sido considerada clásicamente como un exponente de fruto no climatérico, dado que la respiración decrece paulatinamente a lo largo de la maduración, sin presentar un pico en la actividad respiratoria. (35)

Es una fruta de moderada a alta tasa respiratoria y baja producción de etileno. Dado su comportamiento no climatérico, la presencia de etileno no estimula el proceso de maduración. Es por ello que se han propuesto otros reguladores como responsables principales del control del desarrollo y la maduración, tales como las auxinas, el ácido abscísico, las giberelinas y las citoquininas. (35)



#### 1.1.6. POSTCOSECHA

Debido a la alta tasa metabólica, la temperatura es una de las herramientas que debe utilizarse para disminuir el deterioro de postcosecha. Lo más indicado es preenfriar la fruta por aire forzado dentro de las cuatro horas transcurridas la cosecha. Una vez finalizado este proceso, podrá mantenerse en una cámara de almacenamiento a 0-1°C y 90-95% de humedad relativa durante no más de 5 a 7 días. (27)

Una técnica adicional es el uso de atmósferas modificadas, ya que un contenido elevado en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y muy bajo en oxígeno respecto del aire permiten disminuir las tasas respiratorias y transpiratoria de la fruta, y el desarrollo de patógenos. Una práctica usual en los principales países productores es lograr la modificación de la atmósfera interna del palet mediante el recubrimiento del mismo con polietileno. Una concentración de CO<sub>2</sub> del 15-20% reduce el desarrollo de Botrytis cinerea, uno de los patógenos de mayor incidencia en las pérdidas por podredumbres. Además, estos niveles de CO<sub>2</sub> aumentan marcadamente la firmeza de las frutillas. Dicha concentración gaseosa es alcanzada por efecto de la respiración del producto envasado o, más rápidamente, por inyección de una mezcla conteniendo altos niveles de CO<sub>2</sub>. (27)

Postcosecha de frutilla. Se estima que por cada hora que la fruta esta a temperatura ambiente después de la cosecha, se pierde 1 día de permanencia en percha (49)

#### 1.1.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las medidas preventivas son desinfectar bien con fumigación o bien con solarización el terreno donde se van a cultivar las fresas y recoger todas hojas y las fresas dañadas o pasadas para evitar la aparición de enfermedades, sobre todo con la humedad del verano. (59)

Las principales plagas que pueden padecer las fresas son las siguientes.

**Thrips (Frankliella occidentalis).** Dañan con su estilete las flores y los frutos, llegando a deformarlos como reacción a su saliva tóxica. Debe prevenirse su ataque atendiendo al

número de formas móviles por flor, suelen aparecer con tiempo seco, aumentando su población con la elevación de las temperaturas. Se conocen efectivos depredadores naturales de Thrips, como son Oriussp y Aléothripsintermedius. (59)

**Araña roja (Tetranychusurticae Koch)** Este ácaro, de cuerpo globoso y anaranjado en estado adulto, es una de las plagas más graves del fresón. Inverna en malas hierbas o en hojas viejas de fresón para atacar a las hojas jóvenes con la llegada del calor. Su control químico es muy difícil por la rápida inducción de resistencia a los productos utilizados, así como por los problemas de residuos en frutos. (59)

**Podredumbre gris (Botrytis cinerea/Sclerotinia fuckeliana).** Se desarrollan favorablemente en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20 °C. La diseminación se realiza por medio de esporas, ayudándose de la lluvia o el viento. Oidio (Oidium fragariae) Se manifiesta como una pelusa blanquecina sobre ambas caras de la hoja. Prefiere las temperaturas elevadas, de 20 a 25 °C, y el tiempo soleado, deteniendo su ataque en condiciones de lluvia prolongada. Persiste durante el invierno en estructuras resistentes. (59)

**Mancha púrpura (Mycosphaerella fragariae).** Aparece como una mancha circular de 2 a 3 mm de diámetro sobre la hoja. Se dispersa por medio de ascosporas y de esporas, con temperaturas suaves y alta humedad relativa. (59)

**Hongos del suelo.** Son varios los hongos que afectan a la planta desde su sistema radical o zona cortical del cuello, entre éstos se tiene Fusarium sp., Pytophtorasp., Rhizoctoniasp., Rhizopus sp., Pythium sp., Cladosporium sp., Alternaria sp. y Penicillium sp. En caso de no practicarse una fumigación previa al suelo, o una solarización, el cultivo se expone en gran medida al ataque de estos hongos parásitos, pudiendo llegar a ser dramáticas las consecuencias. (59)

**Bacterias (Xanthomas fragariae).** Ataca principalmente a la hoja, dando lugar a manchas aceitosas que se van uniendo y progresando a zonas necróticas. Se ve

favorecida por temperaturas diurnas de alrededor de 20 °C y elevada humedad ambiental (59)

#### 1.1.8. VARIEDADES

En todo cultivo la elección de la variedad a cultivar constituye el paso fundamental para conseguir los mejores niveles de productividad. En el caso particular de la fresa o frutilla la renovación de variedades ha caminado muy rápidamente gracias al avance y progreso en el conocimiento de la genética de la especie y a la introducción inmediata de nuevas variedades que han sido sometidas a su adaptación a los diferentes medios ecológicos. (51)

En todos los países donde se cultiva frutilla los productores se han preocupado preferentemente en seleccionar las mejores variedades de acuerdo a sus medios ecológicos, técnicas de cultivo, resistencia a plagas y enfermedades, tipos de fruta, color y uso. (51)

Las variedades de mayor importancia cultivadas en el Ecuador son: Camarosa, Chandler, Oso Grande y Pájaro, y en menor escala Fern, Douglas, Seascape, Irvine, Selva y otras. (51)

#### 1.1.9. COMPOSICION NUTRICIONAL

La frutilla es una de las frutas más bajas en calorías (30Kcal/100g), por debajo incluso del melón 35 o la sandía 32. Su contenido en proteínas, grasa y sodio es también muy bajo. (14)

Son muy ricas en vitamina C (con un porcentaje incluso superior al que posee la naranja), y ácido fólico. Entre los minerales destacan el hierro, calcio y yodo, además del fósforo, magnesio y potasio. Son, además, una buena fuente de fibra (1.63 gramos por 100 gramos de alimento). (28) (Ver Tabla No 1)

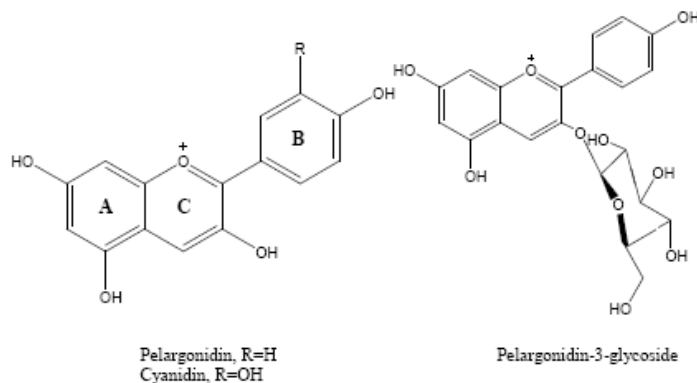
**TABLA No 1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA FRUTILLA**

<b>COMPOSICIÓN POR 100 g POR PORCIÓN COMESTIBLE</b>	
Agua	89.6
Proteínas	0.7 g
Fibra	1.63 g
Lípidos	0.5g
Hidratos de Carbono	7g
Vitamina E	0.2 mg
Vitamina B <sub>1</sub>	0.02 mg
Vitamina B <sub>2</sub>	0.04 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina B <sub>6</sub>	0.06 mg
Folatos	43 µg
Vitamina C	60 mg
Calcio	25 mg
Hierro	0.8 mg
Fósforo	26 mg
Yodo	2.7 µg
Magnesio	12 mg
Zinc	0.26 mg
Selenio	1.3 µg
Sodio	1 mg
Potasio	190 mg

FUENTE : FRAGARIA VESCA [http://www.alcentral.com.ar/fh\\_frutilla.html](http://www.alcentral.com.ar/fh_frutilla.html)herbácea

### 1.1.10. COLOR EN LAS FRUTILLAS

A menudo los consumidores percibimos la calidad de un alimento a través de su aspecto y por lo tanto el color que éste presente influirá en nuestra elección de compra. Particularmente, el color característico y tan atractivo de la fresa se debe principalmente a dos pigmentos antocianos que determinan su color rojo: pelargonidina-3-glucósido y cianidina-3-glucósido (Ver Figura No1) en una proporción 20:1. Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles localizados en las vacuolas y según el tejido externo presenta mayor concentración de ellas que en el tejido interno. (9)(12)



**FIGURA No 1. ANTOCIANINAS DE LA FRUTILLA**

Los principales factores, señalados por que gobiernan la degradación de las antocianinas son el pH, la temperatura y la concentración de oxígeno. Otros factores que también influyen en su estabilidad son la presencia de enzimas degradativos (glicosidasas y polifenoloxidasas), ácido ascórbico, dióxido de azufre, iones metálicos y azúcares. Además la copigmentación puede afectar a la velocidad de degradación. (49)

#### 1.1.11. UTILIDADES

El poder medicinal de las frutillas ha mostrado ser sumamente efectivo frente a las siguientes afecciones, gota, obesidad, diarrea, tos, asma, catarro, disentería y enfermedades del bazo entre otras. Las frutillas pueden ser utilizadas para hacer curas más o menos prolongadas en estado crudo. (65)

Por el contenido de fósforo que contiene son un remedio para combatir la ansiedad.- Comer fresas y fresas puede ser beneficioso para disminuir los niveles de colesterol, gracias a su alto contenido en ácido ascórbico. Además las fresas tienen propiedades reconstituyentes, lo que las hace ideales para estimular el crecimiento y ayudar en la recuperación de estados convalecientes. (51)

Gracias a su fibra, pigmentos mucilagos y ácidos, la fresa ejerce un efecto laxante, facilitando las funciones intestinales y evitando el estreñimiento. Los estudios epidemiológicos han reportado que las personas que consumen una mayor cantidad de fibra total tienen un menor riesgo de enfermedad cardiovascular y la hipertensión. (4)

Ciertos flavonoides que se producen en las fresas, como la quercetina, kaempferol y antocianinas, se ha demostrado que inhiben la agregación plaquetaria, un anormal "agrupamiento" de las partículas de la sangre responsables de la coagulación. Estos flavonoides parecen retardar el proceso de coagulación, lo que disminuye la tendencia a formar trombos y reducir el riesgo de accidente cerebrovascular. También tienen propiedad antioxidante y antiinflamatorio. (8)

Folato reduce los niveles séricos de homocisteína, una sustancia que se ha observado que un factor de riesgo independiente de enfermedad cardiovascular. Incluso una elevación muy pequeña de homocisteína se estima que aumentará el riesgo de ECV en un 60% en hombres y 50% en las mujeres. Las fresas proporcionan alrededor de 30 G de ácido fólico por cada taza de fruta cortada (51)

Emolientes: aplicadas externamente sobre la piel en forma de cataplasma, las fresas tienen una acción suavizante, limpiadora y embellecedora muy superior a la de muchas lociones químicas. Se han usado, en aplicación local, para curar los sabañones, frotando todos los días las partes afectadas (generalmente las manos) con fresas maduras. (72)

Además, al igual que otras frutas y hortalizas, su bajo aporte en sodio y su alto contenido en potasio hace que estén indicadas en personas con hipertensión arterial. Por su contenido en salicilatos deben evitarlas aquellas personas que presentan intolerancia a la aspirina (ácido acetil salicílico). (26)

En algunas personas con ciertas patologías intestinales, el consumo de esta fruta puede desencadenar la aparición de urticaria o pequeñas erupciones rojas en la piel. Esto se debe a que las proteínas presentes en las fresas pueden atravesar las paredes del intestino dañado, pasando a la sangre y provocando esta reacción. (26)

#### 1.1.12. ECONOMÍA

La frutilla es una planta con rendimiento potencial muy alto, pero sin olvidar que su producción varía según condiciones termofotoperiódicas. La producción media por hectárea se sitúa aproximadamente en 20 toneladas, aunque se puede duplicar esa cifra. (26)

Los gastos pueden calcularse del siguiente modo:

Plantación (material y mano de obra)	25 – 30 %
Cultivo	20%
Recolección	20%

Amortización de capital 25%

En nuestro país los productores agrícolas en especial los de la provincia de Tungurahua buscan permanentemente nuevas alternativas rentables para sustituir la producción tradicional de sus campos y una de ellas es la fresa *Fragaria vesca*, por ser un cultivo de ciclo corto, alta intensidad y rentabilidad. (26)

En Ecuador los productos agrícolas al ser mal manejados, presentan una baja calidad y acortan su vida útil, impidiendo que estén al alcance de mercados exigentes y lejanos. Se debe invertir en un mejor manejo postcosecha, antes de pensar en el incremento de áreas de cultivo. El desconocimiento del tiempo adecuado de almacenamiento y las características pomológicas de la fresa, constituyen un gran problema para el agricultor, reduciendo la apreciación y valor de la fruta en el mercado nacional. (2)

## 1.2. ACTIVIDAD DEL AGUA Y ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS.

Los métodos de conservación se basan en el control de una o más de las variables que influyen en la estabilidad es decir, actividad del agua, temperatura, pH, disponibilidad de nutrientes y reactivos, potencial de oxidación-reducción, presión y presencia de conservadores. En este sentido la actividad de agua es de vital importancia, y con ella se puede conocer el comportamiento de un producto. Mientras más alta sea la  $a_w$ , y más se acerque a 1.0, que es la del agua pura, mayor será su inestabilidad, por ejemplo, en carnes, frutas y vegetales frescos requieren refrigeración por ésta causa, ya que la  $a_w$  es de 0.97. (2)

El contenido de agua por sí solo no proporciona información sobre la estabilidad de un alimento, y por eso, productos con la misma humedad, presentan distintas vidas de anaquel, dicha estabilidad se predice mejor con la  $a_w$ . (2)

La estabilidad de las vitaminas está influida por la  $a_w$  de los alimentos de baja humedad; las hidrosolubles se degradan poco a valores de 0.2 – 0.3, que equivale a la hidratación de la monocapa, y se ven más afectadas con el aumento de la  $a_w$ . Por el contrario, en los

productos muy secos no existe agua que actúe como filtro del oxígeno y la oxidación se produce fácilmente. (2)

### **1.3. SISTEMAS Y MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

El principal objetivo de la conservación es evitar el deterioro de los alimentos, de la forma acertada posible. Para garantizar la buena calidad de éstos, la cadena alimentaria debe ser controlada desde la producción al consumo. (11)

En el deterioro de los alimentos existen varios factores entre los cuales se encuentran:

#### **1.3.1. LOS PELIGROS FÍSICOS:**

- Cuerpos extraños
- Agua, aire, suelo
- Luz solar
- Temperatura ambiental

#### **1.3.2. PELIGROS BIOLÓGICOS**

- Propios fermentos (maduración natural de los alimentos)
- Por microorganismos

Como factores más importantes para evitar la proliferación de microorganismos tenemos:

##### **1.3.2.1. Temperatura.**

Es un factor importante ya que la mayoría de microorganismos se proliferan a temperatura ambiente. Considerando un rango de mayor riesgo desde los 20°C a 50°C. (16)



#### **1.3.2.2. pH.**

Nos referimos a un rango de acidez. Un alimento de acidez neutra es más susceptible a deterioro, que otro ácido o en medio ácido. Los microorganismos no pueden vivir con una acidez elevada. El pH adecuado es entre 5 y 8. (61)

#### **1.3.2.3. Medio nutritivo.**

Los compuestos nutritivos de los alimentos también permiten el deterioro de los alimentos. (16)

#### **1.3.2.4. Oxígeno.**

El oxígeno es necesario para la vida de la mayoría de microorganismos patógenos, exceptuando los anaeróbicos. Por lo que la eliminación de este, paliara la proliferación de los aeróbicos.(16) (18)

#### **1.3.2.5. Tiempo.**

Es una factor que influye en compañía de otros. Determinando la mayor o menor proliferación. Para paliar su efecto debemos reducir el tiempo en que los alimentos se encuentran en factor de riesgo ( temperatura, pH, etc). (19)

#### **1.3.2.6. Humedad.**

Factor importante que junto al oxígeno proporcionaran la vida. Ya que si los microorganismos necesitan oxígeno también necesitan agua para vivir y multiplicarse. (19)

El deterioro de los alimentos guarda una relación directa con la actividad de agua  $a_w$ . Existe la disminución de  $a_w$  mediante la reducción del contenido de agua: existe múltiples procedimientos para eliminar la actividad de agua, generalmente se usa la vaporización.

La eliminación de agua que se logre dependerá del tipo de producto, así como del método utilizado. (55)

### 1.3.3. PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACIÓN

Los procedimientos de conservación se apoyan en la utilización de:

- Elevadas temperaturas (calor)
- Bajas temperaturas (frío)
- Eliminación de oxígeno
- Eliminación total o parcial del contenido en agua (secado)
- Adición de sustancias que modifican el medio interno del alimento (acidificación, azucarado, salado)
- Tratamiento con radiaciones ionizante (16)

#### 1.3.3.1. Métodos físicos.

**Calor.** Tiene como objeto la destrucción de microorganismos así como de sus esporas. Dependiendo de la temperatura y tiempo aplicado se obtiene

Pasteurización. Utiliza temperaturas bajo los 100°C entre los 60 y 80°C durante un tiempo determinado con posterior enfriamiento aplicado. La pasteurización no elimina todos los microorganismos, por lo cual su conservación es temporal, debiendo combinarse con el frío. (16)

**Esterilización.** Permite liberar a s alimentos de todo tipo de microorganismos, incluso de sus esporas. (16)

**Congelación.** Método por el cual la acción del frío es tal que las piezas llegan a la rigidez. Se aplica a los alimentos a temperaturas inferiores a los 0°C, para que su contenido acuoso se transforme en hielo, y así detener las reacciones tantas químicas como enzimáticas, que los pueden alterar, lo que puede hacer a un alimento más duradero. (16)

**Ultracongelación.** Es un método industrial que utiliza temperaturas  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-40^{\circ}\text{C}$ , en el menor tiempo posible. (16)

**Deshidratación.** El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados en la conservación de alimentos. El principal objetivo de la deshidratación es eliminar el agua del alimento, también disminuye el peso y el volumen del alimento. (45)

Cabe diferenciar entre secado, método tradicional próximo a la desecación natural (frutos secados al sol, por ejemplo) y deshidratación propiamente dicha, una técnica artificial basada en la exposición a una corriente de aire caliente (45)

La deshidratación comporta ciertas modificaciones, ya que pierden componentes aromáticos como en el valor nutritivo. Así, se puede producir, en mayor o menor grado desnaturalización de proteínas, oxidación de lípidos, y pérdida de algunas vitaminas, sobre todo las hidrosolubles. La deshidratación puede ser parcial, obteniéndose alimentos líquidos concentrados, como los concentrados de zumos de frutas, de sopas, extractos de carne, o leche concentrada, o bien total reduciéndose a un alimento en polvo, de estructura seca, de mayor concentración como café instantáneo, leche en polvo, sopas deshidratadas y huevos en polvo.(48) (15)

**Irradiación.** Consiste en exponer al producto a la acción de las radiaciones ionizantes durante cierto tiempo. Este método retrasa la maduración de frutas y hortalizas, impide la germinación de bulbos y tubérculos, desinfecta los cereales, las frutas frescas, elimina los insectos y destruye las bacterias en la carne fresca. (12)

**Liofilización.** Resulta adecuada para la mayoría de alimentos. Emplean temperaturas bajas para evitar la descongelación del alimento durante la liofilización, y presiones menores a los 4 mmHg (16)

## 1.4. LIOFILIZACION

La liofilización es una técnica de conservación por deshidratación aplicada a productos químicos, farmacéuticos, médicos, biológicos y alimenticios. El proceso es también llamado criodesecación, porque consiste primero en congelar un producto húmedo y luego en vaporizar directamente el hielo a baja presión. (Ver Figura No 2) (75)

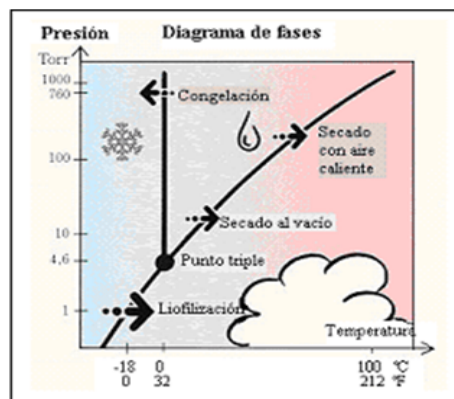


FIGURA No 2. DIAGRAMA DE FASES DEL AGUA Y SISTEMA DE SECADO

La liofilización es una modalidad de secado que consiste en la eliminación del agua por sublimación de la misma. Se debe de trabajar a una presión y temperatura por debajo del punto triple.  $T < 0,0099^{\circ}\text{C}$  y  $P < 610,5 \text{ Pa}$ , si en estas condiciones se aporta el calor latente de sublimación unos  $2,84 \text{ MJ/kg}$  el hielo se transforma directamente en vapor. (65)

Liofilización es un método de deshidratación ideal para alimentos por mantener las propiedades funcionales y palatabilidad deseables de estos. Una vez liofilizados, el tiempo de conservación sin refrigeración aumenta porque la reducción del contenido de agua inhibe la acción de los microorganismos patógenos que podrían deteriorar los alimento (65) (68)

Tras su rehidratación, los productos liofilizados pueden mejorar en sabor, textura y apariencia en comparación con otras técnicas de conservación. Por ejemplo, el secado al aire de las frutas hace que se encojan, algo que no ocurre con la liofilización. (48)

En comparación con los productos secados al aire o por pulverización, los productos liofilizados pueden rehidratarse rápidamente ya que el proceso produce poros microscópicos. Los poros son creados por el hielo que desaparece durante la sublimación. (48)

#### 1.4.1. HISTORIA DE LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS

Según lo indicado por Talburt (1975), J. de D. Alvarado (1979), los incas desarrollaron un proceso rudimentario de liofilización para la fabricación del chuño, 200 años a.C., a partir de papas (*Solanum tuberosum*) y el charqui, la carne de llama, los primeros liofilizados de la historia éstas eran congeladas por las frías temperaturas de montaña durante la noche, aprovechando las nieves andinas, y descongeladas en el día para extraer el agua por la baja presión atmosférica de las altitudes. El proceso se repetía hasta obtener un producto estable de baja humedad que con otros cultivos eran almacenados sobre las alturas de montaña encima de Machu Picchu. La técnica también fue desarrollada por los vikingos, aprovechando las bajas temperaturas en el invierno, pero con montañas más bajas y sol más oblicuo, liofilizaron el tipo de pescado arenque con menos perfección. (58)

Aunque E. W. Flosdorf y S. Mudd (1935) introdujeron el término liofilizar no fue sino hasta 1943 que el profesor Alexander Fleming propuso formalmente el término liofilización, que proviene de los términos “lyon” o “solvente” y “phileo” o “amigo”, en griego. (17)

R. Altman (1890) conservó tejidos animales por un procedimiento similar a la liofilización, reportó que era posible secar tejidos a una temperatura cercana a  $-20^{\circ}\text{C}$ , no informó la presión utilizada. Éste se anticipó a su época. (17)

Benedict y Manning (1905), informaron del secado de materiales provenientes de animales en un equipo con una bomba química de vacío, que trabajaba desplazando el aire de la cámara mediante la evaporación de éter etilo, posteriormente se conectaba la cámara de secado a una vasija que contenía ácido sulfúrico concentrado, así que al

disolverse el éter etilo en el ácido se producía en el sistema una presión subatmosférica.  
(17)

L. F. Shackell (1909), agregó una bomba mecánica de vacío a un equipo de secado similar al usado por Benedict y Manning, redujo la presión en la cámara por debajo de 1 Torr en pocos minutos. Usó una trampa de ácido sulfúrico para los vapores condensados antes de que entraran a la bomba de vacío. Su sistema estaba compuesto de una cámara de secado, un condensador de vapor de agua y el sistema de vacío; esencialmente los componentes principales de los equipos actuales de liofilización. Fue el pionero en trabajar con alimentos, demostrando que las carnes, frutas y vegetales podían ser secados mientras estuvieran en estado congelado. (17)

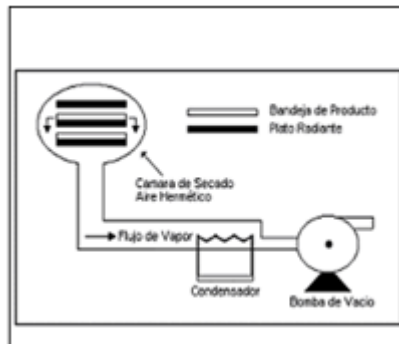
En 1958 la liofilización se aplicó al sector alimentario y por ser una técnica costosa se enfocó solo a algunos alimentos como la leche, las sopas, los huevos, la levadura, los zumos de frutas o el café.(58)

H. T. Meryman (1959 - 1966). Demostró la posibilidad de secar varios productos alimenticios congelados sin necesidad de vacío, reportó que la velocidad de secado de un alimento a liofilizar es función de la temperatura de hielo y el gradiente de presión de vapor entre el sitio de formación de vapor de agua y el medio secante, este proceso es el llamado liofilización atmosférica (58)

#### 1.4.2. PROCESO Y ETAPAS DE LA LIOFILIZACIÓN

El proceso de liofilización comprende los siguientes elementos que son básicos para el proceso (Figura No 3)

1. Cámara de vacío que incluye una fuente de calor para la sublimación y en algunos casos, una fuente de frío para congelar las muestras.
2. Sección de remoción de vapor, conectada a la cámara de vacío y a un sistema de producción de vacío por las líneas de vapor.



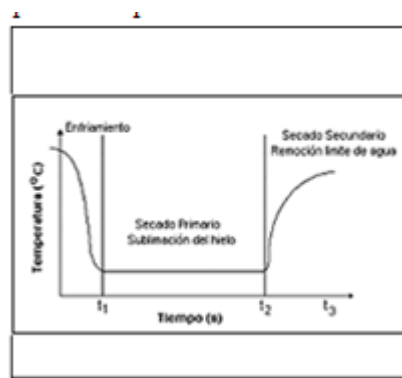
**FIGURA No 3 SISTEMA BÁSICO DE LIOFILIZACIÓN**

Existen tres variables importantes para diseño en el proceso de liofilización:

- El nivel de vacío en el interior
- El flujo de energía radiante aplicado al producto
- La temperatura del condensador. (65)

El proceso de liofilización comprende tres etapas básicas que son: (figura No 4)

- a) Congelación del producto fresco.
- b) Sublimación del hielo.
- c) Rehidratación del producto procesado.(65)



**FIGURA No 4 PASOS DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN**

#### 1.4.2.1. Congelación previa.

Se separa el agua de los componentes hidratados del producto, por la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas.

En las liofilizaciones, los congelamientos de los productos son las etapas principales, pues interfieren directamente en las apariencias y en las cualidades de los productos finales. No hay una regla general para la fase de congelamiento de todos los productos que pueden ser liofilizados - es necesario determinar experimentalmente cada producto. (70)

En muchos casos, cuando una solución acuosa es enfriada, la cristalización del agua se inicia abajo de su punto de solidificación. En este momento, en un sistema en lo que haya falta de enucleación, el producto se podrá tornar superfrío (muy frío) y la cristalización se realizará precipitadamente por un simple choque físico. (70)

Si un producto es rápidamente enfriado podrán ocurrir formaciones de cristales irregulares que, fatalmente, imposibilitarán un secado uniforme. Esto – *comúnmente* – ocurre en los congelamientos realizados en los interiores de las propias cámaras de secado de los liofilizadores y es uno de los motivos que nos llevó a preferir desarrollar y recomendar el uso de congeladores. (70)

- Congelamientos lentos llevarán que el agua contenida en el producto forme grandes cristales de hielo con formación de estructuras relativamente abiertas después del secado (sublimación). Grandes cristales (puntiagudos), también, pueden romper las membranas celulares de los productos.
- Congelamientos rápidos producirán cristales pequeños que aglomerados dificultarán el pasaje y la retirada del vapor de agua, sublimándose durante el secado.(70)

La técnica más adecuada para cada producto deberá ser individualmente ensayada tomando en cuenta, entre otros factores, el perfil de la temperatura, el recipiente que lo contiene, la conductividad térmica del recipiente y del producto y el ambiente superfrío (congelador). También la concentración y la viscosidad del producto influenciarán decisivamente en todo el proceso. (65) (70)



#### **1.4.2.2. Sublimación.**

La segunda etapa básica del proceso de liofilización es la de sublimación del hielo. Para mejor claridad, se puede dividir esta etapa en cuatro partes (65)

1. Producción de vacío
2. Transferencia de vapor
3. Transmisión de calor
4. Remoción del agua

El material a ser secado debe permanecer en vacío durante todo el periodo de secado. La presión absoluta requerida dependerá de las características físicas del material y de la temperatura a la cual se debe mantener el producto congelado. Si se deja aumentar la presión, la velocidad de sublimación será menor y la temperatura del material aumentará. Al llegar a cierta presión, la liofilización como tal se detiene. Para alcanzar velocidades óptimas de secado, la presión total debe ser alrededor de la mitad de la presión de vapor del hielo (64)

#### **1.4.2.3. Rehidratación.**

La propiedad de un producto para deshidratarse y subsecuentemente ser reconstituido con agua depende entre otras cosas, de la formación de una estructura porosa, libre de barreras, impermeables. (65)

Frecuentemente, un producto puede ser liofilizado sin dificultad pero es de limitado valor por su inadecuada reabsorción de agua, y esto sucede por ejemplo con salchichas y hongos enteros que no han sido propiamente congelados. (65)

Existen otros obstáculos para la penetración del fluido rehidratante, como son la superficie repelente al agua, una membrana impermeable, burbujas de aire atrapadas, etc.

Algo importante en el aspecto de rehidratación es el efecto que tiene la temperatura del agua sobre el grado de rehidratación, con esto se quiere mencionar que a mayor temperatura del agua de rehidratación menor será el grado de esta. (68)

#### 1.4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA LIOFILIZACIÓN

Para tratar acerca de las ventajas que brinda la liofilización, veamos la diferencia que existe con otro método de conservación (Ver Tabla No 2)

**TABLA No 2. DIFERENCIAS ENTRE EL SECADO CONVENCIONAL Y LA LIOFILIZACIÓN.**

<b>SECADO CONVENCIONAL</b>	<b>LIOFILIZACIÓN</b>
Recomendado para obtener alimentos secos (verduras y granos)	Recomendado para la mayoría de alimentos pero se ha limitado a aquellos que son difíciles de secar mediante otros métodos
Es poco satisfactorio para carne	Recomendado para carnes crudas y cocidas
Rango de temperatura 37 – 93°C	Temperaturas debajo del punto de congelación
Presiones atmosféricas	Presiones reducidas ( 27 – 133 Pa)
Se evapora el agua de la superficie del alimento	Se sublima el agua del frente de congelación.
Movimiento de solutos y lo que causa algunas veces endurecimiento	Movimiento mínimo de solutos
Las tensiones en alimentos sólidos causan daño estructural y encogimiento	Cambios estructurales y encogimiento mínimo
Rehidratación incompleta o retardada	Rehidratación completa o rápida
Partículas porosas secas tienen a menudo una densidad más alta que el alimento original	Partículas porosas secas tienen a menudo una densidad más baja que el alimento original
Olor y sabor frecuentemente anormal	Olor y sabor normalmente intensificado
Color frecuentemente más oscuro	Color normal
Valor nutritivo reducido	Nutrientes retenidos en gran porcentaje
Costos generalmente bajos	Costos generalmente altos, aproximadamente cuatro veces más alto que el secado convencional.

FUENTE: RAMIREZ J. 2006. Liofilización de Alimentos. s.e. Colombia. Editores Recitela.

#### **Ventajas**

1. Las bajas temperaturas evitan cambios químicos en las sustancias termolábiles, incluyendo cambios de color.

2. La pérdida de constituyentes volátiles, exceptuando el agua, se reduce al mínimo.
3. Los productos se pueden secar sin formar “espuma”.
4. Los constituyentes del material sólido permanecen dispersos, no acumulándose en la superficie.
5. La coagulación de los productos es mínima y especialmente se evita la desnaturalización de proteínas.
6. La reducción de volumen es mínima.
7. Como consecuencia de estos factores, no hay “casehardening” es decir la formación de una capa impermeable, relativamente dura, en la superficie del material. Esta capa disminuye la velocidad de secado y de rehidratación.(64)

### **Desventajas**

Pero este proceso también tiene alguna desventaja: es más caro que otros sistemas y requiere un alto grado de manipulación. En ciertos alimentos, como los cárnicos, es necesario añadir antioxidantes para evitar problemas de oxidación debido al bajo contenido de humedad. Algunas investigaciones en este campo se centran en reducir el grado de manipulación y el tiempo que se tarda en el secado (69)

#### 1.4.4. ENVASADO DE LOS PRODUCTOS LIOFILIZADOS.

Los productos liofilizados son sumamente susceptibles a cambios físicos y químicos si no están provistos de una adecuada protección. (65)

El **envasado** se puede realizarse de manera paralela con la adición de agentes desecantes, en atmosfera inerte, protegiendo el producto de la luz y en envase hermético, se puede anticipar un periodo de almacenamiento sin detrimento del producto de seis a doce meses dependiendo de la temperatura. (15)

Los métodos clásicos de prevenir o reducir la deteriorización por oxidación son por medio de incorporación de antioxidantes y el reducir la presión de oxígeno y excluir la luz.

- ✓ La exclusión de la luz puede efectuarse con gran facilidad, pero aun así, la velocidad de oxidación es relativamente alta. El problema con el uso de antioxidantes es que no siempre es posible aplicarlos de manera que puedan llegar a la intimidad de los tejidos donde más se necesita. (15)
- ✓ La exclusión del oxígeno o al menos la disminución de la presión de oxígeno en el recipiente, ha sido el método más usado para controlar y reducir la oxidación de productos liofilizados. Se ha visto que al evacuar y sellar bajo atmósfera de nitrógeno hasta reducir la presión inicial de oxígeno a 1%, la cantidad de oxígeno presente puede ser hasta 15% al alcanzar equilibrio. Esto se puede solucionar con una doble evacuación antes del sellado (15)

Normalmente se utilizan envolturas como una triple de 2 mil de vinyl, 1/3 mil de lámina de aluminio, 1/2 mil de polyester. Sin embargo el mejor envase es la lata herméticamente cerrada con atmósfera inerte (nitrógeno), pero tiene un costo elevado que el envase flexible. La lata provee una protección adecuada de la luz, oxígeno, humedad y daños físicos. (15)

Los productos liofilizados y adecuadamente empacados, pueden ser guardados por largos periodos de tiempo ya que en buena medida retienen las propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas de sus estados frescos. La liofilización, reduce las pérdidas de calidad debidas al deterioro por reacciones químicas, causado por degradación enzimática y no enzimática. (64)

#### 1.4.5. APLICACIONES DE LA LIOFILIZACIÓN

Unos ejemplos de la aplicación de la Liofilización y que podrán ser objeto de la inclusión en un excelente plan de negocios son:

Taxidermia, las Universidades que poseen facultades como medicina, Biología, Microbiología y que incluyen en su carga académica la Anatomía comparada, podrá tener sus animales no suspendidos en formol, sino secos mantenidos por liofilización, útil igual en todos los órganos o en animales enteros.(75)

Los Bancos de tejidos optaron por el mantenimiento de algunos tejidos por Liofilización, entre ellos, membrana amniótica Liofilizada como sustrato para el crecimiento de células oculares para trasplantes en Oftalmología. En Medicina y veterinaria el desarrollo de vacunas y sueros Liofilizados. (75)

En estética y dermatología la placenta humana o bovina Liofilizada para la elaboración de cremas y champús. (75)

En Agronomía los controladores biológicos se manejan ahora con cepas bacterianas y fúngicas liofilizadas. (75)

En Medicinas alternativas se utilizan enorme cantidad de productos naturales Liofilizados, terapias apícolas liofilizadas, terapias celulares embrionarias de aves liofilizadas. (17)

En cocina Internacional se utilizan especias y aromáticas Liofilizadas al igual que verduras y hongos. (17) En menús infantiles como las compotas algunos ingredientes son agregados liofilizados. (Ver Figura No 5) (40)



**FIGURA No 5. FRUTAS LIOFILIZADAS**

Mezclas secas (sopas deshidratadas, postres, comidas para microondas, etc.); Snacks; Mezclas con cereales; Industrias de confitería, chocolates y golosinas (barras de cereal, galletitas, cremas, mousses, postres, etc.) (50)

#### 1.4.6. EQUIPO DE LIOFILIZACIÓN

El equipo de liofilización tiene tres componentes principales: la cámara de secado, el condensador y el sistema de vacío. (Figura No 6). La función básica del liofilizador es crear el entorno necesario para el proceso de liofilización. (17)

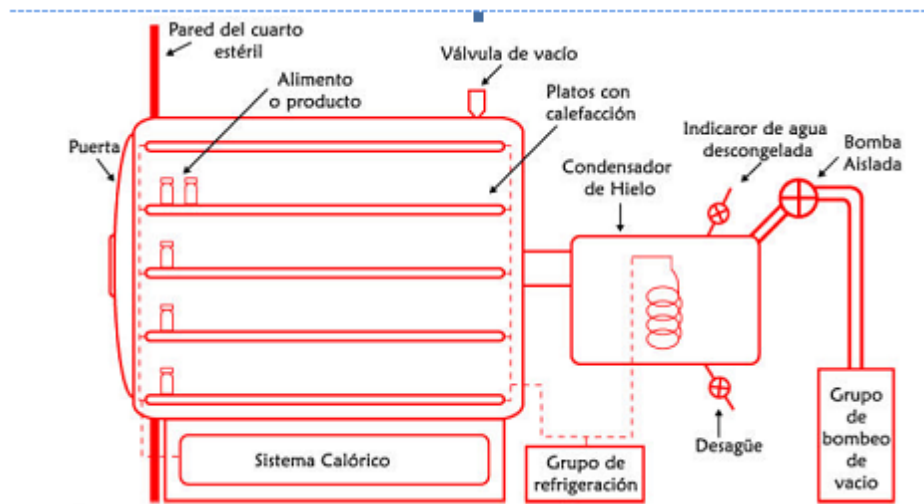


FIGURA No 6. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE LIOFILIZACIÓN

**Cámara del liofilizador.** La cámara del secador sirve al proceso de liofilización mediante las siguientes funciones:

- (a) proporcionar un entorno limpio y a veces estéril para el proceso;
- (b) proporcionar las temperaturas y presiones necesarias para congelar y secar el producto.

**Condensador.** La principal función del condensador es eliminar los vapores condensables antes de que entren en el sistema de bombeo de vacío. (17)

**Sistema de vacío.** El sistema de vacío, según se muestra en la Figura 5, está conectado a la cámara del condensador y su función es proporcionar las presiones necesarias para las fases de secado primario y secundario. Los dos rasgos principales de un sistema de vacío que requieren consideración son la tubería de comunicación con el condensador y la naturaleza de la bomba de vacío. (17)

**Instrumentación.** La instrumentación asociada con liofilizador es de gran importancia. El logro de un óptimo producto requiere un sistema de control que reproduzca el proceso de liofilización, siempre que esté dentro de los límites del equipamiento y de un sistema de recolección de datos que verifique la consistencia del proceso. (17)

#### 1.4.6.1. Clases de equipos

En el mercado comercial se puede conseguir equipos de laboratorio para planta piloto e industria, de variadas especificaciones (Ver Tabla No 3, Fotografías No 3, 4, 5) (69) (70)

**TABLA No 3. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS DE LIOFILIZACIÓN**

DESCRIPCION	LABORATORIO	PILOTO	INDUSTRIA
Bomba de vacío	6 m <sup>3</sup> /h	18 – 35 m <sup>3</sup> /h	
Capacidad de condensador	6 – 10 Kg	15 – 30 Kg	30 – 300 Kg
Temperatura de condensador	-50 °C	-50 a -80°C	-75 °C
Superficie ( # de estantes )	0.33 m <sup>2</sup> (3)	0.48 – 1.8 m <sup>2</sup> (3)	2 – 12 m <sup>2</sup> (3)

FUENTE: RAMIREZ J. 2006. Liofilización de Alimentos. s.e. Colombia. Editores Recitela.



**FOTOGRAFÍA No 3. LIOFILIZADORES PARA LABORATORIO**



**FOTOGRAFÍA No 4. LIOFILIZADOR PLANTA PILOTO**



**FOTOGRAFÍA No 5. LIOFILIZADOR INDUSTRIA**

## **1.5. GARANTÍA DE CALIDAD DE ALIMENTOS**

Los aspectos técnicos definen el término calidad como el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, y la no presencia de contaminantes; y que le confieren a un producto la aptitud para satisfacer las necesidades de un consumidor. (47)(72)

La calidad incrementa el desarrollo y la diferenciación de los productos, favoreciendo el crecimiento de la competitividad. Responde a pautas técnicas que abarcan la gestión en todas las etapas de la cadena alimentaria (desde la obtención de la materia prima utilizada hasta el producto final elaborado.) (57) (72)

Garantía de la calidad" se confunde a menudo con "control de calidad" y se emplea como si ambos conceptos fueran intercambiables, cuando de hecho son muy diferentes aunque estén relacionados. El control de calidad es sólo uno de los procedimientos previstos en el marco de este planteamiento sistemático; se puede definir como "las técnicas y actividades prácticas que se utilizan para satisfacer los requisitos relativos a la calidad". La garantía de la calidad tiene por objeto velar por que se alcance el control de calidad fijado como meta. (73)

### **1.5.1. SEGURIDAD ALIMENTARIA.**

Los objetivos de seguridad alimentaria (OSA) se concretan en la fijación del nivel máximo de un peligro microbiológico, químico o físico, que se considera como aceptable



en un alimento para que pueda ser consumido. Este máximo nivel de un peligro potencial aceptable como requisito de seguridad, debe ser la exigencia mínima que las industrias de alimentos se deben proponer y conseguir, si bien pueden aspirar a fijarse otras metas más exigentes. (5)

## **1.6. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO**

Desde un punto de vista etimológico, la palabra Bromatología se deriva del griego y significa Ciencia de los alimentos. (10)

Bromatología es la ciencia que responde a un cuerpo coherente de conocimientos sistematizados acerca de la naturaleza de los alimentos, de su composición química y de su comportamiento bajo diversas condiciones, teniendo en cuenta todos los factores involucrados, tanto en la producción de las materias primas como la manipulación, elaboración, conservación, distribución, comercialización y consumo. (10)

El análisis bromatológico sirve para:

- Conocer la composición cualitativa y cuantitativa tanto del alimento como de las materias primas.
- Sirve para poder hacer la medición de la dieta, de acuerdo con su régimen alimenticio específico (bromatología dietológica).
- Analizar si el alimento o materias primas cumplen con lo establecido por el productor, además de ver si tiene alteraciones o contaminantes.
- Sirve para legislar y fiscalizar los alimentos.(40)

Análisis que incluye el estudio bromatológico:

- a) Análisis microbiológico
- b) Análisis toxicológico
- c) Análisis químico
- d) Evaluación organoléptica

### 1.6.1. TOMA DE MUESTRA

La muestra de alimento que se somete al análisis debe estar correctamente preparada y ser representativa del lote que se inspecciona. Por lo tanto se tendrán en cuenta los siguientes recaudos:

- Toma de la muestra representativa del lote de partida: se hace al azar según normas existentes para el producto en cuestión, extrayendo la cantidad suficiente para la realización de todos los análisis. El procedimiento es diferente según el alimento se encuentre fraccionado (en latas, cajas, botellas) o dispuesto a granel (en silos, tanques, bodegas de buques). Puede servir el sistema de cuarteo o el de numeración de lotes y uso de bolillero, pero se dan casos más complicados en lo que se necesita planes de muestreo especiales (por ejemplo: toma de muestras de aceites que presentan sedimentos y están alojados en camiones-tanque de sección transversal elíptica o circular) (47)
- Rotulación de muestra: debe hacerse inmediatamente, dejando constancia del N° de la partida, procedencia, cantidad tomada y fecha. (Muestras oficiales y contra muestras usadas en peritajes, deben sellarse para que no puedan ser abiertas subrepticamente.). (47)
- Evitar alteraciones físicas, químicas y biológicas: por ejemplo: ruptura de emulsiones, oxidaciones, cambios enzimáticos y proliferación microbiana, antes y durante el análisis. Es por esto que las carnes y verduras deben mantenerse refrigeradas, los productos grasos protegidos del aire y de la luz y las leches tienen que ser analizadas en el día, por ser alimentos altamente perecederos. (47)

### 1.6.2. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Recibe el nombre de propiedades organolépticas o sensoriales de un alimento aquellas que pueden ser captadas a través de los sentidos. Las características organolépticas de un alimento se evalúan a través de atributos que, al ser captados por los sentidos, nos

informan de la magnitud y cualidad del estímulo provocado, una vez han sido interpretados por el cerebro. (47)

El conjunto de todas las percepciones nos permite elaborar un juicio acerca de la idoneidad del alimento para responder a las características que se esperan del mismo. En el conocimiento sensorial que podemos alcanzar de un alimento caben destacar cinco atributos color, sabor, olor, textura y flavor. (10)

**Color.** Propiedad que se aprecia por el sentido de la vista cuando lo estimula la luz reflejada por un alimento, que contiene sustancias con grupos cromóferos capaces de absorber partes de sus radiaciones luminosas, dentro de unas determinadas longitudes de onda (16).

**Sabor.** Sensación recibida en respuesta al estímulo provocado por sustancias químicas solubles sobre las papilas gustativas. (16)

Los cuatro sabores fundamentales son: ácido, dulce, salado, amargo

- Sabor ácido. Lo originan los iones hidronio de los ácidos. En muchos productos alimenticios por ejemplo frutas, productos elaborados, bebidas refrescantes, el sabor ácido lo generan los ácidos orgánicos. Cuando mayor es la concentración de iones hidrógeno, mayor será la sensación ácida de la solución.(6)
- Sabor salado. Lo provocan sales inorgánicas de bajo peso molecular, por ejemplo la sal común (NaCl), la sal común es la única q puede considerarse puramente salada.(6)
- Sabor dulce. Se asocia de forma espontánea, con el azúcar. (6)

**Olor.** Conjunto de sensaciones que se producen en el epitelio olfativo, localizado en la parte superior nasal, cuando es estimulado por determinadas sustancias químicas volátiles. (15)

**Textura.** Propiedad organoléptica que resulta de la disposición y combinación entre sí de elementos estructurales y diversos componentes químicos, dando lugar a unas micro y macro estructuras, definidas por diversos sistemas fisicoquímicos. (15)

**Flavor.** Conjunto de percepciones constituidas por estímulos olfatogustativos, tácticos y cinestésicos, (experiencia sensorial percibida a través de los músculos de la cavidad bucal, que permite caracterizar lo específico de un alimento e identificarlo como tal. (15)

### 1.6.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y COMPLEMENTARIO

El análisis básico, recibe el nombre de análisis proximal. Se trabaja bajo un esquema llamado Weende, por el nombre de la estación experimental de Alemania que lo desarrolló, a pesar de varias limitantes este esquema ha subsistido al paso del tiempo, y sigue utilizándose hoy en día. (75)

**ANÁLISIS PROXIMAL** El término análisis proximal hace referencia a que el método bajo el esquema Weende, no identifica compuestos químicos particulares, sino grupos con características semejantes, por ejemplo, la determinación de extracto etéreo, no indica si son verdaderos lípidos, y tampoco identifica el tipo de lípidos, sólo nos da una aproximación de un grupo de sustancias que comparten la característica de ser solubles en el solvente usado en la técnica para la determinación de esta fracción de los alimentos (74)

#### 1.6.3.1. Humedad

El agua es un componente esencial de todos los tejidos corporales y es un determinante fundamental del valor nutritivo de los alimentos, pues su contenido diluye o concentra los nutrientes y otros componentes presentes en el alimento. Es por ello, que se considera fundamental la inclusión del contenido de humedad en las tablas de composición de alimentos. (20)

Las funciones metabólicas del agua son: regula la temperatura corporal, solvente de compuestos químicos, mantiene el balance de electrolitos, lubrica (digestión, articulaciones, ojos, secreciones, mucosas), participa en la digestión por medio de la hidrólisis y funciona como reactivo en las reacciones intracelulares (20)

**Fundamento del método más utilizado (secado con estufa):** La humedad es la pérdida de peso experimentada por un alimento o pienso cuando se le somete a desecación en estufa de aire, a una temperatura de 100-105°C, hasta peso constante o durante 24 horas. La MS resulta de sustraer al total, el contenido en humedad (71)  
Existen otros métodos para la determinación de la humedad (Ver Tabla No 4)

**TABLA No 4. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

MÉTODO	VENTAJA	DESVENTAJA
Secado con estufa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un método convencional</li> <li>- Es rápido y preciso</li> <li>- Es conveniente</li> <li>- Se pueden acomodar varias muestras</li> <li>- Se llega a la temperatura deseada más fácilmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La temperatura va fluctuar debido al tamaño de la partícula, peso de la muestra posición de la muestra en el horno</li> <li>- Pérdida de sustancias volátiles durante el secado</li> <li>- Descomposición de la muestra ejemplo azúcares</li> </ul>
Secado en estufa de vacío	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se calienta a baja temperatura por lo tanto se previene la descomposición de la muestra</li> <li>- Es recomendable para muestras que contengan compuestos volátiles orgánicos</li> <li>- Calentamiento y evaporación constante y uniforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La eficiencia es baja para alimentos con alta humedad</li> </ul>
Destilación azotrópica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determina el agua directamente y no por pérdida de peso</li> <li>- El dispositivo es fácil de manejar</li> <li>- Toma poco tiempo</li> <li>- Se previene la oxidación de la muestra</li> <li>- No se afecta la humedad del ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja precisión el dispositivo para medir volumen agua</li> <li>- Los disolventes inmiscibles como tolueno son inflamables</li> <li>- Cualquier impureza puede generar resultados erróneos</li> </ul>
Secado en termobalanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un método semiautomático y automático</li> <li>- La muestra no es movida por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es excelente para investigación pero no es práctico</li> </ul>

---

	lo tanto el error de pesada es mínima
Karl Fischer	<p>- Es un método estándar para ensayos de humedad</p> <p>- Precisión y exactitud más altos que otros métodos</p> <p>- Es útil para determinar agua en grasas y aceites previniendo que la muestra se oxide</p> <p>- Una vez que el dispositivo se monta el análisis dura pocos minutos</p> <p>- Los reactivos deben ser RA para preparar la muestra Karl Fischer</p> <p>- Elk punto de equivalencia de la titulación puede ser difícil de determinar</p> <p>- El dispositivo de la titulación debe protegerse de la humedad atmosférica debido a la excesiva sensibilidad del reactivo a la humedad</p> <p>-</p>

---

Fuente: ANALISIS DE ALIMENTOS <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/66407S486.pdf>

### 1.6.3.2. Cenizas

Representan el contenido del total de minerales del alimento. Los minerales y el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se oxidan en el organismo para producir energía. Se determinan como el residuo que queda al quemar en un horno o mufla los componentes orgánicos. (20)

Los minerales tienen funciones metabólicas variadas y particulares, en general se agrupan en:

- Componente o activadores de moléculas importantes para el organismo (enzimas, hemoglobina, vitaminas, hormonas)
- Componente de estructura de tejido (hueso y diente)
- Iones libres en la sangre y otros fluidos biológicos (20)

**Fundamento del método más utilizado (incineración):** Las cenizas están consideradas, de forma general, como el residuo inorgánico de una muestra que se obtiene al incinerar la muestra seca a 550°C. Están constituidas por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales. (71)

Las ventajas y desventajas de los métodos de determinación de cenizas las observamos en la Tabla No 5

**TABLA No 5. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

MÉTODO	VENTAJA	DESVENTAJA
SECO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple</li> <li>- No se requiere atención durante la generación de cenizas</li> <li>- No se requiere reactivos</li> <li>- Se puede manejar muchas muestras</li> <li>- Es un método estándar para la determinación de cenizas</li> <li>- Se puede determinar cualquier tipo de materia inorgánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere alta temperatura</li> <li>- El equipo es caro</li> <li>- Hay pérdidas por volatilización</li> <li>- Hay interacciones entre minerales y recipientes</li> <li>- Hay absorción de elementos traza por recipientes de porcelana o sílice</li> <li>- Poca utilidad para análisis de Hg, P, As y Se</li> <li>- Calentamiento excesivo puede hacer ciertos componentes insolubles</li> <li>- Hay una dificultad de manejo de cenizas por ser insolubles, sensibles a la luz etc.</li> </ul>
HÚMEDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativamente no requiere alta temperatura</li> <li>- El dispositivo es simple</li> <li>- La oxidación es rápida</li> <li>- Se mantiene la disolución acuosa lo cual es bueno para análisis mineral</li> <li>- El equipo no es caro</li> <li>- No hay volatilización de minerales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere altas cantidades de materiales corrosivos</li> <li>- Se requiere ácidos explosivos</li> <li>- Se requiere estandarizar los reactivos</li> <li>- Las reacciones son fumantes</li> <li>- Manejar sistemáticamente varias muestras no es sencillo</li> <li>- El procedimiento es tedioso y gasta mucho tiempo</li> </ul>

Fuente: ANALISIS DE ALIMENTOS <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/66407S486.pdf>

### 1.6.3.3. Lípidos

Los lípidos comprenden diferentes tipos de compuestos como ácidos grasos y sus derivados (ésteres de glicerol, ésteres de colesterol y glicolípidos), esteroides y sus derivados (colesterol). La unidad estructural básica de las moléculas de los lípidos son los ácidos grasos. (20)

Las principales funciones metabólicas de los lípidos son: componente de la membrana celular, fuente concentrada de energía, precursor de metabolitos (vitamina D, hormonas,

esteroides y prostaglandinas), medio de transporte de vitaminas liposolubles, mantiene la temperatura corporal y protege a los órganos (20)

**Fundamento:** Extracción de los materiales liposolubles de la muestra con éter de petróleo con pesada posterior del extracto tras la evaporación del disolvente. (71)

Con materias de origen vegetal se hace referencia siempre a EE y no a GB ya que, además de grasa, el éter extrae importantes cantidades de pigmentos vegetales, ceras, etc. Con muestras de origen animal, es conveniente preceder la extracción con una hidrólisis ácida. (71)

#### **Métodos de extracción y cuantificación**

El contenido total de lípidos se determina comúnmente por métodos de extracción con disolventes orgánicos (por ejemplo Soxhlet, Goldfish, Mojonnier), sin embargo también puede cuantificarse por métodos de extracción que no incluyen disolventes (por ejemplo, Babcock, Gerber) y por métodos instrumentales que se basan en propiedades físicas o químicas de los lípidos (por ejemplo, infrarrojo, densidad y absorción es rayos X) (40)

#### **1.6.3.4. Fibra**

A pesar de que no existe consenso en la definición y los componentes de la fibra dietética, se conoció en sus inicios como los restos de las células vegetales que persistían tras su hidrólisis en el aparato digestivo de los mamíferos. Esta definición “fisiológica” intentaba caracterizar a la fibra en relación con el proceso de la digestión que tiene lugar en el aparato digestivo. Químicamente, se define a la fibra dietética como todos los polisacáridos y lignina que no son digeridos por secreciones endógenas del tracto digestivo humano. Los principales componentes de la fibra se derivan de la pared celular de las plantas y comprenden celulosa, hemicelulosa y pectinas (polisacáridos no amiláceos); otro que se incluye es el almidón resistente y más recientemente se ha sugerido incluir los oligosacáridos no digeribles. La lignina es un componente de la fibra que no es un carbohidrato pero forma parte de la pared celular de los vegetales (20)

**Fundamento:** La técnica determina el residuo que persiste después de dos hidrólisis sucesivas, una ácida y otra alcalina. En cierto modo, intenta simular el ataque gástrico e intestinal que se produce *in vivo*. Es una fracción que se encuentra únicamente en las



muestras de origen vegetal; las de origen animal han de contener cantidades inferiores a un 2%.(71)

#### **1.6.3.5. Proteína**

Consisten de unidades de aminoácidos unidos por uniones peptídicas, el nitrógeno es el elemento característico de los aminoácidos, y por lo tanto de las proteínas. (7)

El contenido de proteína se calcula a partir del nitrógeno de los alimentos, pues en general casi todo el nitrógeno que contienen los alimentos forma parte de los grupos amino de los aminoácidos. (20)

Las principales funciones metabólicas de las proteínas son: estructurales, crecimiento y mantenimiento de tejidos (músculo, queratina, fibrina, colágeno, elastina), contráctiles, catalizadores de procesos corporales (enzimas), reguladores de procesos fisiológicos (hormonas, presión osmótica, balance ácido-base, balance de agua, anticuerpos), transmisión de la información genética, reserva (ferritina) y fuente de energía (20)

**Fundamento método más utilizado para determinar proteínas (Microkjeldhal):** Al hervir una muestra con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, el nitrógeno se convierte en amoníaco, mientras que la materia orgánica se oxida hasta agua y CO<sub>2</sub>. El nitrógeno, en forma de sulfato amónico, se determina agregando un exceso de sosa (NaOH) y destilando el amoníaco producido. Este amoníaco es retenido por el ácido bórico y el borato amónico formado se neutraliza directamente con una disolución de ácido clorhídrico valorada y con la ayuda de un indicador de pH. (71)

En el Tabla No 6 podemos apreciar las ventajas y desventajas de los métodos de determinación de proteínas

**TABLA No 6. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS**

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
KJELDHAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es apropiado para varios tipos de productos</li> <li>- Es de alta confiabilidad</li> <li>- Está incluido en los métodos aprobados por las organizaciones internacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llega haber interferencias de compuestos nitrogenados no proteicos</li> <li>- Durante la digestión se produce demasiado humo</li> <li>- Uso de catalizadores caros, o tóxicos</li> <li>- Baja sensibilidad tarda demasiado tiempo</li> </ul>
ABSORCIÓN A 280 nm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida y no destructiva</li> <li>- No se necesita reactivos</li> <li>- Alta sensibilidad</li> <li>- Baja dependencia de la respuesta de la señal a la composición del aminoácido</li> <li>- Baja interferencia de ácidos nucleicos y nucléotidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La interferencia de otros compuestos que absorben en UV</li> <li>- Se necesita usar muestras limpias y lámparas relativamente nuevas</li> </ul>
BIURET	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay interferencia de aminoácidos libres</li> <li>- Pequeña influencia de la composición del aminoácido en el desarrollo del color</li> <li>- La operación es simple y se puede usar número grandes de muestras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferencia de amoniaco, buffer, detergentes</li> <li>- Baja sensibilidad</li> </ul>
LOWRY	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta sensibilidad</li> <li>- Fácil de operar</li> <li>- Fácil de manejar un gran número de muestras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependencia del color con la composición del aminoácido</li> <li>- Interfiere un buen número de compuestos</li> <li>- La curva estándar no es lineal para altas concentraciones de proteínas por lo tanto es necesario medir mucho antes de diluir</li> </ul>

Fuente: ANALISIS DE ALIMENTO Shttp://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/66407S486.pdf

#### **1.6.3.6. Azúcares**

Los hidratos de carbono son los constituyentes más abundantes y ampliamente distribuidos de los alimentos.

En plantas y animales hay monosacáridos desde triosas hasta heptulosas, pero la gran mayoría están en cantidades del orden de trazas. Algunos de éstos son importantes en el metabolismo, pero rara vez lo son en el análisis de alimentos. Los de importancia en nutrición, composición y análisis de alimentos son pocos. Los más abundantes son glucosa y fructosa que se encuentran especialmente en frutas y miel aunque también están ampliamente distribuidos en plantas y animales, libres y combinados. (40)

Son los responsables del sabor dulce de las frutas maduras y de los vegetales frescos. Abundan principalmente la sacarosa y los azúcares reductores glucosa y fructosa. (20)

Las principales funciones metabólicas de los carbohidratos son: fuente de energía, constituyen la forma principal de almacenamiento de energía química, precursor y formación de metabolitos y nutrientes (DNA, RNA, heparina, aminoácidos no esenciales), forma parte del tejido conectivo, en las funciones digestivas y en el metabolismo de proteína y lípidos (40)

#### **Método de Fehling**

Cuando un azúcar reductor se calienta en condiciones básicas se degrada y algunos de los productos de degradación reducen los iones cúpricos para formar óxido cuproso (40)

#### **Refractometría**

El índice de refracción de una solución de azúcar tiene relación directa con la concentración (p/v). Los índices de refracción de los azúcares son bastante similares, de modo que aún en una mezcla es posible conocer con bastante exactitud la concentración de azúcares en una solución. (71)

La refractometría es un método rápido y sencillo que se utiliza en la industria especialmente para control de elaboración en la planta. La expresión de resultados es arbitraria: en un azúcar o en sólidos solubles. El uso principal es comparativo. (71)

### 1.6.3.7. pH

El pH se define como  $-\log [H_3O^+]$  ó  $-\log 1/[H_3O^+]$ . Su determinación y control es de gran importancia en las industrias de alimentos: en la utilización y control de microorganismos y enzimas; en la clarificación y estabilización de jugos de frutas y vegetales y de productos fermentados de frutas y cereales; en la producción de mermeladas, jaleas y “jams” cuya textura está determinada por la concentración del ion hidrógeno del gel pectina-azúcar-ácido; en el color y retención del “flavor” de productos de frutas; en la coloración de frutas con colorantes artificiales como eritrosina, etc. Resulta particularmente importante en lo que se refiere a rigurosidad del tratamiento térmico (tiempo y temperatura de procesamiento) en general, la velocidad de destrucción térmica de las bacterias, particularmente las anaerobias formadoras de esporas, se incrementa marcadamente cuando aumenta la concentración de iones hidronio (el efecto no es tan pronunciado en el caso de hongos y levaduras). (42) (61)

Alimentos con valores de pH menores de 4,5 son considerados “ácidos” y con valores mayores, alimentos “no ácidos”. Para estos últimos la rigurosidad del procesamiento térmico deberá ser mayor. (61)

**Fundamento:** El pH de un alimento se determina generalmente con un pHmetro. Los electrodos del medidor se insertan en solución para medir el pH por vía electrónica. Una variedad de medidores de pH están disponibles en equipamiento científico proveedores. La estimación de pH también se puede obtener colorimétricamente utilizando documentos de prueba del pH. (71)

### 1.6.3.8. Acidez

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, por ejemplo, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 % en el limón (al ácido cítrico puede constituir hasta 60 % de los sólidos solubles totales de la porción comestible). Los ácidos predominantes en frutas son: el cítrico (en la mayoría de las frutas tropicales), el málico (Ej. manzana), el tartárico (Ej. uvas y tamarindo). (46)

**Fundamento:** El método se basa en determinar el volumen de NaOH estándar necesario para neutralizar el ácido contenido en la alícuota que se titula, determinando el punto final por medio del cambio de color que se produce por la presencia del indicador ácido-base empleado. (71)

### 1.6.3.9. Antocianos

El término antociano, ideado inicialmente para designar la sustancia responsable de la coloración de las flores del aciano (gr. Anthos, flor y kuanos, azul), se aplica a un grupo de pigmentos hidrosolubles responsables del color rojo, rosa, malva, púrpura, azul y violeta de la mayor parte de las flores y frutos. (3)

#### Estructura de las antocianinas y color

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C. (Figura No 7). Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas (Ver Tabla No 7) (44) (72)

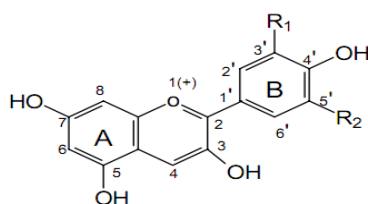


FIGURA No 7. ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS ANTOCIANOS

**TABLA No 7. ESTRUCTURA Y SUSTITUYENTES DE LAS ANTOCIANINAS**

Aglicona	Sustitución		λ <sub>máx</sub> (nm) espectro visible	Presencia
	R1	R2		
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)	Fresa
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)	Manzana
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)	Delfinium
Peonidina	OCH <sub>3</sub>	H	506 (naranja-rojo)	Peonia
Petunidina	OCH <sub>3</sub>	OH	508 (azul-rojo)	
Malvidina	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	510 (azul-rojo)	Uvas (13)

FUENTE: RODRIGUEZ, M.. Bases de Alimentación Humana. España. Netbiblo SL. 2008 p. 221

### Propiedades físico-químicas

Son sólidos cristalizables solubles en agua e insolubles en acetato de etilo. Las agliconas también son insolubles en disolventes apolares, por lo que se extraen con alcohol no miscible con agua, (amílico o iso amílico). El color cambia con el pH, rojo en medio ácido, azul en medio básico. (43)

### Factores de degradación de las antocianinas

**pH:** las antocianinas son anfóteras, de manera que su color depende del pH. En los alimentos, las antocianinas pueden existir en cuatro formas estructurales, dependiendo del pH: la base quinoidal (azul), el catión flavilio (rojo), la base pseudocarbinol (incolora) y la charcona (incolora). A pH bajo (<4.0), las principales formas de equilibrio son el ión flavilio. A medida que el pH aumenta ocurre la degradación gradual del color. La base carbinol es inestable, siendo la oxidación de las antocianinas proporcional al porcentaje de esta base, lo cual se ve potenciado por tratamientos térmicos. A valores de pH superiores a siete se presentan las formas quinoidales (A, A-) de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (11)

**Temperatura:** la estabilidad de las antocianinas en los alimentos se ve notablemente afectada por este factor. El aumento de la temperatura desplaza el equilibrio hacia las formas incoloras, obteniendo finalmente productos de degradación pardos. (8)

**Luz:** es aceptado que la luz acelera la degradación de las antocianinas. Este efecto adverso se ha demostrado en diversos zumos de frutas. La copigmentación (la condensación de antocianinas consigo mismas u otros compuestos orgánicos) puede acelerar o retardar la degradación, dependiendo de las circunstancias. Otras formas de energía radiante, como la radiación ionizante, pueden producir la degradación de las antocianinas. (8)

**Ácidos:** el ácido ascórbico decolora a las antocianinas en presencia de iones cobre o hierro por formación del peróxido de hidrógeno, produciéndose la degradación de ambos compuestos cuando se almacenan por tiempo prolongado. (2)

**Oxígeno:** el oxígeno tiene un efecto negativo en la estabilidad de las antocianinas.

**Azúcares y sus productos de degradación:** los azúcares a altas concentraciones, como ocurre en las conservas de frutas, estabilizan las antocianinas. Este efecto se cree que es debido a la disminución de la actividad del agua. El ataque nucleofílico del agua sobre el catión flavilio ocurre en la posición C-2, formándose una base carbinol incolora. Cuando los azúcares están presentes en concentraciones bajas como para tener poco efecto sobre la aw, ellos o sus productos de degradación pueden a veces acelerar la degradación. La velocidad de degradación de la antocianina sigue la velocidad de degradación del azúcar a furfural. El furfural, que se deriva de las aldopentosas, y el hidroximetilfurfural, que es un derivado de la cetoheptosas, resultan de la reacción de Maillard o de la oxidación del ácido ascórbico. Estos compuestos se condensan fácilmente con las antocianinas, formando compuestos pardos. Esta reacción es evidente en los zumos de frutas y es muy dependiente de la temperatura y se acelera por la presencia de oxígeno. Al respecto, algunos estudios mencionan el papel protector que tiene la adición de azúcar a la fresa antes de su congelación para prevenir los cambios de color (14)

### **Actividad biológica de las antocianinas**

El interés en los pigmentos antociánicos se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas y ejercen

efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo. Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. (23)

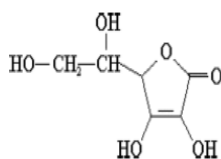
#### **Extracción y caracterización**

La extracción se realiza con un alcohol (metanol; se prefiere etanol si el producto se destina a empleo alimenticios), al que se adiciona una pequeña cantidad (0,1 – 1%) de ácido clorhídrico. Para separar antocianos se recurre a las técnicas cromatográficas: columnas de poliamida, resinas cambiadoras de iones CCF preparativa sobre celulosa, CLAR semipreparativa. Generalmente las separaciones se realizan por fase reversa con disolventes hidroalcohólicos ácidos (la separación se produce por tanto sobre las formas catiónicas, detectadas selectivamente en la banda de los 500-550nm) Tiene espectros de absorción característicos, con UV visible, con un máximo de 270 nm. (23)

Los antocianos por lo general se valoran por espectrofotometría. (40)

#### **1.6.3.10. Vitamina C**

La vitamina C es el ácido L-(+)-threo-ascórbico. Deriva biosintéticamente en los vegetales, directamente de la D\_ glucosa conservando la secuencia de la cadena carbonada. La acidez de la molécula y su carácter reductor está ligada a su estructura. (3) (Figura No 8)



**FIGURA No 8. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO**

El ácido ascórbico se encuentra en concentraciones significativas en los vegetales. En muchas frutas se encuentran en concentraciones elevadas (50mg/100g en los cítricos), pero para muchas personas el aporte principal se obtiene en verduras y hortalizas, como repollo o coliflor. (3)(19)



### **Propiedades**

El ácido ascórbico es soluble en agua, por lo que suele perderse en el agua de cocción. Se oxida con facilidad en solución, sobre todo cuando se expone al calor. La oxidación puede acelerarse por la presencia de hierro o pH alcalino. (38)

### **Estabilidad**

La vitamina C se oxida fácilmente mediante una reacción reversible, a ácido deshidroascórbico, estableciendo un sistema de oxido-reducción. La vitamina C aún después de haberse eliminado el oxígeno, se destruye térmicamente por vía anaeróbica no oxidativa, de menor importancia, que alcanza su máximo a pH 4 y que se ha observado en jugos de limón y concentrados de naranja en los que el oscurecimiento va acompañado de furfural, y cuya cuantificación refleja el daño térmico. (2)

Su oxidación está en función de muchas variables, principalmente disponibilidad de oxígeno, temperatura, pH (más estable a pH ácidos), metales de transición (hierro y cobre) y luz, además también influye algunas sales, la actividad de agua, los peróxidos, ciertas enzimas y la presencia de riboflavina sobre todo por ser fotosensible (2)

El ácido ascórbico cristalino es relativamente estable en el aire en ausencia completa de humedad, mientras la sal sódica tiende a volverse amarilla. Las soluciones acuosas son atacadas por el oxígeno atmosférico y otros agentes oxidantes; el primer ácido formado, el ácido dehidroascórbico es oxidado posteriormente en forma irreversible. Los álcalis y los iones de metales pesados (por ejemplo, cobre) actúan como catalizadores. (19)

### **Extracción y caracterización del ácido ascórbico**

Las soluciones de extracción más comúnmente utilizadas son las de los ácidos metafosfórico, oxálico y acético y mezclas de ellos. Se puede agregar EDTA en ciertos procedimientos para complejar los iones de los metales así como también agentes reductores como ditioneitol (DTT). (14)

Todos los métodos que utilizan las propiedades reductoras de la molécula de ácido ascórbico pertenecen a la primera categoría. Se pueden utilizar muchos reactivos y de

todos ellos, el 2,6-diclorofenolindofenol (DCFI) es ciertamente el más utilizado debido a que su uso es simple y los resultados son en general confiables. El DCFI es de color azul profundo pero incoloro cuando es reducido por AA. (42)

En años recientes, diversos investigadores han publicado procedimientos que utilizan HPLC para separar y cuantificar AA y/o ADA. El siguiente procedimiento de ensayo permite la determinación simultánea de AA y ácido eritórico (26) y se ha utilizado para determinar AA en carne, productos cárnicos, alimentos procesados, alimentos enriquecidos, verduras, frutas, leche y bebidas (42)

### **Empleo**

La vitamina C está indicada a dosis vitamínica (10-50 mg/día). Es necesario para la síntesis de colágeno, para la formación de los huesos, dentina dientes, de los cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos; intervienen en reacciones de óxido-reducción y de hidroxilación de hormonas esteroideas y de aminoácidos aromáticos. Combate el escorbuto. (2)

#### 1.6.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los alimentos son sistemas complejos de gran riqueza nutritiva y por tanto sensibles al ataque y posterior desarrollo de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras). En todos los alimentos hay siempre una determinada carga microbiana, pero ésta debe ser controlada y no debe sobrepasar ciertos límites, a partir de los cuales comienza a producirse el deterioro del producto con la consecuente pérdida de su calidad y aptitud para el consumo. Por otra parte, existen microorganismos patógenos que producen enfermedades y cuya presencia es por tanto indeseable y hace extraordinariamente peligroso su consumo. El análisis microbiológico se realiza entonces con vistas a identificar y cuantificar los microorganismos presentes en un producto así como también constituye una poderosa herramienta en la determinación de la calidad higiénico-sanitaria de un proceso de elaboración de alimentos, lo que permite identificar aquellas etapas del proceso que puedan favorecer la contaminación del producto. (7) (57)

## **1.7. PRUEBAS ESTADÍSTICAS**

### **1.7.1. ANÁLISIS DE VARIANZAS ANOVA**

El análisis de la varianza (ANOVA) es una potente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos. Los ejemplos de aplicación son múltiples, pudiéndose agrupar, según el objetivo que persiguen, en dos principalmente: la comparación de múltiples columnas de datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso. Nos ocupamos en este artículo de la primera de ellas. (1)

En estadística, el análisis de la varianza (ANOVA, Analysis Of Variance, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.(1)

Las técnicas iniciales del análisis de varianza fueron desarrolladas por el estadístico y genetista R. A. Fisher en los años 1920 y 1930 y es algunas veces conocido como "Anova de Fisher" o "análisis de varianza de Fisher", debido al uso de la distribución F de Fisher como parte del contraste de hipótesis.(1)

ANOVA es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones; muy ligado, por tanto, al diseño de experimentos y, de alguna manera, es la base del análisis multivariante. (41)

#### **1.7.1.1. Bases del análisis de la varianza**

Supónganse  $k$  muestras aleatorias independientes, de tamaño  $n$ , extraídas de una única población normal. A partir de ellas existen dos maneras independientes de estimar la varianza de la población:

1) Una llamada varianza dentro de los grupos (ya que sólo contribuye a ella la varianza dentro de las muestras), o varianza de error, o cuadrados medios del error, y

habitualmente representada por MSE (Mean Square Error) o MSW (Mean Square Within) que se calcula como la media de las  $k$  varianzas muestrales (cada  $s$  varianza muestral es un estimador centrado de  $\sigma^2$  y la media de  $k$  estimadores centrados es también un estimador centrado y más eficiente que todos ellos). MSE es un cociente: al numerador se le llama suma de cuadrados del error y se representa por SSE y al denominador grados de libertad por ser los términos independientes de la suma de cuadrados. (1)

2) Otra llamada varianza entre grupos (sólo contribuye a ella la varianza entre las distintas muestras), o varianza de los tratamientos, o cuadrados medios de los tratamientos y representada por MSA o MSB (Mean Square Between). Se calcula a partir de la varianza de las medias muestrales y es también un cociente; al numerador se le llama suma de cuadrados de los tratamientos (se le representa por SSA) y al denominador  $(k-1)$  grados de libertad.

MSA y MSE, estiman la varianza poblacional en la hipótesis de que las  $k$  muestras provengan de la misma población. La distribución muestral del cociente de dos estimaciones independientes de la varianza de una población normal es una  $F$  con los grados de libertad correspondientes al numerador y denominador respectivamente, por lo tanto se puede contrastar dicha hipótesis usando esa distribución.(1)

Si en base a este contraste se rechaza la hipótesis de que MSE y MSA estimen la misma varianza, se puede rechazar la hipótesis de que las  $k$  medias provengan de una misma población.

Aceptando que las muestras provengan de poblaciones con la misma varianza, este rechazo implica que las medias poblacionales son distintas, de modo que con un único contraste se contrasta la igualdad de  $k$  medias. (1)

Existe una tercera manera de estimar la varianza de la población, aunque no es independiente de las anteriores. Si se consideran las observaciones como una única muestra, su varianza muestral también es un estimador centrado de  $\sigma^2$

Se suele representar por MST, se le denomina varianza total o cuadrados medios totales, es también un cociente y al numerador se le llama suma de cuadrados total y se representa por SST, y el denominador  $(kn - 1)$  grados de libertad.

Los resultados de un ANOVA se suelen representar en una tabla como la siguiente (Ver Tabla No 8):

**TABLA No 8. ESTRUCTURA ANÁLISIS ANOVA**

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

FUENTE: ALLEN, L. WEBSTER. 2005. Estadística aplicada a los negocios y la economía 3a.ed. s.l. Editorial McGraw-Hill. pp. 314-317

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

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. (41)

### 1.7.1.2. Modelos de análisis de varianzas

Existen tres clases conceptuales de estos modelos

1. El Modelo de efectos fijos asume que los datos provienen de poblaciones normales las cuales podrían diferir únicamente en sus medias. El modelo de *efectos fijos* de análisis de la varianza se aplica a situaciones en las que el experimentador ha sometido al grupo o material analizado a varios factores, cada uno de los cuales le afecta sólo a la media, permaneciendo la "variable respuesta" con una distribución normal. Este modelo se supone cuando el investigador se interesa únicamente por los niveles del factor presentes en el experimento, por lo que cualquier variación observada en las puntuaciones se deberá al error experimental. (1)
2. El Modelo de efectos aleatorios asume que los datos describen una jerarquía de diferentes poblaciones cuyas diferencias quedan restringidas por la jerarquía. Los modelos de *efectos aleatorios* se usan para describir situaciones en que ocurren diferencias incomparables en el material o grupo experimental. El ejemplo más simple es el de estimar la media desconocida de una población compuesta de individuos diferentes y en el que esas diferencias se mezclan con los errores del instrumento de medición.  
Este modelo se supone cuando el investigador está interesado en una población de niveles, teóricamente infinitos, del factor de estudio, de los que únicamente una muestra al azar ( $t$  niveles) están presentes en el experimento. (1)
3. El Modelo de efectos mixtos describen situaciones que éste puede tomar. Ejemplo: Si el método de enseñanza es analizado como un factor que puede influir donde están presentes ambos tipos de factores: fijos y aleatorios. (1)

### 1.7.1.3. Fundamentos del ANOVA

Para determinar si tratamientos diferentes tienen efectos diferentes en sus respectivas poblaciones, se hizo una comparación entre la variación dentro de las muestras y la variación entre muestras. La variación de los puntajes de una muestra dada puede ser productiva por una variedad de factores. El tratamiento en sí mismo no producirá ninguna variación en las observaciones dentro de alguna muestra, debido a que todas las observaciones en dicha muestra reciben el mismo tratamiento. (60)

Es un asunto diferente con la variación entre muestras. La variación en los puntajes entre muestras puede producirse por el mismo factor aleatorio que la variación dentro de una muestra, mas toda influencia adicional que puedan tener los tratamientos diferentes. Puede existir un efecto tratamiento entre muestras debido a que cada muestra es un tratamiento diferente. (60)

Efecto del tratamiento: como las muestras diferentes tienen tratamientos distintos, la variación entre las muestras puede ser producida por los efectos de tratamientos diferentes.

Si un efecto del tratamiento existe, puede detectarse comparando la variación entre las muestras y la variación dentro de las muestras. Si la variación entre las muestras es significativamente mayor que la variación dentro de las muestras, un fuerte efecto de tratamiento está presente. Esta diferencia entre la variación entre muestras y variación dentro de las muestras es precisamente lo que mide el análisis de varianza. El análisis de varianza es una relación de la variación entre muestras con la variación dentro de las muestras. Si los tratamientos diferentes tienen efectos diferentes, la variación entre muestras crecerá, haciendo que la razón aumente. Esta razón se basa en la razón F presentada en la secciona anterior. (60)

La razón F tal y como se utiliza en ANOVA: La razón F es una razón de la variación entre muestras y la variación dentro de las muestras.

De nuevo, la variación entre muestras puede ser producida en parte por tratamientos diferentes. La variación dentro de una muestra dada puede ser producida solo por

factores aleatorios como la suerte, la destreza, y la motivación de los empleados. Dicha variación es independiente del tratamiento y es el resultado solo del error de muestreo aleatorizado dentro de la muestra. (60)

La razón F: cuando las medias poblacionales son diferentes, el efecto del tratamiento está presente y las desviaciones entre las muestras serán grandes comparadas con la desviación del error dentro de una muestra. Por tanto, el valor F aumentara, lo cual es una razón de la variación del tratamiento y de la variación del error. (60)

La variación total es igual a la variación producida por los tratamientos diferentes, más la variación producida por elementos de error aleatorios dentro de los tratamientos, como la destreza, la suerte y la motivación.

Para utilizar el ANOVA de forma satisfactoria deben cumplirse tres tipos de hipótesis, aunque se aceptan ligeras desviaciones de las condiciones ideales:

1. Cada conjunto de datos debe ser independiente del resto.
2. Los resultados obtenidos para cada conjunto deben seguir una distribución normal.
3. Las varianzas de cada conjunto de datos no deben diferir de forma significativa. (1)

#### **1.7.1.4. Test Tukey**

Se debe utilizar test de Tukey

- Cuando el tamaño de las muestras seleccionadas para cada grupo son iguales
- Cuando el interés fundamental es comparar promedios entre dos grupos y son múltiples las comparaciones que estamos haciendo. Por lo tanto este test es el más utilizado, y al parecer, el más recomendado por los estadísticos. Se utilizan los resultados de forma global y según grupo individualizado. El nivel de significación de diferencia entre grupo se determina con análisis de varianza y el Test de Tukey. (1) (60)



## 1.7.2. DISTRIBUCIÓN DE T STUDENT.

La t de student es una prueba que ayuda a estimar los valores poblacionales a partir de los datos muestrales. La t de student ayuda a pronosticar la probabilidad de que dos promedios pertenezcan a una misma población (en caso en que las diferencias no sean significativas) o que provengan de distintas poblaciones (en el caso de que las diferencias sean significativas). (76)

### 1.7.2.1. Comparación entre dos medias poblacionales usando muestras independientes

Supongamos que se tiene dos poblaciones distribuidas normalmente con medias desconocidas  $\mu_1$  y  $\mu_2$ , respectivamente. Se puede aplicar una prueba t de Student para comparar las medias de dichas poblaciones basándonos en dos muestras independientes tomadas de ellas. La primera muestra es de tamaño m, con media  $\bar{x}$  y varianza  $S_1^2$  y la segunda muestra es de tamaño n, tiene media  $\bar{y}$  y varianza  $S_2^2$ . (76)

Si las varianzas de las poblaciones son iguales ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ) entonces se puede mostrar que:

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y}) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}}$$

Donde :

t = t calculado

$\bar{x}$  = media 1

$\bar{y}$  = media 2

$S_p$  = varianza

m = tamaño de la muestra 1

n = tamaño de la muestra 2

### 1.7.2.2. Supuestos del modelo t de Student para dos muestras independientes.

- Nivel de medida de las variables: métricas, es decir, intervalo o razón.
- Distribución: normal o aproximadamente normal.
- Tipo de diseño: equilibrado o no equilibrado.

- Varianzas poblacionales: desconocidas, supuestamente iguales o sin supuesto de igualdad.
- Observaciones: aleatorias e independientes.
- Hipótesis que se somete a prueba: la diferencia entre las dos medias toma un determinado valor, generalmente cero. (60)

## **CAPÍTULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN**

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

- Laboratorios de Bioquímica y Alimentos.
- Laboratorio de Instrumental.
- Laboratorio de Microbiología.

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

##### **2.2.1 MATERIAL FRESCO**

Frutilla (*Fragaria vesca*) proveniente de los invernaderos de propiedad del Sr. Rogelio Pilco ubicados en la parroquia de San Luis en la provincia de Chimborazo.

## 2.2.2 EQUIPOS Y MATERIAES

Estufa	Pipetas (5mL, 10mL)	Refrigerante-reflujo
Balanza analítica	Pipeta volumétrica (1mL)	Balón aforado 250mL
Espátula	Buretas (25mL)	Recipiente (olla)
Mortero y pistilo	Erlenmeyer (250mL)	Envases para reactivos
Cápsulas de porcelana	Soporte y pinza de bureta	Pipeta volumétrica 1mL
Desecador	Equipo de soxhlet	HPLC
Mufla	Balón esmerilado	Jeringa
Reverbero	Mangueras	Acrodiscos membrana
Malla metálica	Soporte y pinza universal	Viales de vidrio
Sorbona o campana de gases	Gasa	Espectrofotómetro
Pinzas de cápsulas	Vidrio reloj	Rotavapor
Papel aluminio	Núcleos de ebullición	Balón 250 mL
pH-metro	Bomba al vacío	Cajas petri
Vasos de precipitación (250mL, 150mL, 50mL)	Kitasatto	Mascarillas
Varilla de agitación	Lana de vidrio	Mechero
Probeta (100mL, 250mL, 50mL)	Guantes	Balanza técnica
Embudo	Crisol Gooch	Cámara Fotográfica
Soporte	Embudo de Buchner	Computadora
Papel filtro	Balón volumétrico (250mL)	Liofilizador Thermo Fisher Scientific modelo Micromodulyo-115
Papel bond	Pera	Selladora al vacío
Digestor y destilador de Microkjeldhal		Balón de digestión Kjeldhal
Balones aforados (1000mL, 500mL, 50mL, 25mL, 10mL)		

### 2.2.3 REACTIVOS

Agua destilada	<b>Buffer (pH=4, pH=7,1)</b>
Fenolftaleína	Sulfato de potasio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Oxido de mercurio (HgO)	Acido sulfúrico concentrado p.a (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Hidróxido de sodio al 40% (NaOH)	Tiosulfato de sodio al 5% (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Acido bórico al 4% (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	Acido clorhídrico N/10 (HCl)
Indicador mixto rojo de metilo y verde de bromocresol	Éter etílico (125 mL)
Ácido sulfúrico 1,25%	Hidróxido de potasio 1,25%
Hexano o etanol (15mL)	Solución Carrez I
Solución Carrez II	Solución de Fheling A
Solución de Fheling B	Indicador azul de metileno 1%
Ácido clorhídrico concentrado 5 mL	Hidróxido de sodio al 50% (NaOH)
Estándar de Ácido ascórbico	Ácido fosfórico 0,05M (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )
Agua bidestilada	Metanol acidificado 1%

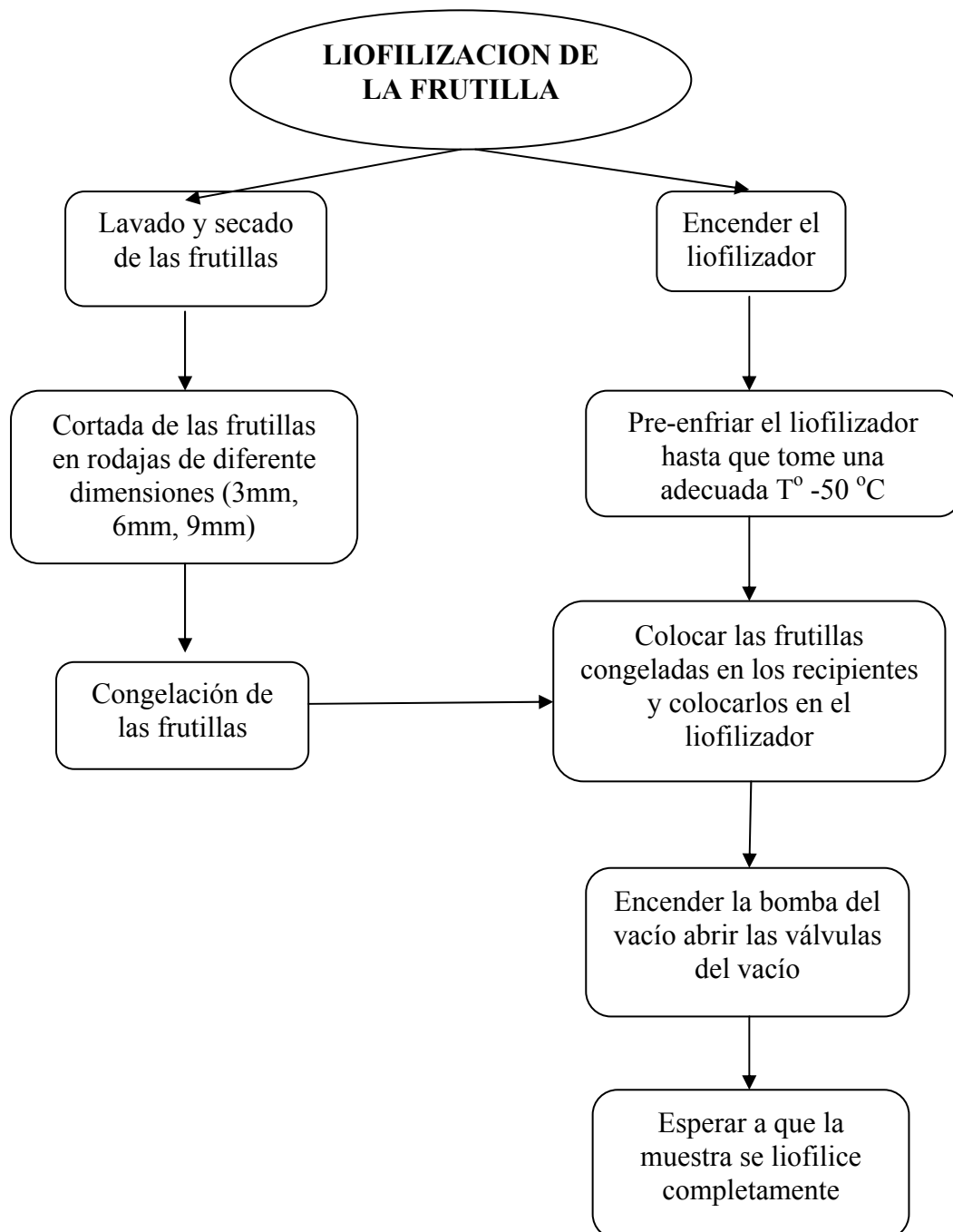
### 2.2.4 MEDIO DE CULTIVO

Agar Saboraud

## 2.3. MÉTODOS

### 2.3.1 FASE EXPERIMENTAL

#### 2.3.1.1. Proceso de liofilización



### 2.3.1.2. Análisis físico y bromatológico de la frutilla:

- Determinación de pH NTE INEN 389 (Anexo No 6 )
- Evaluación sensorial (Color, olor, sabor)

### 2.3.1.3. Determinación de acidez titulable

#### PRINCIPIO

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

#### PROCEDIMIENTO

##### Productos sólidos:

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

#### CÁLCULOS

La acidez titulable se determina mediante la ecuación siguiente:

Para productos sólidos:

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

Siendo:

A = g de ácido por 100g de producto

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

N1 = normalidad de la solución de NaOH

M = peso molecular del ácido considerado como referencia

V2 = volumen de la alícuota tomada para el análisis en 6.4

#### **2.3.1.4 Determinación de humedad (técnica NTE INEN 382)**

##### **Fundamento**

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

##### **Procedimiento**

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

##### **Cálculos:**

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

Donde:

%H= humedad

W<sub>1</sub>= masa de la cápsula vacía en g

W<sub>2</sub>= masa de la cápsula con muestra en g

W<sub>3</sub>= masa de la cápsula con la muestra seca en g

#### **2.3.1.5. Determinación de cenizas (técnica NTE INEN 401)**

##### **Principio**

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



### **Procedimiento**

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

### **CÁLCULOS**

El contenido de cenizas se determina mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Siendo:

C= contenido de cenizas, en porcentaje de masa

$m_1$ = masa de la cápsula vacía, en gramos

$m_2$ = masa de la cápsula con la muestra, en gramos

$m_3$ = masa de la cápsula con las cenizas, en gramos

#### **2.3.1.6. Determinación de proteína (Método de Microkjeldhal)**

##### **PRINCIPIO**

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

## PROCEDIMIENTO

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

## CÁLCULOS

$$\%P = \frac{14 \times f \times V \times N}{m}$$

En donde:

%P= contenido de proteína en porcentaje de masa

f = factor para transforma el %  $N_2$  en proteína y que es específico para cada alimento

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

N= normalidad del  $HCl$

### **2.3.1.7. Determinación de fibra cruda: Método de Weende**

#### **PRINCIPIO**

Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

Se basa en la sucesiva separación de minerales, 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; los minerales que no se solubilizaron ni en ácido ni en álcali, quedan como constituyentes de la ceniza obtenida del residuo seco insoluble en ácido y en álcali. Por diferencia estos dos últimos parámetros se obtiene la fibra bruta.

#### **PROCEDIMIENTO**

- Se pesa 2g de muestra seca y desengrasada y se coloca en el vaso de precipitación cubierto con un vidrio reloj con núcleos de ebullición y 250 mL de ácido sulfúrico 1.25%.
- Se coloca el vaso sobre el reverbero, se sube la parrilla y se calienta hasta ebullición.
- Se mantiene la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- Se retira el vaso de la fuente calórica, se enfría y se filtra al vacío.
- Se lava el vaso y el residuo del papel con 250 mL de agua destilada caliente.
- El residuo se trasvasa cuantitativamente al vaso de precipitación y se añade 250 mL de NaOH 1.25%.
- Se coloca el vaso sobre el reverbero, se sube la parrilla y se calienta hasta ebullición.
- Se mantiene la ebullición por media hora exacta, contados a partir de que empieza a hervir.
- Se retira el vaso del calor, se enfría y se filtra por crisol de Gooch conteniendo una capa de lana de vidrio y previamente tarado.

- Se lava el vaso y el residuo del papel con 250 mL de agua destilada caliente.
- Se lava por último con 15 mL de hexano o etanol.
- Se coloca el crisol de Gooch en la estufa a 105°C durante toda la noche, luego se enfría en desecador y se pesa.
- Se coloca el crisol de Gooch en la mufla a 600°C por media hora, se enfría en desecador y se pesa.

### **CÁLCULOS:**

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

En donde:

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

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

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

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

### **2.3.1.8. Determinación de azúcares totales Método de Fheling (Laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias)**

#### **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 Fheling consiste en tartrato cúprico alcalino y se convierte en óxido cuproso insoluble al calentarse a ebullición con una solución de azúcar reductor.

## AZÚCARES REDUCTORES

### PROCEDIMIENTO

- Se pesa 5g de muestra previamente preparada (desmuestra).
- Se trasvasa en un balón volumétrico de 250mL y se añade 100mL de agua destilada.
- Se adiciona 15mL de solución de Carrez I y 15mL de solución de Carrez II, agitando después de cada adición.
- Se afora a 250mL con agua destilada y se filtra por filtro de pliegues.
- El filtrado se coloca en una bureta de 50mL.
- En un erlenmeyer de 250mL se coloca 5 mL de solución del Fheling A y 5 mL de solución del Fheling B.
- Se mezcla y se añade 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición, se coloca en una fuente calórica y se calienta hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro se empieza a añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeña cantidad de 0.5mL de solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- A 1 minuto y 55segundos de ebullición, se adiciona 3 gotas de solución indicadora de azul de metileno al 1% y se continúa la titulación a ritmo de 0.1mL por segundo hasta color rojo brillante.

### CÁLCULOS

Porcentaje de Azúcares Reductores:

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

Donde:

% AR =Porcentaje de Azúcares Reductores

A =Aforo de la muestra

a =Título de Fheling (10mL se slc. Fehling es igual a 0.05 g glucosa)

W=Peso de la muestra en gramos

V=Volumen gastado en la titulación

## **AZÚCARES TOTALES**

### **PROCEDIMIENTO**

- Se pesa 5g de muestra previamente preparada (desmuestra).
- Se coloca en un balón volumétrico de 250mL y se añade 100mL de agua destilada.
- Se adiciona 5mL de HCl concentrado.
- Se calienta a reflujo 20 minutos.
- Luego se neutraliza con NaOH al 50% hasta pH 7.
- Se afora a 250mL con agua destilada.
- Se filtra y se coloca el filtrado en una bureta de 50mL.
- En un erlenmeyer de 250mL se coloca 5 mL de solución del Fehling A y 5 mL de solución del Fehling B.
- Se mezcla y se añade 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición, se coloca en una fuente calórica y se calienta hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro se empieza a añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeña cantidad de 0.5mL de solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- A 1 minuto y 55 segundos de ebullición se adiciona 3 gotas de solución indicadora de azul de metileno al 1% y se continúa la titulación a ritmo de 0.1mLpo segundo hasta color rojo brillante.

### **Cálculos**

Porcentaje de Azúcares Totales:

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

Donde:

% AT = Porcentaje de Azúcares Totales

A =Aforo de la muestra

F = Título de Fehling (0.05)

W=Peso de la muestra en gramos

V =Volumen de la solución problema gastado en la titulación

## **AZÚCARES NO REDUCTORES**

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

$$\% \text{ ANR} = \% \text{ AT} - \% \text{ AR}$$

### **2.3.1.9. Determinación de antocianos (Método Tesis Control de Calidad Frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por método de microondas a tres potencias)**

Para el análisis de antocianos se empleó el método de espectrofotometría:

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

- Se pesa exactamente posible 10 g de frutilla
- Se tritura cuidadosamente con 50 mL de metanol acidificado 1% y se filtra.
- Se evapora al vacío el filtrado
- Se coloca en una estufa a 60°C por 6 horas.
- Luego se toma 1 mg y aforar a 50 mL
- Se coloca en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

#### **Extracción del principio activo de la frutilla fresca**

- Se pesa exactamente posible 1 g de frutilla
- Se tritura cuidadosamente con metanol acidificado 1% y se filtra.
- Se afora a 50 mL con metanol acidificado 1%.
- Se coloca en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

#### **Extracción del principio activo de la frutilla liofilizada**

- Se pesa exactamente posible 0,1 g de la muestra.
- Se tritura cuidadosamente con metanol acidificado 1% y se filtra.
- Se afora a 50 mL con metanol acidificado 1%.
- Se coloca en vial de vidrio para su lectura en el espectrofotómetro.

#### **Cuantificación de antocianos totales**

$$\text{Concentración de antocianos } (\mu\text{g/g}) = \frac{Ab_{Mx} \times C_{E} \times V_{FD}}{Ab_{E}}$$

Donde:

Ab. M = Absorbancia de la muestra

C.E. = Concentración del Estándar

Ab. E = Absorbancia del estándar

F.D = Factor de Dilución

### **2.3.1.10. Determinación de Vitamina C (Método Tesis Control de Calidad Frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por método de microondas a tres potencias)**

Para determinar Vitamina C se aplicó el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HLC)

#### **Principio**

#### **Condiciones**

**Columna:** C18

**Flujo:** 1mL/min

**Detector:** UV Visible

**Fase móvil:** H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0.05 M

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

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

#### **Extracción del principio activo de la frutilla fresca**

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

#### **Extracción del principio activo de la frutilla liofilizada**

- Se pesa exactamente posible 1 g de la muestra.
- Se afora a 25 mL con ácido fosfórico 0,05 M grado HPLC.
- Se filtra el sobrenadante con acrodiscos de membrana.



- Se coloca en vial de vidrio para su inyección.

### **Cuantificación de Vitamina C**

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

Donde:

A. M = Área de la muestra

C.E. = Concentración del Estándar

A. E = Área del estándar

F.D = Factor de Dilución

#### **2.3.1.11. Determinación de Hongos. (Mohos y Levaduras) (Anexo No 7)**

Para determinar hongos en las frutillas liofilizadas se utilizo la NTE INEN 1529-10.

#### **2.3.1.12. Determinación histológica de la frutilla fresca y liofilizada (Laboratorio de Patología SOLCA Riobamba, Asesor Dr. Xavier Robles)**

- Colocar la muestra en parafina
- Realizar los bloques
- Realizar el corte histológico
- Colorear la placa ( hematoxilina eosina)
- Observar en el microscopio

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL

Para la evaluación sensorial tanto de la frutilla fresca como de la liofilizada, se utilizó los órganos de los sentidos: olfato, vista, gusto, contribuyendo al control del producto inicial y terminal. Como se observa en el Cuadro No 1, las características sensoriales tanto en la frutilla fresca y la frutilla liofilizada, varían en una mínima cantidad ya que, el color y olor se intensifican un poco y el sabor ácido disminuye ostensiblemente. Lo que concuerda con lo manifestado por VITERI, CORNEJO. (2005) en su investigación donde indica que la liofilización evita el arrastre de ácidos aromáticos del alimento. Por lo cual el sabor y el olor no solo permanecen intactos sino que se concentran. (37)

**CUADRO No 1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA FRUTILLA FRESCA Y FRUTILLA LIOFILIZADA**

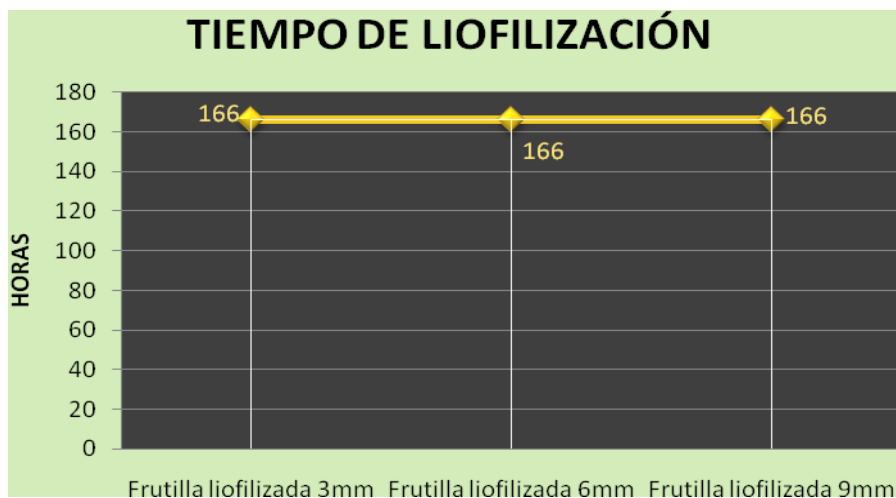
<b>CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS</b>	<b>FRUTILLA FRESCA</b>	<b>FRUTILLA LIOFILIZADA</b>
Color	Rojo brillante	Rojo intenso
Olor	Frutal	Frutal intenso
Sabor	Ácido	Ligeramente Ácido

En el proceso de liofilización se utilizó un liofilizador Thermo Fisher Scientific modelo Micromodulyo-115, con capacidad de 1.5 kg, su condensador trabaja a una temperatura de -50 °C y a una presión de  $10^{-2}$  mBar. (Anexo No 1)

### 3.2. ANÁLISIS DEL TIEMPO DE LIOFILIZACIÓN.

El tiempo de liofilización para las tres dimensiones de la frutilla (3mm, 6mm, 9mm) fue el mismo (Gráfico No 1), ya que las tres muestras lograron su deshidratación casi total, después de 166 horas (8días). Esto contradice los resultados obtenidos por Amores D, (trabajo aún no publicado) que indican que hay una relación directa entre el tiempo de liofilización y el espesor de las rodajas de mora.

La razón de esto se explicaría, por el cambio de equipo que se tuvo que hacer, al trabajar con un nuevo liofilizador en el INIAP (LABCONCO FREEZE DRY SYSTEM / FREEZONE 4.5, a  $-40^{\circ}\text{C}$  de temperatura y  $10^{-3}\text{mBar}$  de presión) (Anexo No 5) en el que se introdujeron en una sola vez las tres muestras de frutilla. Lo que impidió establecer los tiempos individuales de liofilización.



**GRAFICO No 1. DETERMINACION DEL TIEMPO DE LIOFILIZACIÓN DE ACUERDO A LA DIMENSION DE LAS FRUTILLAS LIOFILIZADAS**

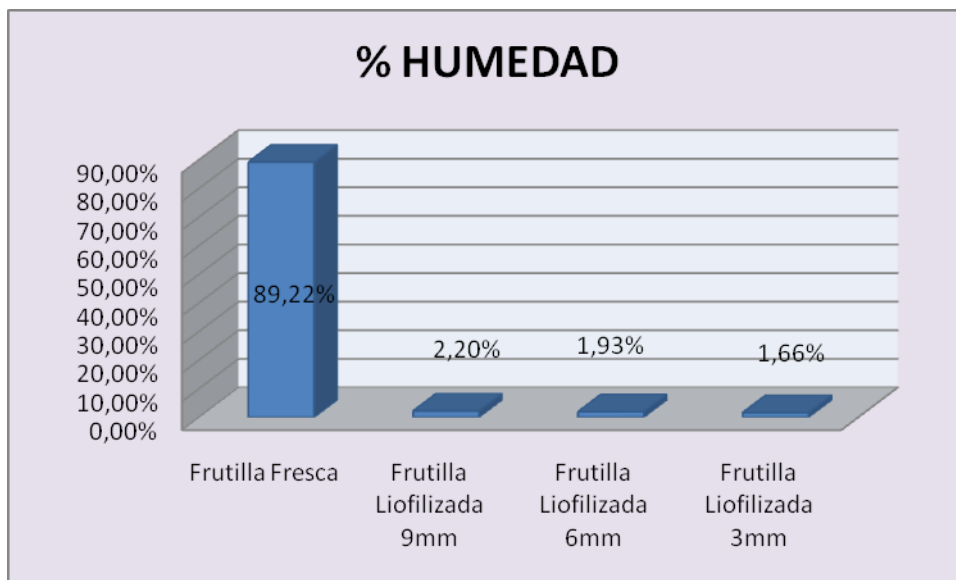
### 3.3. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA FRUTILLA LIOFILIZADA

Debido a que la humedad es un factor esencial en el valor nutritivo de los alimentos, ya que concentra o diluye la cantidad de compuestos presentes en el mismo; así como

determinante en su estabilidad, en este trabajo de investigación fue un parámetro que se analizó en las muestras de frutilla liofilizada. (Cuadro No 2).

**CUADRO No 2 VALORES DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS FRUTILLAS DE DIFERENTES DIMENSIONES.**

	<b>Frutilla Fresca</b>	<b>Frutilla Liofilizada 9mm</b>	<b>Frutilla Liofilizada 6mm</b>	<b>Frutilla Liofilizada 3mm</b>
<b>%H 1</b>	89,190	2,040	1,760	1,880
<b>% H 2</b>	89,250	2,360	2,090	1,440
<b>Media</b>	89,220	2,200	1,925	1,660
<b>Desvest</b>	0,042	0,226	0,233	0,311



**GRÁFICO No 2. PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LAS FRUTILLAS LIOFILIZADAS**

En el Gráfico No 2 podemos observar que los resultados demostraron que existe una relación entre el espesor de la frutilla con el % Humedad, ya que, a menor espesor menor porcentaje de humedad. Esto concuerda con lo que dice PINO (2003), que el espesor es importante: mientras más delgado, hay menor resistencia para que el flujo de calor y masa pase a través de la muestra para eliminar el agua presente, por lo cual los alimentos de menor espesor permiten que se elimine la mayor cantidad de agua posible.

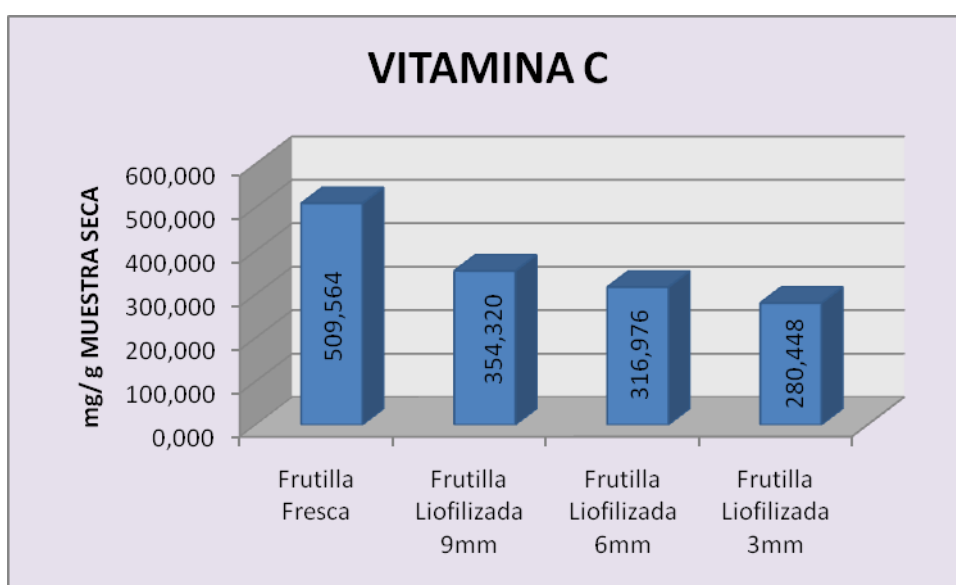
### 3.4. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES, VITAMINA C Y ANTOCIANOS EN LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE DIFERENTE DIMENSIÓN

#### 3.4.1. VITAMINA C, EN FRUTILLAS LIOFILIZADAS DE DIFERENTE DIMENSIÓN.

La vitamina C presente en los alimentos, ayuda a elevar su valor nutricional, la mayor fuente de ésta vitamina son las frutas, entre ellas la frutilla, debido a lo cual es de mucha importancia su análisis en las frutillas liofilizadas. (Cuadro No 3)

**CUADRO No 3. VALORES DE VITAMINA C (mg/100g) MUESTRA BASE SECA**

	Frutilla Fresca	Frutilla Liofilizada 9mm		Frutilla Liofilizada 6mm		Frutilla Liofilizada 3mm	
	mg/g MS	mg/g MS	% de pérdida	mg/g MS	% de pérdida	mg/g MS	% de pérdida
<b>Muestra 1</b>	509,571	359,320	29.41%	318,871	37.4%	280,758	44.84%
<b>Muestra 2</b>	509,558	349,320	31.37%	315,082	38.01%	280,138	44.96%
<b>Media</b>	509,564	354,320	30.39%	316,976	37.72%	280,448	44.90%
<b>Desvest</b>	0,009	7,071		2,679		0,439	



**GRÁFICO No 3. CONTENIDO DE VITAMINA C, EN LA FRUTILLA FRESCA Y LIOFILIZADA DE DIFERENTES DIMENSIONES**

La cantidad de vitamina C varía entre la frutilla fresca y liofilizada, ya que es un compuesto que varía en función de condiciones como: pH, temperatura, luz, oxígeno. La pérdida de vitamina C es menor en la liofilización que en otros métodos, así se ratifica lo que RAMIREZ (2006), cuando expone que una de las ventajas de la liofilización es la retención de los nutrientes en gran porcentaje.

En la frutilla liofilizada de diferentes dimensiones, el contenido de vitamina C cambia, la de 9mm tiene mayor contenido de vitamina C, ya que por ser la de mayor espesor, la degradación se da únicamente en la superficie. Y concuerda con lo dicho por BADUI (2006), la estabilidad de las vitaminas está influida por la actividad de agua de los alimentos de baja humedad, en los productos muy secos no existe agua que actúe como filtro y la oxidación se produce fácilmente.

### 3.4.1.1. Análisis ADEVA para los datos de vitamina C

A través del análisis de varianza ADEVA, probaremos la hipótesis de que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias, de Vitamina C, presentes en la frutilla deshidratada por liofilización, el análisis se realizó con dos muestras a 9mm, 6mm, y 3mm de espesor respectivamente.

#### Planteamiento de hipótesis de acuerdo al estudio ADEVA

**Hipótesis Nula:** Las medias de Vitamina C de las frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm de espesor son iguales

**Hipótesis Alternativa:** Las medias de Vitamina C de las frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm son diferentes entre sí.

**CUADRO No 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA CANTIDAD DE VITAMINA C EN LA FRUTILLA FRESCA Y LIOFILIZADA A TRES DIMENSIONES**

Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F calculado	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	60935,456	3	20311,819	<b>1416,202</b>	1,66E-06	<b>6,591</b>
Dentro de los grupos	57,370	4	14,342			
Total	60992,826	7				

Para establecer la regla de decisión se necesita del valor crítico, el mismo que se obtiene de la Tabla F para el nivel de significancia de 0.05 con 3 grados de libertad en el numerador y 4 grados de libertad en el denominador. El valor crítico con las condiciones dadas, en la Tabla F, es 6.591. (Cuadro No 4)

La Regla de Decisión es rechazar la Hipótesis Nula, si el valor calculado de F es mayor que el valor crítico 6.591. Como  $(1416.202 > 6,591)$ , podemos concluir rechazando la hipótesis nula y aceptando nuestra hipótesis alternativa, es decir que la media de vitamina C en frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm de espesor son estadísticamente, diferentes entre sí.

### 3.4.1.2. Análisis de Tukey para el contenido de Vitamina C

El test de Tukey se aplica para realizar diversas comparaciones entre las muestras, y determinar si existe diferencias significativas entre las mismas.

**CUADRO No 5 MÚLTIPLES COMPARACIONES EN EL TEST DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE VITAMINA C EN LA FRUTILLA LIOFILIZADA**

TUKEY HSD

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Mean	Std. Error	Sig.
		Difference (I-J)		
Frutilla Liofilizada 9mm	Frutilla Liofilizada 6mm	37.343500*	4.373041	.007
	Frutilla Liofilizada 3mm	73.872000*	4.373041	.001
Frutilla Liofilizada 6mm	Frutilla Liofilizada 9mm	-37.343500*	4.373041	.007
	Frutilla Liofilizada 3mm	36.528500*	4.373041	.007
Frutilla Liofilizada 3mm	Frutilla Liofilizada 9mm	-73.872000*	4.373041	.001
	Frutilla Liofilizada 6mm	-36.528500*	4.373041	.007

**CUADRO No 6 PRUEBA DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE VITAMINA C EN LAS MUESTRAS LIOFILIZADAS DE DIMENSIONES DIFERENTES**

Tukey HSD

Tratamiento	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Frutilla Liofilizada 3mm	2	280.44800		
Frutilla Liofilizada 6mm	2		316.97650	
Frutilla Liofilizada 9mm	2			354.32000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Se usan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos  
a Utiliza el tamaño muestral de la media armónica = 2

De acuerdo al test de Tukey, podemos corroborar a lo analizado anteriormente en ANOVA, observamos en el Cuadro No 5 que existe pequeñas diferencias entre las muestras analizadas, el Cuadro No 6 nos indica que existe diferencia significativa entre las tres muestras, debido a que cada muestra forma un subconjunto diferente, y los datos no se superponen. Pero por el contenido de vitamina C en muestra seca la elegida será la de 9mm que contiene 354.32 mg/g

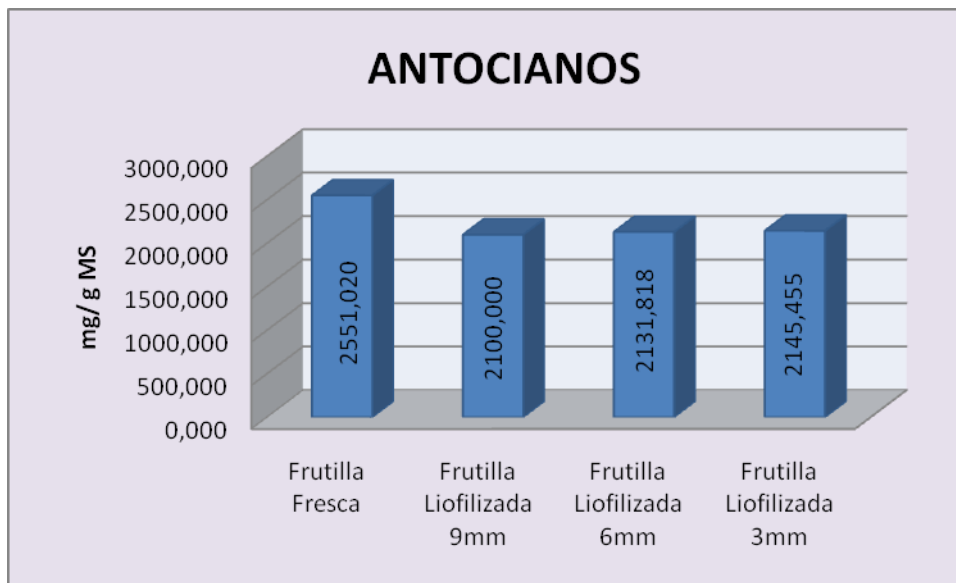
### 3.4.2. ANTOCIANOS EN FRUTILLA LIOFILIZADA DE DIFERENTE DIMENSIÓN.

Las antocianinas son importantes en los alimentos, ya que, no son únicamente pigmentos que brindan coloración, sino también son compuestos que poseen propiedades nutraceuticas (antioxidantes), por lo cual es de vital importancia que no se degraden y sean conservados en la mayor cantidad posible.

**CUADRO No 7 VALORES DE ANTOCIANOS EN (mg/100g) MUESTRA BASE SECA**

	Frutilla Fresca	Frutilla Liofilizada 9mm	Frutilla Liofilizada 6mm		Frutilla Liofilizada 3mm		
	mg/g MS	mg/g MS	% de pérdida	mg/g MS	% de pérdida	mg/g MS	% de pérdida
<b>Muestra 1</b>	2529,938	2104,545	15.65%	2127,27	14.98%	2150,000	14.29%
<b>Muestra 2</b>	2572,103	2095,455	16.01%	2136,36	14.61%	2140,909	14.66%
<b>Media</b>	2551,020	2100,000	15.83%	2131,81	14.8%	2145,455	14.48%
<b>Desvest</b>	29,816	6,428		6,428		6,428	





**GRAFICO No 4 RELACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANOS EN LA FRUTILLA FRESCA Y LIOFILIZADA DE DIFERENTE DIMENSIÓN.**

El Gráfico No 4, nos indica que el valor de antocianos varía, notamos que la frutilla fresca tiene 2551,020 mg/g muestra seca y la frutilla liofilizada queda con su contenido mayor de 2145mg/g. Las antocianinas se degradan por efecto de: pH, temperatura oxígeno, Fe, Cu, es por esto que disminuye su concentración en la fruta liofilizada con respecto a la fruta fresca.

#### **3.4.2.1. Análisis de ADEVA para los datos de antocianos**

A través del análisis de varianza ADEVA, probaremos la hipótesis de que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias, antocianos, presentes en la frutilla deshidratada por liofilización, el análisis se realizó con dos muestras a 9mm, 6mm, y 3mm de espesor respectivamente.

#### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.**

**Hipótesis Nula:** Las medias de antocianos de las frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm de espesor son iguales

**Hipótesis alternativa:** Las medias de antocianos de las frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm son diferentes entre sí

**CUADRO No 8 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA CANTIDAD DE VITAMINA C EN LAS FRUTILLAS FRESCA Y LIOFILIZADA A TRES DIMENSIONES**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	273449,023	3	91149,6745	359,94	2,5507E-05	6,59
Dentro de los grupos	1012,93697	4	253,234244			
Total	274461,96	7				

Para establecer la regla de decisión se necesita del valor crítico, el mismo que se obtiene de la Tabla F para el nivel de significancia de 0.05 con 3 grados de libertad en el numerador y 4 grados de libertad en el denominador. El valor crítico con las condiciones dadas, en la Tabla F, es 6.591. (Cuadro No 6)

La Regla de Decisión es rechazar la Hipótesis Nula, si el valor calculado de F es mayor que el valor crítico 6.591. Como  $(359.94 > 6.591)$ , podemos concluir rechazando la hipótesis nula y aceptando nuestra hipótesis alternativa, es decir que la media de antocianos en frutillas liofilizadas a 9mm, 6mm y 3mm son estadísticamente, diferentes entre sí.

### 3.4.2.2. Análisis de Tukey para el contenido de antocianos

El test de Tukey se aplica para realizar diversas comparaciones entre las muestras, y determinar si existe diferencias significativas entre las mismas.

**CUADRO No 9. MULTIPLES COMPARACIONES DEL ANÁLISIS DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS ENTRE LA FRUTILLA LIOFILIZADA**

Tukey HSD

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.
Frutilla Liofilizada 9mm	Frutilla Liofilizada 6mm	-31.818500*	6.428072	.032
	Frutilla Liofilizada 3mm	-45.454500*	6.428072	.012
Frutilla Liofilizada 6mm	Frutilla Liofilizada 9mm	31.818500*	6.428072	.032
	Frutilla Liofilizada 3mm	-13.636000	6.428072	.233
Frutilla Liofilizada 3mm	Frutilla Liofilizada 9mm	45.454500*	6.428072	.012
	Frutilla Liofilizada 6mm	13.636000	6.428072	.233

**CUADRO No 10 PRUEBA DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE ANTOCIANOS EN LAS MUESTRAS LIOFILIZADAS DE DIMENSIONES DIFERENTES**

Tukey HSD

Tratamiento	Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2
Frutilla Liofilizada 9mm	2	2100.00000	
Frutilla Liofilizada 6mm	2		2131.81850
Frutilla Liofilizada 3mm	2		2145.45450
Sig.		1.000	.233

Se usas las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos  
a Utiliza el tamaño muestral de la media armónica = 2

De acuerdo al test de Tukey, podemos corroborar a lo analizado anteriormente en ANOVA, observamos en el Cuadro No 9 que existe pequeñas diferencias entre las muestras analizadas, el Cuadro No 10 nos indica que existe diferencia significativa entre la frutilla liofilizada de 9mm y las otras dos muestras, debido a que cada muestra forma un subconjunto diferente, y entre la de 6mm y 3mm existe una pequeña diferencia. Pero por el contenido de antocianos en muestra seca la elegida será la de 3mm que contiene 2145.455 mg/g

### 3.5. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA FRUTILLA FRESCA Y DE LA FRUTILLA LIOFILIZADA

La frutilla fresca es de gran importancia en la alimentación debido a la existencia de componentes que ayudan a la nutrición y salud de los individuos. Al ser sometida a un proceso de liofilización, su composición varía, lo cual indica que, su análisis es importante para conocer los cambios dados entre las muestras de diferente dimensión.

**CUADRO No 11 DATOS DEL ANÁLISIS DE LA FRUTILLA FRESCA Y FRUTILLA LIOFILIZADA DE DIFERENTE DIMENSIÓN. (BASE SECA)**

DETERMINACIONES	FRUTILLA FRESCA	FRUTILLA LIOFILIZADA	FRUTILLA LIOFILIZADA	FRUTILLA LIOFILIZADA
		9mm	6mm	3mm
<b>Humedad %</b>	89,22	2,2	1,92	1,66
<b>Cenizas%</b>	4,54	3.88	4.013	4.37
<b>Proteína %</b>	7.41	6.44	6.49	6.71
<b>Fibra %</b>	11.12	10,66	10,47	10,67
<b>Azúcares % Totales</b>	135.87	65,56	70,80	74.76
<b>Azúcares Reductores %</b>	92.65	43.92	47.21	48.89
<b>Azúcares No Reductores %</b>	49.19	22.65	23.59	25.88
<b>pH</b>	4.02	5,9	6,3	6,55

Según los datos obtenidos (Cuadro No 11) podemos encontrar diferencias en los valores de la frutilla liofilizada, Esto se debe a la relación que existe entre el %Humedad y el espesor, puesto que a menor espesor menor porcentaje de agua, por lo tanto mayor concentración de nutrientes. La pérdida de agua en las frutillas de 3mm, 6mm, y 9mm, es de 98.14%, 97.84%, 97.53%, respectivamente. Contribuyendo a lo que manifiesta RAMIREZ (2006), cuando dice que para un investigador liofilizar es extraer más del 95% de agua, y que el método de liofilización es un método que concentra en mayor porcentaje los nutrientes, ayudando a que los productos sean más estables ya que no presentan reacciones de deterioro, y evitando la proliferación de microorganismos. (17)

### 3.6. COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS VALORES DE LA FRUTILLA DESHIDRATADA POR MÉTODO DE MICROONDAS Y LIOFILIZACIÓN.

Para comparar estadísticamente la composición de la frutilla deshidratada por microondas con la deshidratada al vacío o liofilización, aplicamos el test estadístico t student, para una prueba de medias con una media dada. Esta prueba tienen como fin comprobar que la media muestral (en este caso se refiere a los datos obtenidos de la liofilización de la frutilla), se diferencia de la media poblacional dada (datos de la frutilla deshidratada por microondas propuesta en bibliografía). Los datos se encuentran expresados en base seca

Con los datos Cuadro No 12 y aplicando el test mencionado, decidiremos si se acepta o se rechazan las hipótesis.

**CUADRO No 12 VALORES OBTENIDOS EN LA FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA (3mm)**

DETERMINACIONES	Frutilla Fresca	Frut Desh por Microondas	Frutilla Liofilizada 3mm	Desvest	TC	t
Humedad %	89,22	12,12	1,66	0,311	-47,545	2,950
Ceniza%	4,54	4,14	4.37	0,099	3,286	
Proteína %	7.41	5,69	6.71	0,163	26,478	
Fibra %	11,12	9,49	10,67	0,042	39,333	
Azucares Totales%	135.87	70,04	74.76	0,905	7,375	
Azucares Reductores	92.65	47,87	48.89	0,467	3,091	
Azucares No Reductores	49.19	24,17	25.88	0,410	5,897	
pH	4.02	5,6	6,55	0,212	6,333	

Debemos tener claro que las reglas de aceptación o rechazo de una hipótesis se basa en el t crítico y el t calculado entonces: una hipótesis se rechaza cuando el valor del t calculado es mayor que el valor del t crítico

## **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

### **Hipótesis nula:**

Los porcentajes de los nutrientes en la frutilla deshidratada en microondas son  $\geq$  que los porcentajes de los nutrientes de las deshidratadas por liofilización.

### **Hipótesis alternativa**

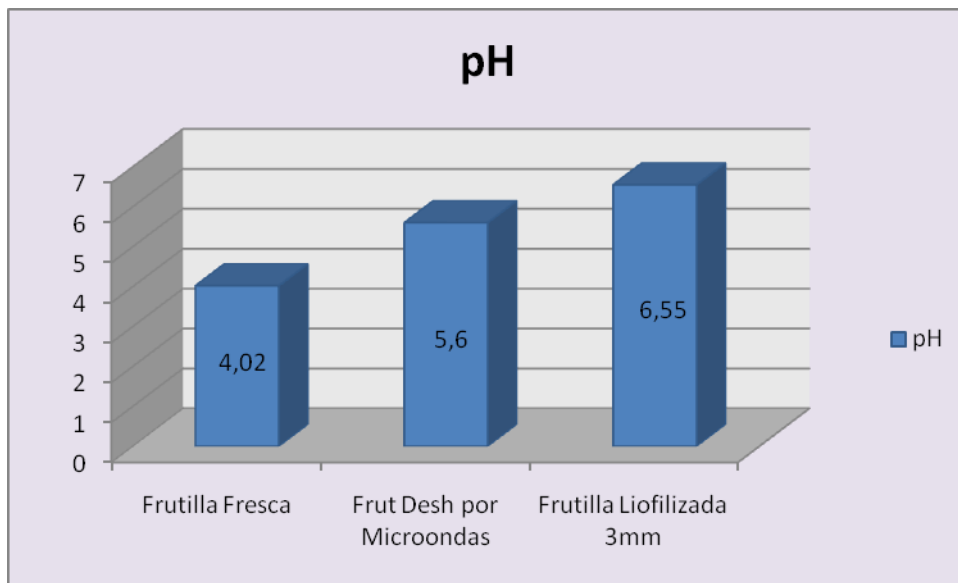
Los porcentajes de los nutrientes en la frutilla deshidratada por liofilización son  $\leq$  que los porcentajes de los nutrientes de las deshidratadas en microondas.

### **Decisión:**

Rechazamos la hipótesis nula ya que el t calculado es mayor que el t crítico, y aceptamos la hipótesis alternativa, esto nos indica que el método de liofilización es mucho mejor que el método de deshidratación por microondas, debido a que concentra mejor los nutrientes en los alimentos, brindándole mejor calidad.

### 3.6.1. DETERMINACIÓN DE pH

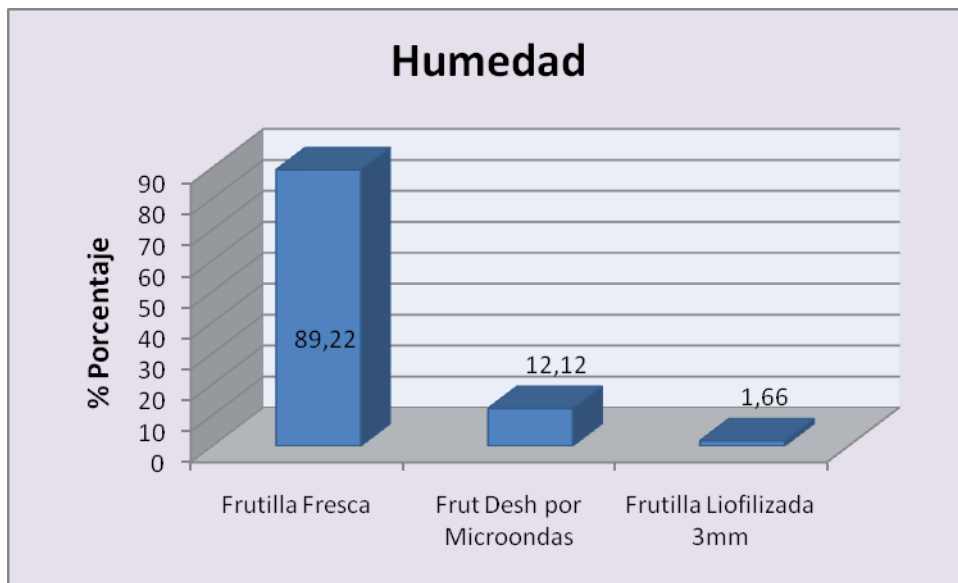
El valor del pH de la frutilla fresca según el Gráfico No 5 es de 4.02, según bibliografía el valor de la frutilla deshidratada por el método de microondas el pH aumenta a 5.6, la frutilla liofilizada tiene un pH de 6,55. Por lo tanto el proceso de liofilización disminuye más la acidez, debido a que las moléculas de ácidos se esterifican y forman sales.



**GRÁFICO No 5. RELACION DE pH ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LIOFILIZADA DE 3mm.**

### 3.6.2. DETERMINACION DE HUMEDAD.

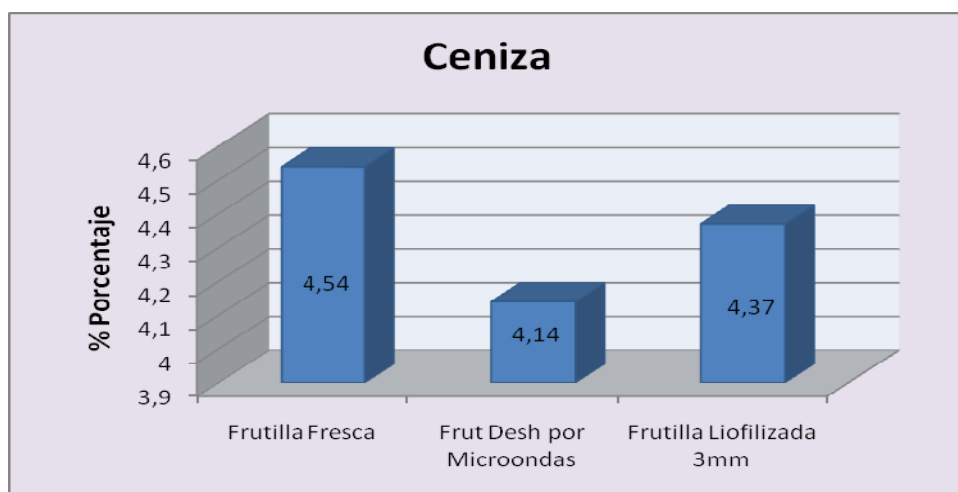
El Gráfico No 6 nos indica que el porcentaje de humedad disminuye notablemente entre la frutilla deshidratada en microondas y liofilización, esto se debe a que el método de liofilización es más efectivo ya que, mediante la sublimación del agua retira la mayor cantidad de la misma, permitiendo que los alimentos sean más estables para su conservación evitando el crecimiento de microorganismos. Esto concuerda con lo dicho por CEBALLOS (2008) que se obtienen menores valores de humedad en los polvos liofilizados que en los polvos deshidratados por otros métodos. (31)



**GRAFICO No 6 RELACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**

### 3.6.3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

El Gráfico No 7 indica que el mayor porcentaje de cenizas tiene la frutilla fresca 4.54%, la deshidratada en microondas tiene el menor porcentaje 4.14% de cenizas, y la liofilizada de 3mm de espesor tiene un valor medio de 4.37%. Esto se debe a que al haber perdido la mayor cantidad de agua la frutilla liofilizada, los minerales se concentren en mayor porcentaje.

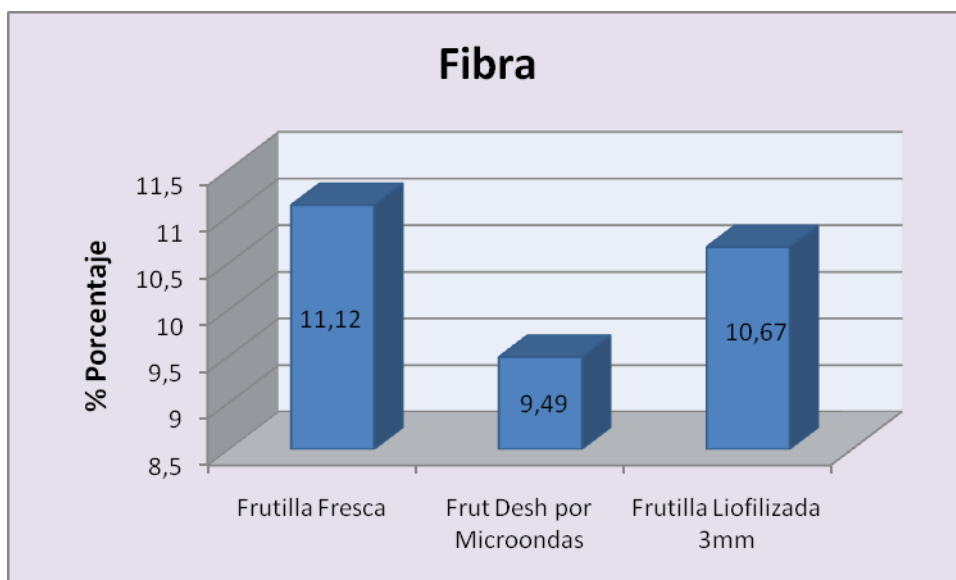


**GRÁFICO No 7 RELACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**



### 3.6.4. DETERMINACIÓN DE FIBRA

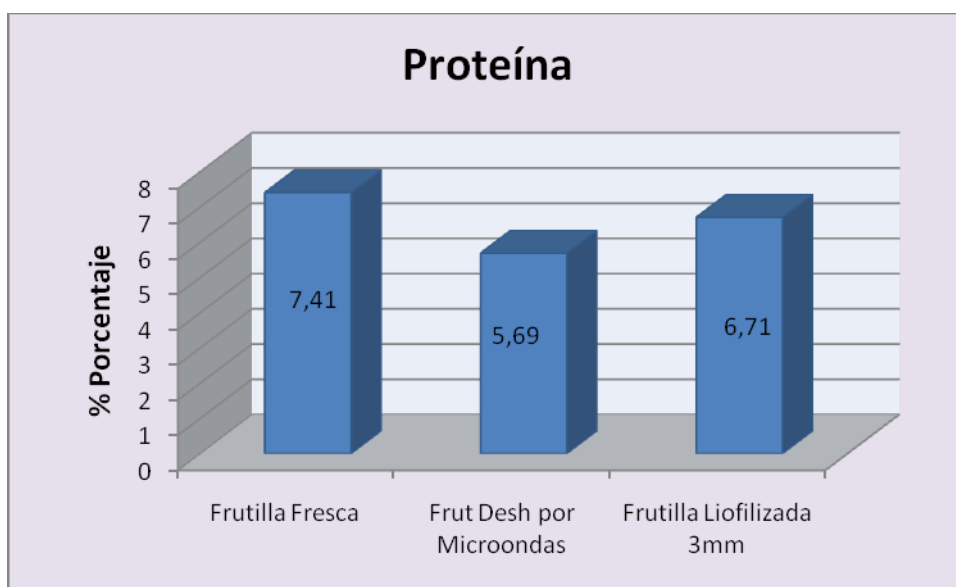
Como observamos en el Gráfico No 8 la fibra en las frutilla fresca es de 11.12%, en la frutilla deshidratada en microondas es de 9.49%, en la liofilizada es de 10.67% siendo ésta la que posee una concentración más alta. La frutilla es una fruta que posee pequeñas semillas, al eliminarse el agua libre en la liofilización, se concentran más y migran hacia la superficie, razón por la cual existe mayor cantidad de fibra en este proceso.



**GRÁFICO No 8 RELACION DEL PORCENTAJE DE FIBRA ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**

### 3.6.5. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

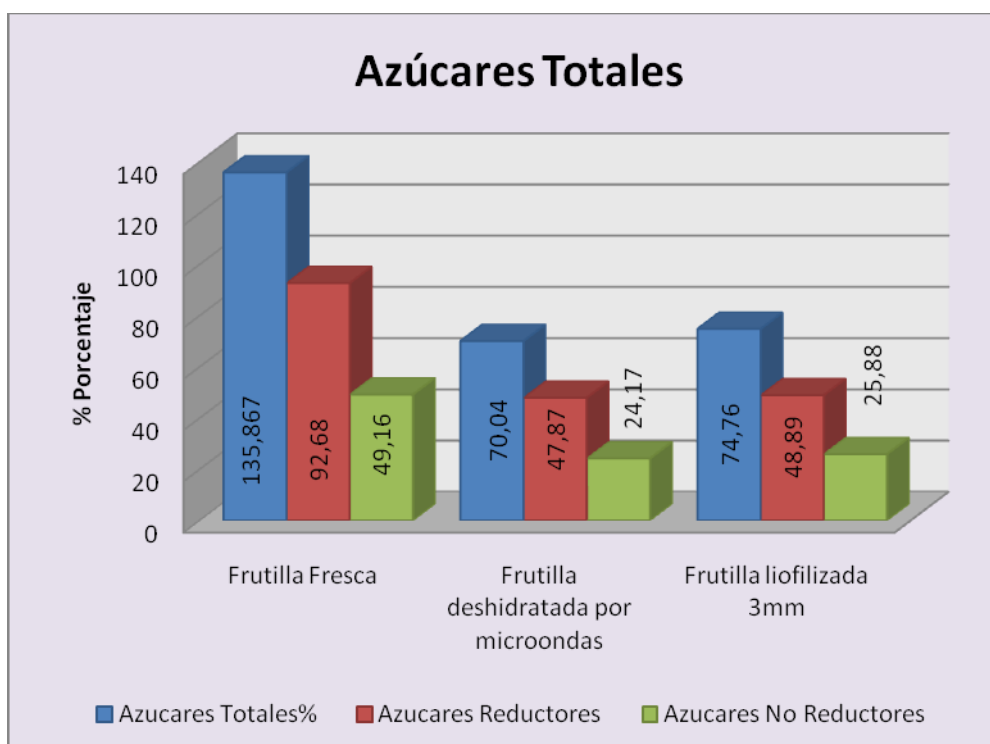
En el Gráfico No 9 podemos observar que el porcentaje de proteína es mayor en la frutilla liofilizada pues tiene el 6.71%, la deshidratada en microondas tiene el 5.69%, y la fresca posee el 7.41% de proteína. La proteína aumenta en la liofilización mucho más que en la deshidratación de microondas, debido a que los solutos se concentran más por la presencia de menor cantidad de agua.



**GRÁFICO No 9 RELACION DEL PORCENTAJE DE PROTEÍNA ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**

### 3.6.6. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

El Gráfico No 10 nos indica que los azúcares de la frutilla fresca es de 135,867%, en la frutilla deshidratada en microondas aumentó al 70.04%, y en el proceso de liofilización la frutilla tiene un porcentaje de 74.76%, siendo un incremento notable. La razón por la cual existe un mayor porcentaje en la frutilla liofilizada de 3mm es porque, los azúcares son compuestos solubles en agua, los mismos que al disminuir el porcentaje de agua, se concentran en la superficie de la fruta. Los resultados son similares a los de MARULANDA (2002) en los que manifiesta que la liofilización a pesar de ser un tratamiento térmico suave de gran conservación de aromas, ocasiona un incremento en el dulzor de la pulpa reconstituida, posiblemente por la migración de los ácidos con el agua sublimada, los cuales más volátiles que los azúcares y enmascaran éstos en la pulpa sin liofilizar. (33)

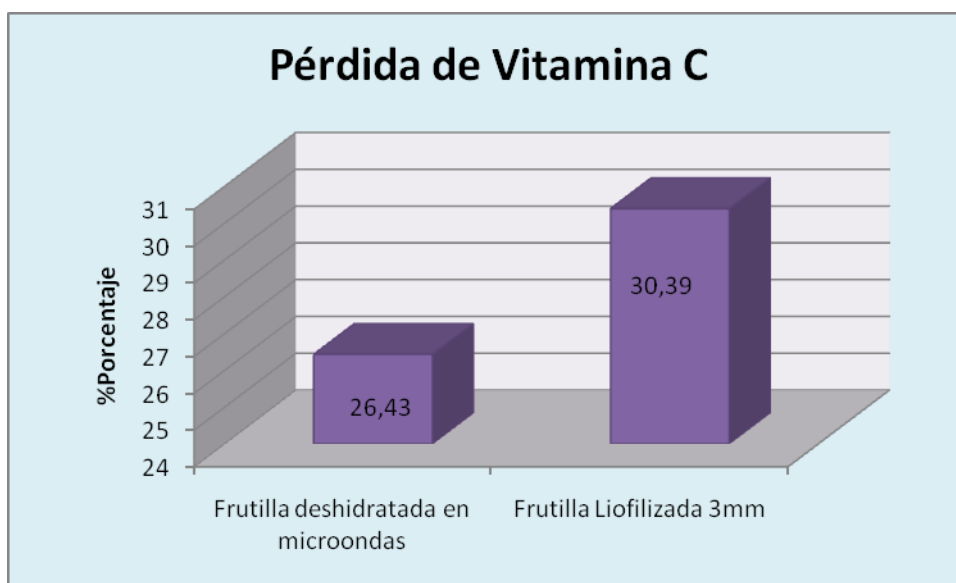


**GRÁFICO No 10 RELACION DEL PORCENTAJE DE AZÚCARES ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**

### 3.6.7. DETERMINACIÓN DE VITAMINA C

El Gráfico No 11 indica que el porcentaje de pérdida de Vitamina C la frutilla deshidratada por microondas es del 24.43%, mientras que la frutilla liofilizada el porcentaje de pérdida de Vitamina C es del 30.45%.

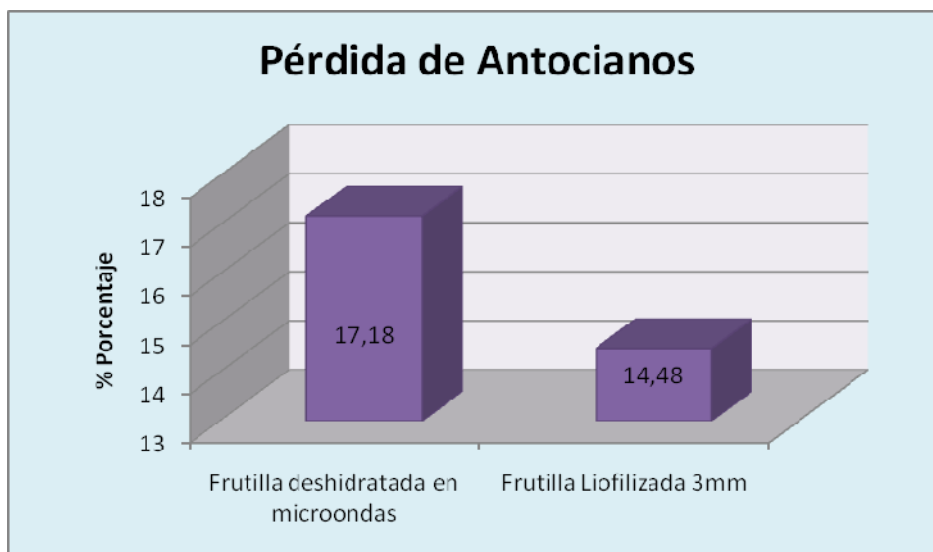
Esto contradice a lo dicho por CASTAÑEDA (2010) donde nos indica que la liofilización reduce la pérdida de vitamina C menos que en otros métodos; y a CEBALLOS (2008) quien nos dice que mayor retención de vitamina C existe cuando se seca a bajas temperaturas. Esto puede deberse a que la frutilla liofilizada durante su proceso estuvo expuesto a los factores degradativos de ésta vitamina como es la luz, oxígeno BADUI (2006). (2)(21)(31)



**GRÁFICO No 11 RELACION DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE VITAMINA C, ENTRE FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA**

### 3.6.8. DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS

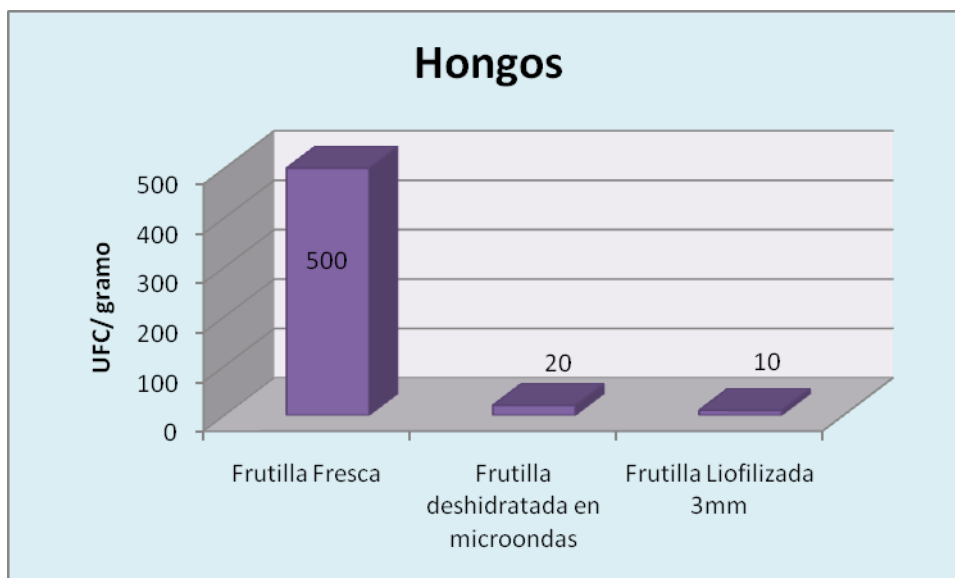
Observamos en el Gráfico No 12, que el porcentaje de pérdida de antocianos es mayor en la frutilla deshidratada por microondas que en la liofilizada. Las antocianinas son compuestos solubles en agua y al disminuir el porcentaje de %H estos se concentran. Según FENNEMA, O. 2000, los azúcares a altas concentraciones, como ocurre en las conservas de frutas, estabilizan las antocianinas. Este efecto se cree que es debido a la disminución de la actividad del agua. (8). En la frutilla liofilizada aumenta la cantidad de azúcares por lo cual estaría estabilizando las antocianinas.



**GRÁFICO No 12 RELACION DEL PORCENTAJE DE ANTOCIANOS, ENTRE LA FRUTILLA DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LA FRUTILLA LIOFILIZADA DE 3mm**

### 3.6.9. DETERMINACIÓN DE HONGOS

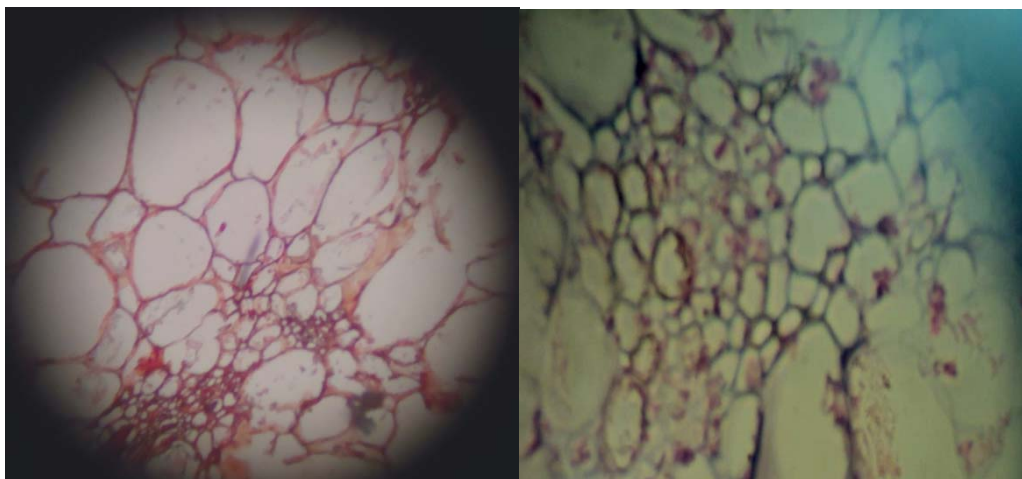
Los resultados del Gráfico No 13 nos demuestran que en el proceso de liofilización existen menos cantidad de hongos, esto se debe a que las frutillas son más estables por la disminución de contenido de agua,  $a_w$ , y por el cambio de pH que no favorece a su desarrollo



**GRÁFICO No 13 RELACIÓN DEL CONTENIDOS DE MOHOS Y LEVADURAS ENTRE LA FRUTILLA FRESCA, DESHIDRATADA EN MICROONDAS Y LIOFILIZADA.**

### 3.7. ANÁLISIS HISTOLÓGICO DE LA FRUTILLA FRESCA Y LIOFILIZADA

Con el fin de comparar la estructura celular de la frutilla fresca y liofilizada, se realizó un corte histológico.



**FIGURA No 9 CORTE HISTOLÓGICO DE LA FRUTILLA FRESCA Y FRUTILLA LIOFILIZADA**

De acuerdo a la Figura No 9 se observa un corte histológico de frutilla fresca y frutilla liofilizada respectivamente, donde se observa claramente que las estructuras mantienen su forma y están bien compactadas y en orden. En ambos casos, se observa un conjunto de células epidérmicas, al microscopio se nota la presencia de estromas y tejido conectivo.

La pared celular en la frutilla liofilizada se nota delgada con respecto a la fresca lo cual puede ser por la presión que se aplica para el proceso de deshidratación.

Por lo tanto existe gran similitud entre la frutilla fresca y la frutilla liofilizada en cuanto a su forma celular y apariencia, es decir, tiene una buena arquitectura.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES

1. La frutilla ( *Fragaria vesca* ) fue deshidratada aplicando el método de liofilización, a través del cual los nutrientes se concentraron, debido a la disminución del porcentaje de agua, manteniendo su estabilidad, evitando factores que provoquen deterioro, contribuyendo de ésta manera a que la frutilla sea de muy buena calidad, y pueda ser aceptada por el consumidor final, por su aporte nutritivo y nutracéutico.
2. La liofilización es mejor mientras menor sea el espesor de la fruta, obteniéndose mejores resultados a 3mm, puesto, que es más fácil la eliminación de la humedad.
3. Se realizó el análisis sensorial de la frutilla liofilizada, comparándola con la frutilla fresca, y se determina que la liofilización no solo mantiene las características sensoriales de los alimentos sino que las intensifica.
4. Después de haber realizado el análisis nutricional, podemos corroborar con lo expuesto por otras investigaciones, diciendo que la frutilla deshidratada por liofilización, conserva el VN de la fruta, la mayor cantidad de sus componentes se concentran, dándole valor agregado en calidad e inocuidad.
5. Los indicadores vitamina C y antocianos, fueron analizados para determinar la eficiencia del proceso y establecer el valor nutraceutico de la frutilla liofilizada, éstos al ser compuestos fácilmente degradables por varios factores entre ellos: luz, pH, oxígeno, temperatura; disminuyen en bajo porcentaje en comparación con los valores de la frutilla fresca.

6. Debido a la eliminación del agua libre del alimento se minimiza la aparición de hongos y levaduras en la frutilla, de 500UFC/ gramos de la frutilla fresca a 10 UFC/gramos de la frutilla liofilizada. Ratificando así la estabilidad de la frutilla liofilizada.
  
7. Se realizó un análisis estadístico de la frutilla liofilizada con los datos obtenidos de bibliografía de la frutilla deshidratada en microondas, mediante el t student, y comprobamos que existe mayor concentración de nutrientes en la liofilización. Después del estudio realizado, podemos concluir este trabajo de investigación diciendo que, la liofilización es un buen método de conservación de alimentos, que mejora la calidad de los mismos, y mediante el cual podemos aportar más a la nutrición de los consumidores, evitando el uso de aditivos



## CAPÍTULO V

### 5. RECOMENDACIONES

1. Para poder elegir de mejor manera los parámetros óptimos de liofilización en cuanto al tiempo es recomendable trabajar en un solo liofilizador, ya que las muestras no se procesan de la manera requerida.
2. La vitamina C se degrada fácilmente a la luz, por lo cual, se debería buscar la manera de mantener a la muestra en proceso de liofilización fuera de éste factor, para que se pueda ratificar que en el método de liofilización la pérdida de vitamina C es menor que en otros métodos de deshidratación.
3. Para un mejor resultado de la liofilización se recomienda que, la congelación de la muestra se realice extendiéndola en papel aluminio y no directamente en los frascos contenedores del liofilizador, ya que al encontrarse aglutinados evita que el vacío actúe fácilmente, demorando así el proceso.
4. Se recomienda realizar un estudio de rehidratación de la frutilla liofilizada, para conocer si ésta mantiene los valores de sus componentes, y si su valor nutritivo y nutracéutico sigue siendo igual al de la fruta fresca.
5. Las frutillas son fuente de flavonoides entre ellas las antocianinas, las mismas que poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, se recomienda que se realice un estudio farmacológico de la frutilla liofilizada para que pueda ser expuesta de mejor manera en el área médica.

## CAPÍTULO VI

### RESUMEN.

La evaluación nutritiva y nutracéutica de la frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por liofilización y comparación con la deshidratada en microondas, es un trabajo de investigación realizado en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, el objetivo es demostrar que la liofilización es mejor método de deshidratación que el método de microondas, teniendo como indicador de eficiencia el proceso de liofilización, la cantidad de antocianos y la presencia de vitamina C. Aplicamos métodos científico-experimental, y analítico-sintético. Se utilizó frutillas liofilizadas de 3mm, 6mm, y 9mm, que ayudan a elegir un mejor parámetro de liofilización, también el liofilizador Micromodulyo-115, los equipos de Mikrokjeldhal, Soxhlet, HPLC. La frutilla de 3mm de espesor concentra mejor los nutrientes debido a que solo posee 1.66% humedad. Comparándola con la frutilla deshidratada en microondas, los valores son más favorables en la liofilización y tenemos 4.37% de cenizas en la frutilla liofilizada y 4.14% en la deshidratada en microondas, la fibra es de 10.67% en la liofilizada y 9.49% en la deshidratada en microondas, la proteína 6.71% en la liofilizada y 5.69% en la deshidratada por microondas, en azúcares el 73.52 % en la liofilizada y 70.04% en la deshidratada en microondas. La pérdida de vitamina C en la liofilizada es de 30.45% y la deshidratada en microondas 24.43%, considerando que la liofilización se realizó en exposición a factores que degradan la vitamina C. La cantidad de antocianos en la deshidratación en microondas 17.18% y en la liofilizada 15.91%. El análisis microbiológico indica que la frutilla liofilizada es más estable, los hongos se encuentran 10UFC/gramos y en la deshidratada en microondas 20UFC/gramos. Determinamos que la frutilla deshidratada por liofilización, conserva sus características organolépticas, el valor nutritivo y nutracéutico de la fruta, la mayor cantidad de sus componentes se concentran, la proliferación de hongos se minimiza evitando el deterioro Comparándola con el proceso de deshidratación en microondas, la liofilización es un método más efectivo. Se recomienda el estudio farmacológico de la frutilla liofilizada por poseer propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

## SUMMARY

The nutritive and nutraceutical evaluation of the dehydrated Strawberry (*Fragaria vesca*) by lyophilization and comparison to the microwave-dehydrated one is an investigation work carried out at the laboratories of the Science Faculty of the ESPOCH. The objective was demonstrating that lyophilization is a better dehydration method than that of the microwaves having as an efficiency indicator the lyophilization process, the anthocyanin amount and the Vitamin C presence. The scientific-experimental and analytical methods were applied. Lyophilized 3mm, 6mm, 9mm strawberries helping elect the best lyophilization parameter as well as the Micromodulyo-115, the Microkjeldhal, Soxhlet, HPLC equipment, were used. The 3mm thick strawberry concentrates in a better way the nutrients due to the fact that it has only 1.66% humidity. Compared to the dehydrated strawberry in microwave oven, the values are more favorable in lyophilization and there is 4.37% ash in the lyophilized strawberry and 4.14% in the microwave-dehydrated; fiber IS 10.67% in the lyophilized and 5.69% in the microwave-dehydrated one; as to sugars, 73.52% in the lyophilized and 70.04 in the microwave-dehydrated one. The vitamin C loss in the lyophilized one is 30.45% 24.43% and in the microwave-dehydrated one, considering that lyophilization was carried out in exposure to factors which degrade vitamin C. The anthocyanin quantity in the microwave-dehydration was 17.18% and 15.91% in the lyophilized one. The microbiological analysis shows that the lyophilized strawberry is more stable; fungi are found at 10 UFC/g and at 20 UFC/g in the microwave-dehydrated one. It was determined that the strawberry dehydrated by lyophilization keeps its organoleptic features, nutritive and nutraceutical value. Most components concentrate; fungi proliferation is minimized avoiding decay. Compared to the microwave-dehydration process, lyophilization is a more effective method. It is recommended to study pharmacologically the lyophilized strawberry because of its antioxidant and anti-inflammatory properties.

## CAPÍTULO VII

### 7.1 BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLEN, L.** Estadística aplicada a los negocios y la economía 3a.ed. s.l. McGraw-Hill. 2005. Pp. 314-317
2. **BADUI, S.** Química de los alimentos 4a.ed. Pearson Educación. México. 2006. Pp. 21,23,24,388, 389, 420, 421,42
3. **BRUNETON J.** Plantes medicinales. 3a. ed. Madrid-España. Acribia S.A. 2001. Pp. 354 - 356,
4. **CAÑIGUERAL, S.** Fitoterapia Vademécum de Prescripción. 3a. ed. Madrid España. 2009. P .243
5. **CARRILLO, L.** Manual de Microbiología de los Alimentos. San Salvador de Jujuy-Argentina. UNJUSS Jujuy. 2007. Pp. 78-80
6. **DE CASTRO, J.** Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Barcelona-España. Rfiviones Universal. 2001 Pp. 74, 75
7. **ESCOLÁ, M.** Métodos de Análisis Microbiológicos de Alimentos. Madrid-España. Díaz de Santos. 2008. Pp. 7-9.
8. **FENNEMA, O.** Química de los alimentos. . Acribia, S.A. Zaragoza-España. 2000. P. 153

9. **GUTIERREZ, J.** Calidad de Vida Alimentos y Salud. Madrid- España.  
Díaz de Santos. 2005. Pp.493
10. **GUTIERREZ, J.** Ciencia Bromatológica. Madrid-España. Díaz de  
Santos. 2000. Pp. 4,5
11. **LOZANO, R.** Preelaboración y Conservación de Alimentos. Madrid- España.  
Visión Libros. 2007. Pp 43- 49
12. **MOREIRAS , O; y otros.** Tablas de Composición de Alimentos. España.  
Pirámide. 2001 p.147
13. **PAMPLONA, J.** Enciclopedia de los Alimentos y su poder curativo.  
Madrid-España. Editorial San Feliz. 2001. P.98
14. **PAMPLONA J.** Salud por los alimentos. Madrid-España. Editorial San  
Feliz S.A 2006 Pp. 244
15. **PETER, N; y otros.** Preelaboración y Conservación de Alimentos. s.l.  
Síntesis. 2002. P. 501
16. **PINO, P; y otros** Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente.  
1a.ed. Valencia-España. UPV. 2003. Pp. 39-48
17. **RAMIREZ J.** Liofilización de Alimentos. Bogotá-Colombia. Recitela.  
2006. Pp 4, 25, 33, 36.
18. **RODRIGUEZ, M.** Bases de Alimentación Humana. Madrid-España.  
Netbiblo SL. 2008. P. 221
19. **WONG, D.** Química de los Alimentos. Madrid- España. Acribia. 2005

Pp. 178, 179. 404

20. **BLANCO, A.** Tabla de Composición de Alimentos de Costa Rica. San José-Costa Rica. INCIENSA. 2006. Pp 13-16.
21. **CASTAÑEDA J.** y otros. Scientia Agropecuaria. Trujillo. Vol. 1 No 1 Universidad Nacional de Trujillo Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2007. P.79.
22. **FALDER A.** Enciclopedia de los Alimentos. 2003 P. 53
23. **GARZÓN, G.** Las Antocianinas Como Colorantes Naturales y Compuestos Bioactivos. Vol. 13 No 3. Departamento de Química Universidad Nacional de Colombia. 2008. Pp25 – 28
24. **GOMEZ, H.** Revista Digital Científica y Tecnológica e- GNOSIS Vol. 1 No 11. Universidad de Guadalajara. México. 2003. Pp. 1-2
25. **MARTÍNEZ, N.** Actividad Dietética. Vol.2 No 2 Universidad Politécnica de Valencia. España 2008. P.67.
26. **MATHEW, J.** Las frutas y las hortalizas son beneficiosas. Ediciones de Horticultura. 2000. Pp 38
27. **MOLINA, N.** Economía del Sector Hortícola de Corrientes. Serie Técnica No 22. INTA Argentina. 2007. Pp. 60
28. **MUÑOZ O.** Revista de Fitoterapia. Vol. 3 No 2. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. 2003. P 4,5
29. **COBO, M.** Manejo Post Cosecha de la Frutilla. Informe. Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición (CAAN). 2007 Pp. 34

30. **LUCERO, O.** Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 24
31. **CEBALLOS, A.** Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. Manizales- Colombia. Universidad Nacional de Colombia. (Tesis) 2008.
32. **GONZALEZ, M.** . Conservación de Mora, Uvilla y Frutilla Mediante la Utilización de Aceite Esencial de Canela (*Ciannamomumzeynalycum*). Riobamba Escuela superior de Bioquímica y Farmacia. Escuela de Bioquímica y Farmacia (Tesis) 2010 P. 70
33. **MARULANDA, J.** Determinación del perfil de calentamiento y evaluación sensorial en la elaboración de pulpa liofilizada de mango variedad *Tommyatkins*. Manizales-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Tesis) 2002. P.29
34. **MENENDEZ W.** Obtención De Colorante Para su Uso en Yogurt a Partir de la Flor de Jamaica (*Hibiscussabdariffa*) y del Mortiño (*Vaccinium mytillus L.*)”. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad en Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. 2008 (Tesis) P.67
35. **ROSLY, H.** Degradación de pared celular en frutillas. Análisis de sus componentes, evolución de la actividad enzimática y expresión de genes asociados. Buenos Aires. Universidad Nacional de General San Martín. Escuela de Biotecnología. 2007 (Tesis) P. 9
36. **SAGÑAY, N.** Control de Calidad de frutilla *Fragaria Vesca* Deshidratada por el Método de Microondas Tres Potencias. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de Bioquímica y Farmacia. 2009. (Tesis) Pp. 67-85

37. **VITERI, P.** Estudio de estabilidad de la pulpa de mora. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. (Tesis). 2005. P.6
  
38. **ÁCIDO ASCÓRBICO**  
<http://milksci.unizar.es/bioquímica/temas/vitamins/ascorbicohtm>  
2011/06/08
  
39. **ALIMENTOS LIOFILIZADOS**  
<http://www.tradar.com.ar/Castellano/Productos/Liofilizados/Alimentos%20liofilizadoshtm>  
2011/05/30
  
40. **ANÁLISIS DE ALIMENTOS**  
<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/66407S486.pdf>  
2011/10/15
  
41. **ANÁLISIS DE VARIANZAS**  
<http://hojamat.es/estadistica/tema9/tema9.htm>  
2011/10/18
  
42. **ANÁLISIS DE VITAMINAS EN ALIMENTOS**  
<http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/Ah833s19.htm>  
2011/09/03
  
43. **ANTOCIANOS**  
<http://www.botanical-online.com/medicinalesantocianinas.htm>  
2011/06/08
  
44. **ARTICULO TECNICO FRESA**  
<http://es.scribd.com/doc/48354481/Articulo-Tecnico-Fresa>



2011/08/22

**45. CONSERVACIÓN EN FRÍO Y CALOR**

<http://juanmalife7.blogspot.com/2011/05/conservacion-en-frio-y-calor.html>

2011/08/24

**46. CONTROL ALIMENTARIO DETERMINACION DE LA ACIDEZ TOTAL**

<http://es.scribd.com/doc/24023711/CONTROL-ALIMENTARIO-Determinación-de-la-acidez-total>

2011/10/17

**47. DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

<http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.ces.ncsu.edu/depts/foodsci/ext/pubs/formulatingdressings>

2011/09/12

**48. DESHIDRATACIÓN-LIOFILIZACIÓN**

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r46891.PDF>

2011/06/01

**49. FITOTERAPIA**

<http://scholar.google.com/scholar?q=ANTOCIANOS&hl=es&btnG=Buscar&lr>

2011/06/01

**50. FOOD DEHYDRATOR**

<http://www.ehoe.com/search.html?rs=1&s=Food+Dehydrator&skin=season&t=all#ixzzIfPtvHxrs>

2011/09/13

**51. FRAGARIA VESCA**

[http://www.alcentral.com.ar/fh\\_frutilla.htmlherbacea](http://www.alcentral.com.ar/fh_frutilla.htmlherbacea)

2011/06/18

**52. FRESÓN RICO Y SALUDABLE**

<http://supermercadosonline.wordpress.com/2011/02/17/fresas-ricas-y-saludables/>

2011/06/02

**53. FRUTILLA**

<http://www.abmnegocios.com/Frutilla.html>

2011/05/27

**54. FRUTILLAS, FRESAS, SUS BENEFICIOS**

<http://www.solovegetales.com/ver-articulo.php?id=40#ixzz1GENS8HEC>

2011/06/01

**55. FRUTILLAS FRESAS Y FRESONES**

<http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/fresa-fresas-freson-fresones-frutillas-fresales.htm>

2011/06/26

**56. FRUTILLA MANEJO CORRECTO DE COSECHA Y POSTCOSECHA**

[http://www.diarioabc.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4818:en-riesde-perdese-50-de-produccidefrutillas&catid=45:los-reyes&Itemid=54](http://www.diarioabc.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=4818:en-riesde-perdese-50-de-produccidefrutillas&catid=45:los-reyes&Itemid=54)

2011/06/10

**57. GARANTÍA DE CALIDAD DE ALIMENTOS.**

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/10AM18.htm>

2011/06/13

**58. HISTORIA DE LIOFILIZACIÓN**

[http://www.alimentosartesano.com/web/sites/default/files/liofilizadosarte\\_sano.pdf](http://www.alimentosartesano.com/web/sites/default/files/liofilizadosarte_sano.pdf)

2011/05/28

**59. HUERTO FAMILIAR**

<http://felixmaocho.wordpress.com/2009/06/29/huerto-familiar-%E2%80%93-cultivo-de-fresa-y-freson/>

2011/10/08

**60. INTRODUCCION A LA DIFERENCIA ESTADÍSTICA**

<http://aathosc.tripod.com/introinfest.htm>

2011/11/27

**61. LA IMPORTANCIA DEL pH EN LOS ALIMENTOS**

<http://industrias-alimentarias.blogspot.com/2008/03/la-importancia-del-ph-en-los-alimentos.html>

2011/10/08

**62. LA LIOFILIZACIÓN UNA BUENA ALTERNATIVA DE NEGOCIO EN AMÉRICA LATINA**

[http://www.revistadealimentacion.com/\\_n1170417\\_La\\_Liofilizacion\\_una\\_buena\\_alternativa\\_de\\_negocio\\_en\\_America\\_Latina.html](http://www.revistadealimentacion.com/_n1170417_La_Liofilizacion_una_buena_alternativa_de_negocio_en_America_Latina.html)

2011/05/27

**63. LAS PROPIEDADES DE LAS FRUTILLAS**

<http://hierbamedicinal.es/las-propiedades-de-las-frutillas>

2011/06/06

**64. LIOFILIZADOS**

<http://www.agromeat.com/index.php?idNews=98823>

2011/05/28

**65. LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS**

<http://www.invap.com.ar/es/area-industrial/productos-y-servicios/liofilizacion-de-alimentos.html>

2011/06/04

**66. LIOFILIZACIÓN AGREGA VALOR A PRODUCTOS DE GRAN CALIDAD**

<http://www.eufic.org/article/es/artid/Liofilizacion-valor-productos-gran-calidad/>

2011/05/27

**67. LIOFILIZACIÓN TÉCNICA CULINARIA**

<http://www.cocina.org/09-03-2010/tecnicas-culinarias/liofilizacion-tecnica-culinaria>

2011/05/28

**68. LIOFILIZADOS VOYAGER**

[http://www.cabac.net/html\\_es/liofilisados\\_voyager.php](http://www.cabac.net/html_es/liofilisados_voyager.php)

2011/05/29

**69. LIOFILIZACIÓN, SECADO POR FRÍO**

<http://www.vacuubrand.com/es-pageID949.php>

2011/06/02

**70. MANUAL BÁSICO DE LIOFILIZACIÓN**

<http://api.ning.com/files/r36cjGKKUjHiYZQHNMo80UEkCPVAiIYsidNyI15yUYIQDCH8ViroxVYM2kcxgYLQl1ef39s4YBgbVCytkKVgvtRESq2U/>

2011/05/29

71. **MANUAL DE FUNDAMENTOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**  
[http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1068/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos\\_6501.pdf](http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1068/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf)  
2011/10/17
72. **MANUAL DE SIEMBRA EN EL SUELO**  
[http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Fresa/Manual\\_de\\_Siembra\\_en\\_Suelo.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Fresa/Manual_de_Siembra_en_Suelo.htm)  
2011/09/18
73. **MANUALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS**  
<http://www.fao.org/DOCREP/005/W8088S/W8088S00.HTM>  
2011/09/13
74. **PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL I**  
[http://www.oocities.org/mvz\\_jmtz/anprox.html](http://www.oocities.org/mvz_jmtz/anprox.html)  
2011/05/27
75. **PRODUCTOS LIOFILIZADOS**  
[http://liofilizacion\\_on\\_line.lacoctelera.net/](http://liofilizacion_on_line.lacoctelera.net/)  
2011/05/30
76. **PRUEBA T DE STUDENT PARA LA COMPARACIÓN DE DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES**  
[http://www.conexionismo.com/leer\\_articulo.php?ref=prueba\\_t\\_de\\_student\\_para\\_la\\_comparación\\_de\\_dos\\_muestras\\_independientes\\_j9604971](http://www.conexionismo.com/leer_articulo.php?ref=prueba_t_de_student_para_la_comparación_de_dos_muestras_independientes_j9604971)  
2011/10/17

**77. TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN**

[http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parser.jsp?nombre=doc\\_proceso\\_conservacion](http://www.saludalia.com/Saludalia/servlets/contenido/jsp/parser.jsp?nombre=doc_proceso_conservacion)

2011/06/05

**78. VITAMINA C**

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

2011/06/ 18

## CAPÍTULO VIII

### ANEXOS

#### ANEXO Nº 1: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN POR LIOFILIZACIÓN



SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA



LAVADO Y CORTADO EN RODAJAS



PROCESO DE CONGELACIÓN DE LAS FRUTILLAS



LIOFILIZADOR MICROMODULYO 115



FRUTILLA LIOFILIZADA

**ANEXO N° 2 : FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA FRUTILLA LIOFILIZADA**



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZAS



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS





DETERMINACIÓN DE GRASA



DETERMINACIÓN DE FIBRA



DETERMINACIÓN DE AZÚCARES



DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

**ANEXO Nº 3 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS DE INDICADORES**



DETERMINACIÓN DE VITAMINA C POR HPLC



DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS POR ESPECTROFOTOMETRÍA



**ANEXO Nº 4 FOTOGRAFÍA DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**



**DETERMINACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS**

**ANEXO Nº 5 FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN EN EL INIAP QUITO**



**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD INIAP - QUITO**



**PROCESO DE LIOFILIZACIÓN  
LABCONCO FREEZE DRY SYSTEM / FREEZONE 4.5**

#### **ANEXO NO 6: DETERMINACIÓN DE pH NTE INEN 389**

- Si la muestra corresponde a los productos densos o heterogéneos, homogeneizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) con agitación.
- Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10g de muestra preparada, añadir 100mL 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 7: DETERMINACIÓN DE HONGOS (MOHOS Y LEVADURAS) NTE INEN 1529-10**

- Utilizando una sola pipeta estéril, pipetear por duplicado alícuotas de 1mL de cada una de las disoluciones decimales en la placa petri adecuadamente identificadas.
- Iniciar por la disolución menos concentrada
- Inmediatamente invertir en cada una de las placas inoculadas aproximadamente 20mL de Saboraud dextrosa fundido y templado a  $45 \pm 2$  °C, la adición del cultivo no debe pasar más de 15 minutos, a partir de la preparación de la primera dilución.
- Delicadamente mezclar el inóculo de siembra en el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén 5 veces en una dirección, hacer girar 5 veces en sentido de las agujas del reloj, volver a imprimir movimientos de vaivén en una dirección que forme ángulo recto con la primera y hacerla girar 5 veces en sentido contrario de las agujas del reloj.
- Dejar las placas en reposo hasta que solidifique el agar
- Invertir las placas e incubarlas entre 22 y 25 °C por 5 días
- Examinar a los 2 días y comprobar si se ha formado o no micelio aéreo.