



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL POTENCIAL NUTRITIVO DEL LIMÓN  
PERSA (*Citrus latifolia tanaka*) DESHIDRATADO EN SECADOR DE  
BANDEJAS Y EN MICROONDAS”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO**

**PRESENTADO POR**

**MAYRA DANIELA BADILLO PERERO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

## **DEDICATORIA**

*Porque en ti Dios, esta la sabiduría y el poder tuyo es el consejo y la inteligencia, multiplicaste sobre mí tu amor para cumplir con el objetivo propuesto.*

*A una mujer, María Badillo que con abnegación supo entregar todo de sí, que con infinito amor me enseñó a seguir adelante sin decaer, por aquellas noches que te desvelaste junto a mí, quien pese a las adversidades siempre estuvo conmigo y por ser una buena madre, ejemplo de rectitud, trabajo, fuente de sabiduría y de amor para con tus hijas, por tu sacrificio madre querida mi tesis es para ti.*

*A mi padre Germán Badillo por su confianza depositada en mí, quien con su ejemplo aprendí que la vida es un constante reto que hay que superar con esfuerzo.*

*A mis hermanas por el apoyo constante, moral y decidido, por que a pesar de todo siempre estaremos juntas.*

*A todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron para la culminación de esta investigación... Gracias...!*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi agradecimiento incondicional a mi Dios por que sin su ayuda no estaría en el lugar de hoy, por bendecirme con una familia que en todo momento fue un apoyo en toda mi carrera universitaria.*

*A la ESPOCH y en especial a la Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y farmacia por brindarnos la oportunidad de adquirir invalorable conocimientos y formarnos como profesionales.*

*A mis padres por saber encaminarme a luchar y conseguir mis sueños por estar apoyándome siempre frente a cualquier adversidad, por quererme y perdonar mis actitudes.*

*Al Dr. Carlos Pilamunga por su ayuda incondicional, valiosas sugerencias y constante apoyo en la realización de esta investigación.*

*Al la Dra. Olga Lucero, colaboradora por brindarme su asesoría y sus conocimientos, porque con su confianza, apoyo y experiencia, aportan valiosamente en el desarrollo de esta investigación.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.*

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que El trabajo de investigación: “**ESTUDIO COMPARATIVO DEL POTENCIAL NUTRITIVO DEL LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia tanaka*) DESHIDRATADO EN SECADOR DE BANDEJAS Y EN MICROONDAS**” de responsabilidad de la señorita egresada Mayra Daniela Badillo Perero, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Yolanda Díaz <b>DECANA FAC. CIENCIAS</b>	-----	-----
Dr. Luis Guevara <b>DIRECTOR ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA</b>	-----	-----
Dr. Carlos Pilamunga <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	-----	-----
Dra. Olga Lucero <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----
Dra. Yolanda Díaz <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----
Tc. Carlos Rodriguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN NOTA DE TESIS</b>	-----	-----

Yo Mayra Daniela Badillo Perero, 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

---

**Mayra Daniela Badillo Perero**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ab	absorvancia
g	gramos
gL	grados de libertad
h	hora
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INNE	Instituto Nacional de Nutrición Ecuatoriana
INTA	Instituto Nacional de Técnicas Agropecuarias
Kg	Kilogramo
L	Litro
Ms	Masa seca
min	minutos
mg	miligramo
mL	mililitro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
%	porcentaje
Pa	peso de frutilla más papel adherente en gramos
pH	potencial de Hidrógeno
p	promedio
ppm	partes por millón
pc	promedio de cuadrados
p	probabilidad
S	peso de frutilla en kilogramos
Sc	suma de cuadrados
t	tiempo
T	total
UPC	unidades propagadoras de colonias
§	varianza
W	Watts
W <sub>s</sub>	Peso del sólido
W <sub>f</sub>	Peso final del sólido
X <sub>i</sub>	humedad inicial del producto
X <sub>f</sub>	humedad final del producto

## 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>13</b>
1.1	Limón persa (Citrus latifolia tanaka).....	13
1.1.1	Origen y distribución.....	13
1.1.2	Taxonomía y morfología.....	14
1.1.3	Características botánicas.....	14
1.1.4	Variedad.....	16
1.1.5	Composición nutricional.....	18
1.1.6	Utilidades.....	19
1.2	Acido L-ascórbico (vitamina C).....	21
1.2.1	Características.....	22
1.2.2	Función.....	22
1.3	Control de Calidad.....	23
1.3.1	Definición de Calidad.....	23
1.3.2	Percepción de la calidad.....	24
1.3.3	Componentes de la calidad.....	24
1.3.3.1	Apariencia.....	24
1.3.3.2	Flavor.....	26
1.3.3.3	Valor Nutritivo.....	26
1.3.3.4	Seguridad.....	27
1.3.4	Obtención de un producto de calidad.....	28
1.3.5	Calidad y vida útil de productos deshidratados.....	29
1.4	Deshidratación.....	30
1.4.2	El Secado.....	32
1.4.3	Curvas de secado.....	33
1.4.4	Tipos de deshidratación.....	34
1.4.4.1	Deshidratación al aire libre.....	34
1.4.4.2	Deshidratación por aire.....	34
1.4.4.3	Deshidratación por rocío.....	35
1.4.4.4	Deshidratación por congelación.....	35
1.4.4.5	Deshidratación en bandejas.....	35
1.4.5	Deshidratación por microondas.....	39
1.4.5.1	Microondas.....	39
1.4.5.2	Secado por microondas.....	40
1.4.5.3	Potencia.....	42
1.4.5.4	Niveles de Potencia.....	42
1.4.5.5	Influencia sobre el valor nutritivo.....	42

1.4.5.6	Ventajas de la deshidratación de la microonda.....	43
1.4.6.	Efecto de la Deshidratación en los alimentos.....	45
1.4.7	Técnica de deshidratación de frutas con microondas al vacío.....	45
1.5	Análisis proximal.....	46
1.5.1	Determinación de humedad.....	47
1.5.2	Determinación de cenizas.....	48
1.5.3	Determinación de fibra.....	48
1.5.4	Determinación de proteína.....	49
1.5.5	pH.....	49
1.6	Métodos Cromatograficos.....	50
1.6.1	HPLC.....	37
1.7	Análisis Microbiológico.....	52
1.7.1	Levaduras y mohos.....	52
<b>2</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>53</b>
2.1	Lugar de investigación.....	53
2.2	Materiales, equipos y reactivos.....	53
2.2.1	Material vegetal.....	53
2.2.2	Equipos.....	53
2.2.3	Reactivos.....	54
2.2.4	Medios de cultivo.....	54
2.3	Métodos.....	54
2.3.1	Deshidratación del Limón en Microondas (70, 140,210 W).....	55
2.3.2	Deshidratación del Limón en Bandejas (60, 70,80 W).....	55
2.3.1.	Fase Experimental.....	56
2.3.1.1	Análisis físico del limón persa (Citrus latifolia tanaka) fresco y deshidratado en bandejas y microondas.....	56
2.3.1.2	Análisis bromatológico del limón persa (Citrus latifolia tanaka) fresco y deshidratado en bandejas y microondas.....	68
2.3.1.3	Análisis de la Vitamina C del limón persa(índice de eficiencia) fresco y deshidratado en microondas y en deshidratador de bandejas.....	68
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>70</b>
3.1	Evaluación sensorial.....	70
3.2	Curva de deshidratación.....	71
3.2.1	Deshidratador en Microondas.....	71
3.2.2	Deshidratador del limón en bandejas.....	78
3.3	Determinación de la Vitamina C.....	83
3.4.2	Determinación de humedad.....	89
3.4.3	Determinación de ceniza.....	90
3.4.4	Determinación de fibra.....	91
3.4.5	Determinación de proteína.....	92
3.4.6	Determinación de Azúcares Totales.....	93
3.5	Análisis microbiológico del Limón fresco y deshidratado.....	94
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>95</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>97</b>
	<b>RESUMEN</b> .....	<b>98</b>
	<b>SUMARY</b> .....	<b>99</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>100</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA No. 1	Composición química del Limón.....	19
-------------	------------------------------------	----

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No. 1	Resultado de Evaluación Sensorial del limón fresco y deshidratado en microondas y bandejas.....	70
CUADRO No. 2	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 1 (70W) 5 min.....	71
CUADRO No. 3	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 1 (70W) 10 min.....	73
CUADRO No. 4	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 2 (140W) 5 min .....	74
CUADRO No. 5	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 2 (140W) 10 min .....	75
CUADRO No. 6	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 3 (210W) 5 min.....	76
CUADRO No. 7	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a potencia 3 (210W) 10 min .....	77
CUADRO No. 8	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a temperatura de 60°C .....	78
CUADRO No. 9	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a temperatura de 70°C .....	80
CUADRO No. 10	Resultados del tiempo de proceso de deshidratación del Limón Persa a temperatura de 80°C .....	81
CUADRO No. 11	Determinación de Vitamina C en limón deshidratado en microondas a potencia 1(70 W), 2 (140W), 3 (210W) y Temperatura 1 (60°C), 2 (70°C), 3 (80°C) con una repetición cada una.....	83
CUADRO No. 12	Comparación del contenido de Vit C y su porcentaje de pérdida de los deshidratados en microondas.....	84
CUADRO No. 13	Comparación del contenido de Vit C y su porcentaje de pérdida de los deshidratados en secador de bandejas.....	85
CUADRO No. 14	Contenido de Vit C en muestras estudiadas.....	85
CUADRO No. 15	Contenido de Vit C en muestras seleccionadas para el estudio final por ser las que tienen mayor cantidad de vit C...	87
CUADRO No. 16	Contenido Nutricional promedio en muestras estudiadas.....	88
CUADRO No. 17	Contenido Promedio de Hongos Mohos y Levadura en muestras estudiadas.....	94

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO No. 1	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 1 (70W) 5 min .....	72
GRÁFICO No. 2.	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 1 (70W) 10 min.....	73
GRÁFICO No. 3.	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 2 (140W) 5 min.....	74
GRÁFICO No. 4	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 2 (140W) 10 min.....	75
GRÁFICO No. 5.	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 3 (210W) 5 min.....	76
GRÁFICO No. 6.	Curva de deshidratación del Limón Persa a potencia 3 (210W) 10 min.....	77
GRÁFICO No. 7	Curva de deshidratación del Limón Persa en secador de bandejas a Temperatura de 60°C .....	79
GRÁFICO No. 8	Curva de deshidratación del Limón Persa en secador de bandejas a Temperatura de 70°C .....	81
GRÁFICO No. 9	Curva de deshidratación del Limón Persa en secador de bandejas a Temperatura de 80°C .....	82
GRÁFICO No. 10.	Relación de contenido Vitamina C entre limón persa fresco y deshidratado por microondas y secador de bandejas.....	86
GRÁFICO No. 11.	Porcentaje de pérdida de Vitamina C en deshidratador por microondas y secador de bandejas.....	86
GRÁFICO No. 12	Relación de contenido Vitamina C entre limón persa fresco y deshidratado a Potencia 1 (70W)10 min y Temperatura de 70 °C.....	83
GRÁFICO No. 13.	Porcentaje de pérdida de Vitamina C de deshidratados con mayor contenido de Vit C 70W10 min y 70 °C.....	88
GRÁFICO No. 14	Relación de contenido de pH del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W)10 min y T de 70 °C.....	89
GRÁFICO No. 15.	Relación de contenido de Humedad del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C.....	89
GRÁFICO No. 16	Relación de contenido de Ceniza del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C.....	90
GRÁFICO No. 17	Relación de contenido de Ceniza del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C (Base Seca)...	90
GRÁFICO No. 18	Relación de contenido de Fibra del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C.....	91
GRÁFICO No. 19	Relación de contenido de Fibra del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C (Base Seca)...	91
GRÁFICO No. 20.	Relación de contenido de Proteína del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C.....	92
GRÁFICO No. 21	Relación de contenido de Proteína del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C (Base Seca)...	92
GRÁFICO No. 22	Relación de contenido de Azúcar del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C.....	93

GRÁFICO No. 23 Relación de contenido de Azúcar del limón fresco y deshidratado a P 1 (70W) 10 min y T de 70 °C (Base Seca)... 94

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	Estructura del Ácido l-Ascórbico.....	21
FIGURA No. 2	La percepción de la calidad por el consumidor.....	25
FIGURA No. 3	Curva de secado. Humedad vs tasa de secado.....	33

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA No. 1	Limón Persa ( <i>Citrus latifolia tanaka</i> ).....	14
FOTOGRAFÍA No. 2	Limón Persa.....	16
FOTOGRAFÍA No. 3	Deshidratación del Limón en microondas.....	39
FOTOGRAFÍA No. 4	Valor nutritivo del Limón.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No. 1	Determinación de pH NTE INEN 389.....	112
ANEXO No. 2	Cromatograma del estándar de vitamina C.....	112
ANEXO No. 3	Cromatograma del limón fresco de vitamina C.....	113
ANEXO No. 4	Cromatograma vitamina C de la muestra deshidratada en bandejas (70°C).....	114
ANEXO No. 5	Cromatograma vitamina C de la muestra deshidratada en Microondas (70 W) 10 min .....	115
ANEXO No. 6	Fotografías del proceso de deshidratación.....	107
ANEXO No. 7	Fotografías del análisis de indicadores.....	108
ANEXO No. 8	Fotografías del análisis bromatológico del deshidratado.....	109

## INTRODUCCIÓN

La eliminación del agua proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración de los alimentos. Los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio sin agua. Además, en estas condiciones tampoco es posible la actividad enzimática, y la mayor parte de las reacciones químicas se hacen mucho más lentas de lo normal.

La disminución del contenido de agua en los alimentos aumenta su vida útil por lo que se podrán conservar en perfectas condiciones durante un mayor periodo de tiempo.

Al utilizar la deshidratación se pueden obtener productos de alta calidad nutritiva y de bajo costo, manteniendo sus características, aumentando la vida media del mismo e impidiendo que el producto se pudra. (75)

El objetivo de la deshidratación es conseguir un producto de mejores características que la materia prima utilizada. Por el mecanismo de deshidratación se inhiben, por disminución de la actividad de agua y no por la temperatura que alcanza el alimento, enzimas y microorganismos. (44)

En nuestra sociedad es importante el consumo de limón, por su alto contenido de Vit "C, que es un anti oxidante, de allí la necesidad de una investigación que brinde un método de obtención de limón deshidratado que conserve sus propiedades nutritivas, y que lo podamos encontrar aun si no es tiempo de esta fruta y que sirva como guía para la elaboración y producción industrial de este deshidratado que aun no se ha explotado de forma adecuada y que tendría un mercado muy amplio.

Por lo expuesto el presente trabajo tuvo como objetivo principal realizar el control de calidad del limón (*Citrus latifolia tanaka*) deshidratado por método de microondas a tres potencias, por secador en bandejas en tres temperaturas para ello, se caracterizó física, química y microbiológicamente el limón en fresco; se deshidrató el limón fresco a tres potencias y a tres temperaturas ; se evaluó nutricionalmente el limón utilizando indicadores de eficiencia luego de determinarse el tiempo potencia en microondas y temperatura adecuados para el deshidratado; y finalmente se compararon los resultados obtenidos en relación a la fruta fresca y deshidratada.

Conjuntamente se realizó un análisis por HPLC de todos los deshidratados (microondas y bandejas) y se comparó con los demás deshidratados para identificar el de menor pérdida de contenido de Vitamina C para seleccionar la potencia y temperatura más adecuada. Además se realizó el análisis físico, químico y microbiológico del deshidratado que menor pérdida de vitamina C mantuvo, es decir el que se expuso a 70 W a 10 min de potencia. y a la temperatura el de 70°C en secador de bandejas.

Este trabajo permitió comprobar que a mayor potencia y temperatura hay un menor tiempo de secado o deshidratado, pero las pérdidas de Vit "C" son mayores por los efectos del calor.

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 LIMON PERSA (*Citrus latifolia tanaka*)

#### 1.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCION

La planta viajó desde Oriente Próximo hasta España y el norte de África durante la Edad Media. La lima es originaria del sudeste Asiático, Persia (Irán) y Malasia, aunque se cultiva en todos los países tropicales y muchos subtropicales. El limón y la lima están disponibles en nuestros mercados todo el año.

Aparentemente, esta variedad se originó de plántalos de frutas provenientes de Tahití. El limón verde se origina de la especie *Citrus latifolia*, familia de las Rutaceae, esta fruta cítrica tiene excelente calidad y uniformidad, es una variedad con árboles vigorosos de abundante producción que crece desde el nivel del mar hasta los 2200 metros de altitud, La fruta, es de cáscara fina y la pulpa no presenta semillas. Esta variedad en estado maduro presenta un color verde oscuro. (39)

La variedad Tahití se utiliza principalmente en la industria de las bebidas no alcohólicas, para darles sabor. Procesado lo utilizan como aceite de limón, como ingrediente de sabor y en la industria de perfumes y cosméticos. Es excelente para la preparación de platos en carne de vacunos, pescado o aves, presenta un contenido de jugo del 40-60% o más, con un índice de acidez del 5-10%. Su aceptación se debe a que la fruta presenta un alto valor nutritivo, ocupa el segundo lugar en importancia, en su consumo en fresco como su uso agroindustrial. Dentro de los cítricos se le considera como el más versátil en la alimentación (47)

### 1.1.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

Al Limón persa se le conoce con los siguientes nombres:

- Nombre común: Lima Tahití, Limón persa
- Nombre científico: *Citrus latifolia* Tanaka

Desde el punto de vista botánico, al limón se la ubica en la:

- Familia: Rutaceae
- Subfamilia: Aurantioideae
- Tribu: Citreae Sub tribu: Citrinas
- Sub género: Eucitrus
- Especie: *Citrus aurantifolia*
- Variedad: *Citrus latifolia* Tanaka (67)

### 1.1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS



**FOTOGRAFÍA N°1 LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)**

En la fotografía N°1 Se observa el limón en su variedad Persa.

La descripción que se hace a continuación, se refiere a la función evolutiva de sus órganos.

#### **Árbol**

Es un árbol pequeño que crece hasta una altura de 6 - 7 metros, se prefieren mantener árboles pequeño mediante podas de formación. La copa es redonda, densa y simétrica. El

árbol de lima Tahití nunca entra en periodo de dormancia o descanso. El rango de crecimiento es reducido en periodos de clima frío, aunque algunos árboles crecen durante todo el año

### **Tronco**

Es corto, con ramas encorvadas hacia el suelo; las ramas más nuevas tienen una orientación vertical, pero al crecer y sostener los frutos se doblan gradualmente hacia abajo hasta ponerse horizontales. Muchas ramas caen eventualmente al suelo si no han sido podadas. Las ramas jóvenes en un mismo árbol pueden no ser espinosas o tener espinas pequeñas gruesas de 7 Mm. de largo.

### **Hojas**

Las hojas jóvenes de árboles sanos son de color verde pálido, y en los árboles maduros de color verde oscuro, el limbo de las hojas varía de 7.6 a 12.7 cm. de largo y de 4.5 a 6.4 cm. De ancho. El pecíolo, que en muchas especies cítricas determinan su identificación es extremadamente variable en la lima Tahití, inclusive entre hojas del mismo árbol o de la misma rama.

### **Flores**

En nuestro país, la floración de la lima Tahití se presenta a lo largo de todo el año más o menos de manera uniforme, la condición de clima frío o clima seco pueden traer como consecuencia un retardo del crecimiento vegetativo, por lo que la floración ocurre mayormente al final de esta temporada. La flor tiene 5 pétalos (ocasionalmente 4) de color blanco tanto las superficies de afuera como la de adentro, la flor abierta tiene 30 a 35 Mm. De ancho. Los estambres son numerosos y soldados en un anillo, del cual se desarrollan las anteras de color amarillo pálido que contienen el polen viable. El pistilo es aproximadamente de 12 Mm. de largo, con un ovario verde y un estigma amarillo. La propagación vegetativa de la planta empieza con la floración, que ocurre en uno o dos años luego de la plantación.

## **Frutos**

Son de color verde oscuro durante su desarrollo, gradualmente van tornándose en verdes claros o amarillo cuando comienza la sobre maduración o envejecimiento. La fruta tiene diez a doce segmentos o lácúlos con pulpa de grano fino de color amarillento verdoso pálido, muy ácida y aromática. Es considerada madura o lista para el consumo cuando se le puede exprimir el jugo fácilmente, sobre un contenido mínimo de jugo del 42% en volumen y un mínimo de 45 Mm. de diámetro del fruto.

La fruta de esta medida pesa aproximadamente 54 gramos (1.9 onzas), este estado de la planta se obtiene dentro de los 90 a 120 días después de la floración, dependiendo de las condiciones climáticas y el manejo del huerto. Los frutos maduros de la lima Tahití tienen un contenido de jugo del 40% al 60%, el jugo tiene un índice de acidez del 5 al 6%, la cantidad de sólidos solubles del 7 al 8% y un contenido de ácido ascórbico de 20 a 40 mg. por 100 ml. de jugo. La cáscara del fruto tiene un espesor de 2 a 3 Mm. El fruto continúa creciendo en el árbol hasta llegar a un largo de 9 cm. y un diámetro de 7 cm.

Cuando la fruta alcanza el estado de sobre maduración tiene una corteza fina, color amarillo verdoso o completamente amarillo, pobre en aroma y no rinde como fruta fresca. La lima Tahití es uno de los cultivares de cítricos sin semilla más conocidos. Árboles que se desarrollan cerca de otras clases de cítricos producen frutas con pocas semillas a veces, La condición de triploide puede fácilmente explicar el porqué de las pocas semillas que se tiene en este cultivar, lo cual resulta por la escasez de flores y la alta mortalidad del saco embrionario. (67)

### **1.1.4 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 del limón persa 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 de nuevas variedades que han sido sometidas a su adaptación a los diferentes medios ecológicos. (20)

## **EUREKA**

**ARBOL.-** Es una variedad obtenida en California en 1858. Probablemente procede de la germinación de una semilla de limón Lunario. El árbol es vigoroso y con pocas espinas.

**FRUTO.-** Los frutos son de buen tamaño y generalmente presentan un pequeño cuello en la región pedicular y un mamelón apical que con frecuencia está circundado por un surco areolar. La pulpa tiene un excelente contenido en zumo de elevada acidez y escaso número de semillas.

**CONSIDERACIONES AGRONOMICAS.-** Es productiva. En nuestras condiciones ambientales el grueso de la recolección se efectúa de octubre a febrero, aunque produce varios tipos de frutos a lo largo del año, dependiendo mucho su re florescencia de la climatología y de las técnicas culturales utilizadas.

## **FINO**

**ARBOL.-** También se le conoce con los nombres de Mesero, Blanco y Primofiori. Es una variedad española, probablemente procede de la germinación de una semilla de limón Común de la Vega del río Segura. El árbol es vigoroso y propenso a la producción de brotes con espinas.

**FRUTO.-** El fruto es de tamaño ligeramente inferior al Verna con corteza más lisa y delgada, carece de cuello en la región pedicular y el mamelón apical es agudo y pequeño. La pulpa tiene un alto rendimiento en zumo de elevada acidez y número medio de semillas.

**CONSIDERACIONES AGRONOMICAS.-** Es una variedad muy productiva y poco reflorescente. La recolección de los frutos de 'cosecha' se inicia a primeros de octubre y finaliza en febrero. Los frutos más precoces suelen alcanzar buenas cotizaciones en los mercados debido a la falta de oferta que tiene lugar en esas fechas.

## LISBON

**ARBOL.-** Se cree que es de origen portugués. Probablemente procede de una planta de semilla de limón Gallego. El árbol es muy vigoroso y tiene gran cantidad de espinas.

**FRUTOS.-** Los frutos son de buen tamaño y generalmente presentan un ligero cuello en la región pedicular y un mamelón apical con surco areolar irregular. La pulpa tiene un alto rendimiento en zumo de elevada acidez y un número medio de semillas.

**CONDIDEACIONES AGRONOMICAS.-** Es muy productiva y poco reflorescente. La recolección se inicia a primeros de octubre y finaliza en febrero. Es una de las variedades más vigorosas y resistentes a condiciones climáticas adversas.

## VERNA

**ARBOL.-** Es una variedad española de origen desconocido. El árbol tiene buen vigor y pocas espinas.

**FRUTO.-** Los frutos son de buen tamaño y presentan un cuello más o menos pronunciado en la región pedicular y un mamelón apical grande. La corteza es algo rugosa y gruesa y la pulpa tiene buen contenido en zumo y muy pocas semillas. (84)

### 1.1.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL



FOTOGRAFÍA Nº2 LIMON PERSA

**En la fotografía Nº 2 Se observa el limón persa en su plantío o habitad natural.**

En general, los cítricos tienen fama por su alto contenido de vitaminas, azúcares y sales, especialmente la vitamina C, la cual se halla en la pulpa y el zumo. Para tener una idea aproximada sobre el valor nutritivo de esta fruta, en los siguientes cuadros se ilustra de manera detallada el contenido de sustancias. (67)

En la tabla N°1 observamos la composición nutricional del limón por cada 100 g de producto comestible.

**TABLA N° 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL LIMON**

Agua 87,40 g	Fibra 3.15 g	Sodio 3 mg
Energía 20Kcal	Calcio 61mg	Zinc 0,10 mg
Proteína 1,20 g	Hierro 0,70 mg	Tiamina 0,050 mg
Cobre 0,260 mg	Vitamina C 54 mg	Riboflavina 0,040 mg
Lípidos (grasa) 0,30 g	Magnesio 12 mg	Niacina 0,200 mg
Cenizas 0,50 g	Fósforo 15 mg	Á. Pantoténico 0,232 mg
Carbohidratos 10,70 g	Potasio 145 mg	Vitamina B6 0,109 mg
Vitamina A 30 UI	Ácidos grasos saturados 0,039 g	Ácidos grasos monoinsaturados 0,011g
Ácidos grasos polinsaturados 0,089 g	Colesterol 0 mg	Fitòsteroles 12 mg

Fuente: USDA National Nutrient Database for Standar Referenc

#### 1.1.6 UTILIDADES

Se utiliza para la preparación de, jugos, helados, dulces, mermeladas y ensaladas. (54)

Se considera muy medicinal, ya que contiene mucho ácido cítrico por lo que es rico en vitamina C, pero también tiene pectina, caroteno, sales de potasa y glucosa, elementos que, en su conjunto, se encuentran directamente vinculados a acciones terapéuticas. (73)

El jugo de los frutos o la infusión de hojas o corteza de los frutos, por vía oral, para catarras y constipados en general. El jugo de limón, en aplicación tópica para curar heridas, herpes y otras afecciones de la piel. (63)

**Aparato digestivo:** En casos de intestinos demasiado proclives a una defecación excesiva, resulta útil para detener diarreas. Al mismo tiempo Tiene propiedades anti-ulcéricas que le confiere el beta bisolobeno, eliminando la acidez gástrica. Muy adecuado, en caso de insuficiencia hepática, para estimular el hígado. Puede ayudar a combatir el flato producido por las malas digestiones. (72)

**Antiesorbúptico y vitamínico:** -Muy rico en vitamina C, por lo que tiene estupendas propiedades antiescorbúpticas y mineralizantes, siendo muy rico en potasio y calcio. Su capacidad para regenerar los glóbulos blancos lo hace muy adecuado para potenciar las defensas del organismo, previniendo la aparición de muchas enfermedades. (72)

**Depurativo:** El ácido ascórbico y el limoneno le confieren propiedades depurativas, por lo que resulta un excelente remedio contra el reumatismo, artrosis, artritis, gota, colesterol, arteriosclerosis y el ácido úrico. Es una fruta con propiedades alcalinizantes de la orina por lo que resulta ideal para evitar la formación de piedras en el riñón. Es uno de los alimentos más utilizados en dietas mixtas de frutas y verduras. (72)

**Aparato respiratorio:** En las afecciones respiratorias, los componentes le otorgan propiedades antibacterianas y expectorantes muy útiles en la curación de catarras y resfriados. El alfa pineno es además un antigripal muy importante. El jugo de limón resulta también muy útil para calmar la sed y quitar la fiebre cuando existe fiebre o cuando la temperatura es muy alta (72)

**Aparato circulatorio:** Además de constituir un buen tónico cardíaco, previene la angina de pecho, ayuda en la circulación sanguínea, previene el colesterol, rebaja la hipertensión, combate la arteriosclerosis y estimula la formación de glóbulos rojos, siendo muy adecuado en el tratamiento de la anemia. (72)

**Diurético:** Por el mismo ácido ascórbico, puede utilizarse como diurético en tratamientos de obesidad, al aumentar la micción. (72)

**Piel.:** El jugo de limón es muy adecuado para combatir las impurezas de la piel, constituyendo uno de los mejores astringentes. Un par de aplicaciones diarios sobre los granos, espinillas, costras, manchas de la piel, estrías del embarazo, etc. ayuda a la desaparición de las mismas. De igual manera muy adecuado en la cicatrización de llagas o heridas o picaduras de insectos (72)

## 1.2 ÁCIDO L- ASCORBICO (VITAMINA C)

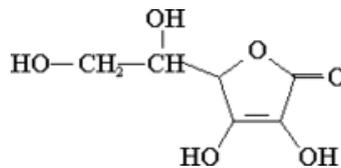


FIGURA N°1 ESTRUCTURA DEL ÁCIDO L- ASCÓRBICO

El **ácido ascórbico** es un ácido orgánico y un antioxidante, hidrosoluble sensible al calor. El ácido ascórbico tiene una estructura de lactona como se aprecia en la figura N°1. La acidez no se debe a un grupo carboxílico, sino a la posibilidad de que se ionice el hidroxilo situado sobre el carbono 3, formando un anión que queda estabilizado por resonancia. Su pK es de 4,04. Eventualmente, puede incluso dissociarse el hidroxilo situado en el carbono 2, formando un dianión, aunque su pK es mucho más alto (11.4), debido a que no está estabilizado por resonancia, como el del carbono 3.

El ácido ascórbico solamente se encuentra en concentraciones significativas en los vegetales (en los que se ignora cuál puede ser su posible papel biológico). En muchas frutas se encuentra en concentraciones elevadas (50 mg/100g en los cítricos), pero para muchas personas el aporte principal se obtiene de verduras y hortalizas, como repollo o coliflor. (34)

El ácido ascórbico es particularmente sensible a las reacciones de oxidación, destruyéndose con gran facilidad durante el procesado de los alimentos en presencia de oxígeno. La oxidación es dependiente del pH, ya que la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada. El di-anión es todavía más sensible, pero para que se forme en proporciones significativas es necesario un pH alcalino que no suele encontrarse en los alimentos. El ácido ascórbico es un potente agente reductor, capaz de reaccionar con el oxígeno, y utilizable por lo tanto como antioxidante. (34)(35)

### 1.2.1 CARACTERÍSTICAS

La vitamina C se oxida rápidamente y por tanto requiere de cuidados al momento de exponerla al aire, calor y agua. Por tanto cuanto menos calor se aplique, menor será la pérdida de contenido. Las frutas envasadas por haber sido expuestas al calor, ya han perdido gran contenido vitamínico, lo mismo ocurre con los productos deshidratados. En los jugos, la oxidación afecta por exposición prolongada con el aire y por no conservarlos en recipientes oscuros. (85)

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

Se absorbe en el intestino en un 90%. Las dietas ricas en zinc o pectina pueden disminuir la absorción, en tanto que ésta puede aumentar por sustancias en extracto cítrico natural. Si la ingesta de vitamina C es muy alta (por ejemplo suplementos de 12 g), la absorción es sólo del 16%. Las cantidades ingeridas mayores del nivel de saturación de los tejidos se eliminan por orina. (35)

### 1.2.2 FUNCIÓN

- Tiene múltiples funciones como coenzima o cofactor.
- Tiene una potente acción antioxidante
- Protege el organismo de los “radicales libres”

- Es estimulante de la absorción de hierro y bloqueante de la degradación de ferritina a hemosiderina, siendo la ferritina mejor suministro de hierro.
- Participa en la hidroxilación de la prolina para formar hidroxiprolina en la síntesis de colágeno, sustancia de la cual depende la integridad de la estructura celular en todos los tejidos fibrosos (tejido conjuntivo, cartílago, matriz ósea, dentina, piel y tendones). (34)
- Participa en la cicatrización de heridas, fracturas y hemorragias, también reduce el riesgo de infecciones. Es esencial para la oxidación de ciertos aminoácidos (fenilalanina y tirosina), en el metabolismo del triptofano y en la síntesis de noradrenalina.
- Promueve la resistencia a infecciones mediante la actividad inmunológica de los leucocitos, la producción de interferón, el proceso de la reacción inflamatoria o la integridad de las mucosas. Hay estudios que plantean que altas dosis de vitamina C pueden prevenir el resfrío, pero no hay acuerdo general sobre ello. Si tiene algún efecto es pequeño y no se recomienda la ingestión sistemática de grandes cantidades de vitamina C.
- Una alimentación rica en vitamina C ofrece una protección añadida contra todo tipo de cánceres. (34)(33)

### **1.3 CONTROL DE CALIDAD**

#### **1.3.1 DEFINICIÓN DE CALIDAD**

La palabra «calidad» proviene del latín *qualitas*, que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Sin embargo, en la actualidad y en sentido abstracto su significado es «grado de excelencia o superioridad» (Kader, et al., 1985).

Aceptando esta definición, se puede decir que un producto es de mejor calidad cuando es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente.

En términos del servicio o satisfacción que produce a los consumidores, podríamos también definirla como el «grado de cumplimiento de un número de condiciones que determinan su aceptación por consumidor».

Se introduce aquí un carácter subjetivo, ya que distintos consumidores juzgarán con un mismo producto de acuerdo con sus preferencias personales. (49)

### 1.3.2 PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD

La calidad es una percepción compleja de muchos atributos que son evaluados simultáneamente en forma objetiva o subjetiva por el consumidor. Por ejemplo, con sólo mirar el color, el consumidor sabe que un fruto está inmaduro y que no posee buen sabor, textura o aroma. Para evaluar la madurez, utiliza las manos para medir la firmeza u otras características perceptibles. La percepción del sabor, aroma y textura que se produce al ingerirlo, es la evaluación final en donde se confirman las sensaciones percibidas al momento de la compra. (49)

### 1.3.3 COMPONENTES DE LA CALIDAD

#### **1.3.3.1 Apariencia**

La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación y eventualmente la compra. La forma es uno de los subcomponentes más fácilmente perceptibles, aunque en general, no es un carácter decisivo de la calidad, a no ser que se trate de deformaciones o de defectos morfológicos. En algunos casos la forma es un indicador de la madurez y por lo tanto de su sabor.

La uniformidad es un concepto que se aplica a todos los componentes de la calidad (tamaño, forma, color, madurez, compacidad, etc.). Para el consumidor es un aspecto relevante que le indica que ya alguien que conoce el producto lo ha seleccionado y separado en categorías basadas en los estándares de calidad oficiales. (49)

La frescura y la madurez son parte de la apariencia y poseen componentes que son propios. También son indicadores del sabor y aroma que ha de esperarse al ser consumidas. Desde el punto de vista de la aceptación por el consumidor son términos equivalentes. «Frescura» es la condición de estar fresco o lo más próximo a la cosecha posible. Por ejemplo, las frutas almacenadas en atmósferas controladas alcanzan su calidad comestible al salir de la cámara, muchos meses después de haber sido cosechadas, dentro de los parámetros que definen la frescura y madurez, el color, tanto en intensidad como en uniformidad, es el aspecto externo más fácilmente evaluado por el consumidor. (49)



FIGURA Nº 2 LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD POR EL CONSUMIDOR

La frescura y la madurez son parte de la apariencia y poseen componentes que son propios. También son indicadores del sabor y aroma que ha de esperarse al ser consumidas. Desde el punto de vista de la aceptación por el consumidor son términos equivalentes. «Frescura» es la condición de estar fresco o lo más próximo a la cosecha

posible. Por ejemplo, las frutas almacenadas en atmósferas controladas alcanzan su calidad comestible al salir de la cámara, muchos meses después de haber sido cosechadas, dentro de los parámetros que definen la frescura y madurez, el color, tanto en intensidad como en uniformidad, es el aspecto externo más fácilmente evaluado por el consumidor. Como se observa en la figura N° 2 (49)

La textura, conjuntamente con el sabor y aroma, constituye la calidad gustativa.

La firmeza y el color son los principales parámetros para estimar el grado de madurez de un fruto ya que la maduración inicialmente mejora y ablanda la textura del fruto, lo que asociado a los cambios en el sabor y color, hace que alcance la máxima calidad comestible. La jugosidad es la sensación de derrame de líquidos en el interior de la boca a medida que los tejidos son masticados. El contenido de jugos de muchos frutos se incrementa a medida que madura en la planta. (49)

### **1.3.3.2 Flavor**

El flavor es la combinación de las sensaciones percibidas por la lengua (sabor o gusto) y por la nariz (aromas) (Wills et al., 1981). Sin bien son perfectamente separables unas de otras, por estar tan cerca los órganos receptores, simultáneamente al acto de acercarse a la boca, morder, masticar y degustar, estamos percibiendo los aromas, particularmente aquellos que se liberan con la trituración de los tejidos.

El aroma de las frutas está dado por la percepción humana de numerosas sustancias volátiles. Es común que especies de un mismo género posean aromas similares. La palabra aroma normalmente se utiliza para olores agradables, mientras que olor se denomina al resto (Martens y Baardseth, 1987). Frutas refrigeradas poseen menos aroma pues la liberación de volátiles disminuye con la temperatura. Al igual que el sabor, muchos aromas son liberados cuando se pierde la integridad de los tejidos. (49)

### **1.3.3.3 Valor nutritivo**

Desde el punto de vista nutritivo, las frutas no son suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales diarios, esencialmente por su bajo contenido de materia

seca. Poseen un alto contenido de agua y bajo de carbohidratos, de proteínas y de lípidos, pero son en general una buena fuente de minerales y vitaminas. La fibra dietética se puede definir como la porción vegetal que no puede ser digerida por las enzimas del tracto digestivo humano aunque sus componentes son metabolizados anaeróticamente en proporciones variables por la microflora del colon. La fibra dietética contribuye a la regulación del tránsito fecal, por lo que combate tanto la diarrea como el estreñimiento, contribuye a mantener los niveles de glucosa en sangre y a eliminar parte del colesterol circulante. Es útil en dietas contra la obesidad pues al digerirse en un bajo porcentaje, proporciona pocas calorías y el mayor tiempo y energía necesarios para masticarla hacen que se llegue antes al reflejo de la saciedad. En un adulto sano se considera óptima la ingesta diaria de 25 a 30 gramos de fibra dietética. (49)

El descubrimiento de que determinados alimentos poseían compuestos biológicamente activos y beneficiosos para la salud más allá de la nutrición básica, abrió una nueva etapa en la ciencia de la nutrición. Estos compuestos o sus metabolitos que han sido denominados «funcionales», ayudan a prevenir enfermedades como el cáncer, tienen un efecto protector ante problemas cardiovasculares, son neutralizantes de los radicales libres, reducen el colesterol y la hipertensión, previenen la trombosis, y otros efectos beneficiosos. Las frutas son particularmente ricas en fitoquímicos como los terpenos (carotenoides en frutos de color amarillo, naranja y rojo y limonoides en cítricos), fenoles (los colores azul, rojo y violeta de las cerezas, uvas, berenjenas, berries, manzanas y ciruelas), lignanos (brócoli), y tioles (compuestos que poseen azufre, presentes en ajo, cebolla, puerro y otros alliums y en repollos y coles en general). (49)

#### **1.3.3.4 Seguridad**

Las frutas no solamente deben ser atractivas en cuanto a su apariencia, frescura, presentación y valor nutritivo, sino también su consumo no debe poner en riesgo la salud. El consumidor no tiene forma de detectar la presencia de sustancias nocivas y depende enteramente de la seriedad y responsabilidad de todos los integrantes de la cadena de producción y distribución. Necesariamente debe confiar en ellos, además de las precauciones que normalmente toma tales como lavar, pelar y/o cocinar al producto antes

de consumirlo. Sin embargo, esta confianza es muy volátil y cualquier sospecha sobre la seguridad de un alimento tiene un impacto tremendo a nivel de consumidor. La seguridad de los alimentos consiste en la ausencia de sustancias dañinas para la salud y tradicionalmente la presencia de plaguicidas sobre el producto ha sido la principal preocupación de la opinión pública. Sin embargo, existen muchos otros contaminantes potencialmente tan o más peligrosos, como la presencia de microorganismos patógenos, micotoxinas, metales pesados, etc.

Por ser las frutas consumidas en fresco y muchas veces con la piel o cáscara, todo organismo patógeno para el ser humano que pueda transportarse sobre su superficie constituye un peligro potencial. Bacterias como *Shigella* spp, *Salmonella* spp., *Aeromonas* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* así como las toxinas producidas por *Clostridium botulinum* y otras han sido identificadas como responsables de enfermedades alimentarias transmitidas por la ingestión de frutas y hortalizas. El virus de la Hepatitis A ha sido detectado también en productos frescos así como parásitos como *Entamoeba histolyca* y *Giardia lamblia*. (49)

Los agroquímicos actuales son menos tóxicos y persistentes además de ser más específicos y sus productos de degradación son generalmente inocuos. También se han desarrollado mejores métodos de laboratorio para su detección, además de existir una mayor concientización en su uso, tiempos de espera, dosis, etc. (49)

#### 1.3.4 LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE CALIDAD

La obtención de un producto de calidad se inicia mucho antes de plantarse la semilla: la elección del terreno, su fertilidad y capacidad de riego, el control de malezas y rotaciones, la preparación del suelo, la elección de la semilla y otras decisiones tienen influencia en la calidad del producto a obtenerse. De la misma manera son determinantes las condiciones climáticas durante el cultivo, así como los riegos, fertilizaciones, control de plagas y enfermedades y otras prácticas culturales. Una vez cosechado, sin embargo, depende únicamente de sus reservas. Las frutas continúan viviendo después de la cosecha: respiran, transpiran y están sujetas a continuos cambios - la mayor parte de ellos

no deseables - los que determinan la declinación de la calidad interna y externa. La velocidad de este deterioro depende del tipo de producto, condiciones de cultivo y otros factores, pero principalmente de las condiciones en que es mantenido: temperatura, humedad relativa, movimiento y composición del aire, etc. Los cambios que ocurren en la post-cosecha no pueden ser detenidos, sino que son demorados dentro de ciertos límites. Por estas razones, el proceso de preparación para mercado debe ser rápido y eficientemente realizado para evitar las pérdidas de calidad. (49)

Además del deterioro natural y de los daños fisiológicos y mecánicos las podredumbres son también responsables de la pérdida de calidad. Las pérdidas de post-cosecha debido a microorganismos pueden ser severas, particularmente en climas cálidos con alta humedad relativa. Los frutos en estado de descomposición pueden contaminar al resto. Adicionalmente, la producción de etileno se intensifica en estas condiciones y acelera el ritmo de deterioro.

Los frutos inmaduros son normalmente más resistentes al ataque de patógenos y las defensas se debilitan con la maduración. Asimismo, es posible que la infección tenga lugar cuando el fruto es inmaduro y se manifieste posteriormente, cuando las defensas se debilitan (Dennis, 1987). Además de los tratamientos sanitarios y desinfecciones que se realizan, el control de la temperatura es la principal herramienta ya que disminuye la actividad metabólica de los microorganismos y se mantienen altas las defensas naturales del producto. El control de la humedad relativa, particularmente para evitar la condensación de agua sobre el producto, así como las atmósferas controladas son también útiles para el control de las enfermedades de post-cosecha. (49)

### 1.3.5 CALIDAD Y VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS

Las exigencias actuales del mercado conllevan la oferta de productos de la máxima calidad. En el caso de los productos deshidratados los aspectos de calidad más importantes son el color y la textura. Si el alimento se va a consumir rehidratado (como es el caso de sopas de vegetales) un aspecto muy importante es la capacidad de rehidratación, es decir se trata de conseguir alimentos que no sólo absorban el agua de la

forma más rápida posible, sino que además sus características (color, textura.) sean lo más aceptables para el consumidor. Otro aspecto muy importante en cuanto a la calidad de los alimentos es la vida útil de los mismos. La vida útil de un alimento, el periodo de tiempo para que un producto llegue a ser no aceptable desde los puntos de vista sensorial, nutritivo o de seguridad. Existen multitud de aspectos que van a influir sobre la vida útil de un alimento, como son los tratamientos a que ha sido sometido el alimento, el tipo de envase utilizado, la temperatura de almacenamiento, etc. (30)

#### **1.4 DESHIDRATACIÓN**

En general, se entiende por deshidratación la eliminación del agua contenida en un sólido por medio de aire caliente, tomando siempre en cuenta los mecanismos de transporte de materia así como la transmisión de calor. El secado con aire caliente es uno de los métodos más utilizados para la deshidratación de frutas y los equipos más empleados son los secadores tipo plataforma, de bandejas y de túnel. (51)

Desde los tiempos más antiguos se ha venido empleando la deshidratación natural, método basado en el aprovechamiento del calor solar y del viento, que todavía se practica en la actualidad a pesar de los adelantos de la ciencia de la alimentación. El progreso que han tenido los métodos de deshidratación, son los que permiten hoy en día obtener productos deshidratados de excelentes condiciones tanto en calidad como en presentación y que son mucho mejor que los conseguidos por procedimientos primitivos. (52)

El volumen, la velocidad y la temperatura del aire de secado varían de acuerdo con la humedad relativa, con la presión atmosférica y con la carga de agua del alimento, haciendo que los tiempos de secado fluctúen entre las 12 y 24 horas y dejando al producto deshidratado entre un 7.0% y un 3.0% de humedad final.

Los productos deshidratados son muy solicitados ya que son totalmente naturales, son ricas fuentes de fibra, no engordan, tienen también un valor nutritivo comparable con el producto fresco y pueden ser consumidos a cualquier hora. Algunas de sus vitaminas, en especial las hidrosolubles (vitamina C, B1, B2, B6, B12, etc.) se disminuye su contenido

al someter el producto al calor, mientras que las liposolubles (vitamina A, D, E, etc.) permanecen casi inalterables, igualmente sucede con los minerales.

Durante la deshidratación las pérdidas de vitamina C varían entre el 10% 50% y las de vitamina A entre el 10% y 20%. La adición de SO<sub>2</sub>, durante la desecación de las frutas, mejora la retención de ácido ascórbico y de caroteno, por que inhibe la oxidación e impide el pardeamiento enzimático. (68)

Los productos deshidratados nunca regresan a su forma y tamaño original.

El secado es el proceso por el cual se elimina una parte del agua en condiciones ambientales naturales, aunque también se puede utilizar una fuente de calor. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración. (53)

De acuerdo con **King** (1974) el objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de un producto para lograr períodos de almacenamiento más largos. La calidad y el costo de un producto están influenciados fuertemente por la operación de secado. La calidad se evalúa por la cantidad de degradaciones físicas y bioquímicas que ocurren en el alimento y depende de la temperatura, el tiempo de secado y de la actividad de agua. (16)

La conservación implica el mantenimiento de las cualidades nutritivas del alimento durante bastante tiempo; a menudo meses e incluso años.(40)

El objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de un producto para lograr periodos de almacenamiento mas largos.La calidad y el costo de un producto están influenciados fuertemente por la operación del secado y de la actividad del agua. (44). Los requerimientos de almacenamiento secos son mínimos y los costos de distribución son reducidos.(45)

#### 1.4.1 SECADO Y DESHIDRATACIÓN

Aunque ambos términos se aplican a la eliminación del agua de los alimentos, en la tecnología de los alimentos el término **secado** se refiere a la desecación natural, como la

que se obtiene exponiendo el producto a la acción del sol y el de deshidratación designa el secado por medios artificiales, como la exposición del producto a una corriente de aire caliente. (26)

La deshidratación implica el control sobre las condiciones climáticas dentro de una cámara o el control de un micro medio circundante. El secado solar está a merced de los elementos. (51)

Los alimentos secados en deshidratadora pueden tener mejor calidad que sus duplicados secados al sol. Se necesita menos terreno para la actividad deshidratadora. (12)

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptable bajo. El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y, con frecuencia, el producto que se extrae de un secadero pasa a empaquetado (75)

La operación de secado es ampliamente utilizada en la industria química, a pesar de ser mas económico la eliminación de humedad por métodos mecánicos que por métodos térmicos. (42)

#### 1.4.2 EL SECADO

“El secado se refiere a la remoción de líquido de un sólido por evaporación” (Perry, 1984)

El secado es el proceso más antiguo utilizado para la preservación de alimentos, siendo uno de los métodos más comunes vigentes de mayor importancia en todos los sectores para la producción de productos sólidos. (76)

Todos los granos y los cereales son conservados por secado. Algunas frutas y hortalizas también son conservadas por este método el cual difícilmente requiere de esfuerzos humano si se realiza naturalmente. (79)

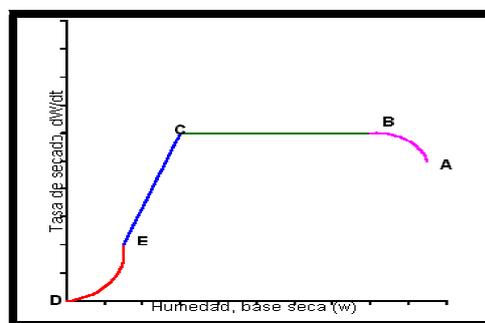
La deshidratación de alimentos es un proceso que involucra la transferencia de masa y energía. El entendimiento de estos dos mecanismos en el alimento a secar y el aire o gas de secado, así como las propiedades termo-físicas, de equilibrio y transporte de ambos sistemas, son de vital importancia para modelar el proceso y diseñar el secado. El objetivo principal del secado de fruta es remover agua del sólido hasta un nivel en donde el crecimiento microbiológico y la deterioración por reacciones químicas sean minimizadas.(52)(22)

### 1.4.3 CURVAS DE SECADO

La cinética de secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, con la propia humedad o las dimensiones del equipo.

La intensidad de evaporación se determina a través de la velocidad de secado, que es el cambio de humedad (Base seca) en el tiempo.

A partir de las curvas de cinética de secado ( $x$  vs  $t$ ,  $dx/dt$  vs  $x$ ) que deben ser obtenidas a nivel de laboratorio, pueden tenerse una idea del tiempo de secado, del consumo de energía, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc.



**FIGURA N°3 CURVA DE SECADO. HUMEDAD VS TASA DE SECADO**  
FUENTE: Brito,H .Texto Basico de operaciones unitarias III

En la figura N°3 observamos que al inicio (AB) el producto experimenta un pequeño aumento de temperatura. Luego la tasa de remoción de agua se vuelve constante (BC), con el producto a la temperatura de bulbo húmedo del aire. En esta etapa, la velocidad de secado está limitada por la tasa de transferencia de calor desde el aire a la superficie líquida. Cuando se alcanza el contenido de humedad crítico (C) la velocidad de secado es decreciente (CE). Puede existir un segundo período de velocidad decreciente (ED) en donde la humedad relativa de equilibrio para el material es menor del 100% ( $a_w < 1$ ). La velocidad de secado decreciente es controlada por la difusión de humedad hacia la superficie. En el punto D se alcanza el contenido de humedad de equilibrio y el producto deja de perder humedad. (8)

Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo, este será útil para la determinación directa del tiempo necesario en el secado discontinuo de grandes partidas bajo las mismas condiciones de secado. (29)

#### 1.4.4 TIPOS DE DESHIDRATACIÓN

##### 1.4.4.1 Deshidratación al aire libre

Está limitada a las regiones templadas o cálidas donde el viento y la humedad del aire son adecuados. Generalmente se aplica a frutas y semillas, aunque también es frecuente para algunas hortalizas como los pimientos y tomates. (52)

##### 1.4.4.2 Deshidratación por aire

Para que pueda llevarse a cabo de forma directa, es necesario que la presión de vapor de agua en el aire que rodea al producto a deshidratar, sea significativamente inferior que su presión parcial saturada a la temperatura de trabajo. Puede realizarse de dos formas: por partidas o de forma continua, constanding el equipo de: túneles, desecadores de bandeja u horno, desecadores de tambor o giratorios y desecadores neumáticos de cinta acanalada, giratorios, de cascada, torre, espiral, lecho fluidificado, de tolva y de cinta o banda.

Este método se emplea para productos reducidos a polvo, para productos de pequeño tamaño y para hortalizas desecadas. (52)

#### **1.4.4.3 Deshidratación por rocío**

Los sistemas de deshidratación por rocío requieren la instalación de un ventilador de potencia apropiada, así como un sistema de calentamiento de aire, un atomizador, una cámara de desecación y los medios necesarios para retirar el producto seco. Mediante este método, el producto a deshidratar, presentado como fluido, se dispersa en forma de una pulverización atomizada en una contracorriente de aire seco y caliente, de modo que las pequeñas gotas son secadas, cayendo al fondo de la instalación. Presenta la ventaja de su gran rapidez (5)

#### **1.4.4.4 Deshidratación por congelación**

Consiste en la eliminación de agua mediante evaporación directa desde el hielo, y esto se consigue manteniendo la temperatura y la presión por debajo de las condiciones del punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos, tomando el del agua un valor de 0,0098°C). (41)

Este método presenta las siguientes ventajas: se reduce al mínimo la alteración física de las hortalizas, mejora las características de reconstitución y reduce al mínimo las reacciones de oxidación y del tratamiento térmico. (51)

#### **1.4.4.5 Deshidratación en bandejas**

Un secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan en grupos de bandejas, en el caso de sólidos particulados o amontonados en repisas, en el caso de objetos grandes. La transmisión de calor puede ser directa del gas a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de gas caliente, o indirecta, utilizando repisas, serpentines de calefacción o paredes refractarias en el interior de la cubierta. (83)

Es así que los secadores de bandeja son los más antiguos y aún los más utilizados. Consisten de una cabina en el que el material a secar se esparce en bandejas (4-20). Cada bandeja puede ser de forma cuadrada o rectangular con un área que en promedio se de 1.25m<sup>2</sup>; se recomienda esparcir el material hasta una altura máxima de 1.5 cm. El secado puede durar hasta dos días dependiendo del tipo de material y su contenido de humedad, los secadores de bandeja son los más antiguos y aún los más utilizados. (27). (15).

Cuando la consistencia de la materia prima o del producto seco es tal que puede manejarse en bandejas, se utiliza un tipo cualquiera de secador de compartimentos que se incluyen sustancias mojadas o plásticas y masas granulares tales como materiales cristalinos, pastas y precipitados.

El aparato consta esencialmente de una cámara rectangular que tiene las paredes recubiertas de material aislante de calor. En el interior de la cámara hay estanterías hechas de ángulo ligero sobre las que las bandejas pueden deslizarse. Existe un dispositivo para circulación del aire sobre bandejas. Están provistos de dispositivos para calentar el aire en el interior del secador en lugar de hacerlo fuera de él. (78)

Las dimensiones normales de las bandejas son de 75 cm de largo por 10 a 15cm de profundidad. El aire circula entre 2 y 5 m/seg. El secado se prolonga de 4 a 48 horas y se emplean para secar productos valiosos. (77)

Con objeto de proporcionar una buena distribución del aire a lo largo del secadero, es necesario tener velocidades del mismo relativamente altas (este efecto lo produce el ventilador) por ejemplo 100m/min. Esto indica que el tiempo de contacto del aire con las bandejas en un solo paso a lo largo del secadero es pequeña, de forma que la mayor parte de los casos del 80 al 90 % del aire descargado por el ventilador se hace recircular haciéndolo volver sobre las bandejas y únicamente del 10 al 20% se toma como aire fresco que al final del ciclo cuando la carga está completamente mojada, puede tomarse algo más de aire fresco que al final del ciclo cuando la carga esta casi seca. El accionamiento de las válvulas se efectúa normalmente por instrumentos de control automático. (51)

Estos equipos tienen dos variaciones, una de secado directo en el cual el aire caliente es forzado a circular por las bandejas. La otra de secado indirecto, donde se utiliza el aire caliente proveniente de una fuente de calor radiante dentro de la cámara de secado y una fuente de vacío o un gas circulante para que elimine la humedad del secador. (18)

Las bandejas pueden ser de fondo liso o enrejado. En estas últimas, el material se debe colocar sobre un papel, tela o fibra sintética especial donde la circulación del aire caliente fluye sobre el material desde arriba hasta abajo.

El material de soporte debe facilitar la limpieza y prevenir la contaminación del producto. En el secador la temperatura y el flujo deben ser muy uniformes. En general la velocidad de flujo recomendada para 100 kg del material es de 200 pies/min. (18)

La fuente energética de estos secadores puede ser de: vapor, electricidad, o hidrocarburos como carbón, petróleo, aceite y gas. Estos dos últimos calientan mucho más y son de bajo costo de funcionamiento, pero tienen el inconveniente de contaminar el producto y producir explosiones. Los secadores que funcionan con vapor son más baratos que los eléctricos y se aconsejan para equipos grandes. (7)

#### 1.4.4.6 **Ventajas:**

-Cada lote del material se seca separadamente.

-Se pueden tratar lotes de tamaños entre 10 a 250 kg.

- Para el secado de materiales no necesita de aditamentos especiales.

- Los granulados obtenidos en este secador son más densos, duros e irregulares que los obtenidos en lecho fluidizado, ya que éstos tienden a ser más porosos, menos densos y más esféricos.(18)

#### **1.4.4.7 Desventajas**

- La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento, el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. (6)
- Algunos alimentos son termoplásticos; sustancias que se funden o se ablandan al calor. Se producen cambios del estado cristalino- amorfo (concretamente azúcares) estos fenómenos origina el pegado de alimentos entre sí y con las paredes de los aparatos. (7)
- Surgen diversas reacciones de deterioro con energía de activación relativamente elevada, desde que la temperatura de secado sobrepasa un cierto nivel. Se trata del pardeamiento no enzimático incluso resulta acelerado a causa del momentáneo aumento de las concentraciones de solutos en el alimento.
- La velocidad de pardeamiento es máxima para una actividad de agua en torno a 0.6 y se aconseja mantener el alimento en esa zona el menor tiempo posible, durante el secado. El pardeamiento no enzimático modifica desfavorablemente el color, sabor, valor nutritivo y a veces también la capacidad de rehidratación de los alimentos. (7)(31)
- Otros fenómenos, la pérdida por evaporación, de sustancias aromáticas volátiles. Esta pérdida no solo depende de la masa molecular y presión de vapor de esas sustancias, sino también de su solubilidad en el agua. A pesar de la temperatura relativamente elevada, la baja presión parcial de vapor de agua e incluso algunas veces el vacío, muchas de las sustancias aromáticas volátiles sólo se escapan parcialmente. (2)

#### 1.4.5 DESHIDRATACIÓN POR MICROONDAS



**FOTOGRAFÍA N°3 DESHIDRATACION DEL LIMON EN MICROONDAS**

En la fotografía N°3 Se observa el microondas que se utilizo para deshidratar el limón a diferentes potencias.

##### **1.4.5.1 Microondas**

Actúa gracias a un campo electromagnético que hace vibrar y friccionar las moléculas de agua que contienen los alimentos, produciéndose un calor interno que permite su calentamiento o cocción. El alimento una vez calentado o cocinado no emite ningún tipo de radiación. (65)

Los microondas emiten ondas electromagnéticas dentro del aparato y actúan sobre las moléculas de agua que contienen los alimentos y las agitan a gran velocidad. El calor generado se propaga a todo el alimento rápidamente por conducción. Es mejor el horno con plato giratorio o con generador giratorio para que las ondas se repartan mejor.

Posee una fuente emisora de ondas electromagnéticas, las microondas, que provocan una fricción entre las moléculas de agua del interior del alimento, lo que produce calor que se transmite al resto de moléculas por contacto. Así se calienta el alimento. Las microondas penetran 1 ó 2 centímetros de profundidad y posteriormente el calor se difunde (28)

Los microondas calientan los alimentos de dentro a fuera, provocando una mayor deshidratación en el interior que en la parte externa.

Como los alimentos se cuecen en su propio contenido de agua y a menos de 100 grados centígrados de temperatura, se pierden menos sales y se destruyen menos vitaminas. Los alimentos cocinados o calentados con microondas tienen menor concentración de sustancias cancerígenas en comparación con los cocinados por otros métodos.

Existía la duda de que las temperaturas alcanzadas con estos aparatos fueran lo suficientemente altas para eliminar a las bacterias nocivas. Tras diversos estudios se comprobó que este riesgo se puede evitar cubriendo el alimento durante el calentamiento, para favorecer una distribución del calor más uniforme y así alcanzar una temperatura adecuada para prevenir el desarrollo de m.o patógenos. (57)

Puesto que el horno es hermético, no es posible que las microondas sean capaces de salir al exterior y provocar daños a la salud

Conviene no utilizar utensilios de metal, ni papel aluminio, ya que reflejan las microondas contra las paredes del horno, e impiden que el alimento se caliente. Tampoco, usar vajillas de cerámica si tienen dibujos o adornos, ya que pueden haberse utilizado pinturas con algún elemento metálico. (56)

#### **1.4.5.2 Secado Por Microondas**

Estos equipos generan energía radiante en forma de microondas. Estas ondas penetran el núcleo del material haciendo que el agua se evapora muy rápidamente. Este principio se puede combinar con los secadores de lecho móvil o estático. Es útil para secar a bajas temperaturas material termolábil como proteínas, vitaminas, enzimas etc. Este equipo ahorra bastante energía en los procesos de secado. (58)

Las microondas son parte del espectro electromagnético en el intervalo de frecuencia comprendido entre las zonas del infrarrojo y las ondas de radio (300 MHz-300 GHz); dicho intervalo corresponde a longitudes de onda entre 1 m y 1 mm. Debido a la proximidad existente entre las bandas de las microondas y de las ondas de radio, pueden solaparse las primeras en la zona de las ondas del radar.

Las microondas se generan en el magnetrón, dispositivo que transforma la energía eléctrica en un campo electromagnético. Cuando las microondas se aplican a los alimentos, la polaridad del campo electromagnético que se origina cambia de dirección varios millones de veces por segundo. Así, los componentes polares e ionizables (agua y sales minerales, principalmente) intentan orientarse con la dirección de dicho campo electromagnético, produciéndose fricciones y choques entre las moléculas que dan lugar a un aumento de la temperatura en el interior del alimento, hecho que diferencia el calentamiento con microondas de los tratamientos térmicos tradicionales. Una vez se genera calor en el alimento, éste se transmite por conducción y convección térmica. (57)

Debemos decir que existen algunas diferencias entre cocción convencional y por microondas. En la cocina convencional tenemos calor directo, por esta razón se debe usar aceites, agregar líquidos y revolver para que la comida no se queme. En el horno tradicional, en tanto, encontramos un calor ambiental. Este va secando y dorando el alimento de afuera hacia dentro, por lo que la cocción resulta lenta y las carnes van perdiendo su jugo. En cambio, en el horno microondas no hay calor directo ni ambiental. Por ello, ningún alimento se pega ni necesita aceite, y las carnes guardan el jugo en su interior. Las microondas llegan con mayor fuerza a la parte exterior de la bandeja giratoria y con menor intensidad a la parte central. Cocinan en forma pareja hasta 3 1/2 cms. de profundidad, perdiendo después la fuerza. Para equilibrar esta diferencia de temperaturas, tenemos que revolver una o dos veces durante la cocción o el recalentamiento.. (57)

En el caso de los microondas sin grill, sirven para calentar, descongelar y cocinar alimentos como si fueran hervidos. Son ideales para usuarios que únicamente utilizarán el microondas para este uso; se trata del modelo más económico.

Por su parte, los microondas con grill, gracias a que lo incorporan, ayudan con ello a cocinar los platos. Permiten más funciones que los que no lo tienen, por ejemplo: cocinar, dorar, gratinar o asar alimentos. El grill consiste en una resistencia eléctrica que normalmente se sitúa en el techo interior del microondas y emite un calor seco para conseguir que los alimentos se doren. (56)

### 1.4.5.3 Potencia

A mayor potencia, el microondas cocina con mayor rapidez. Así, por ejemplo, si queremos cocinar un pollo de 1 kg a 1.400 Kw de potencia, tardaremos 10 minutos; si lo hacemos a 1.300 Kw, 11 minutos; a 1.200 Kw, 12 minutos y a 1.000 Kw, 14 minutos.

Las potencias pueden variar entre 800 W y 950 W. Pero además, existen diversos niveles de potencia. Los modelos de microondas con menor potencia tienen de 2, 4 a 5 niveles de potencia, mientras que los de mayor potencia tienen de 5 a 8.

La potencia es importante porque, junto con el tiempo, determina cómo va a descongelarse, calentarse o cocinarse un alimento. (64)

### 1.4.5.4 Niveles de potencia

En cada horno podemos encontrar unos símbolos que determinan el nivel de potencia que se necesita para las distintas funciones, por ejemplo para descongelar, calentar o cocinar.

- Al 100% de potencia podemos cocer, descongelar productos precocinados o calentar rápidamente.
- Al 75% de potencia se puede cocer al baño maría y cocinar productos más delicados.
- Al 50% de potencia básicamente la función es descongelar piezas grandes durante los 2 primeros minutos.
- Al 25% de potencia sirve fundamentalmente para descongelar.

Al 15% de potencia, únicamente es para mantener caliente el alimento. (55)

### 1.4.5.5 Influencia sobre el valor nutritivo



FOTOGRAFÍA N°4 VALOR NUTRITIVO

En la fotografía N°4 Se observa cómo puede influir los aspectos físicos en el valor nutritivo.

En lo que se refiere al valor nutritivo de los alimentos, hasta la fecha no se ha comprobado que las microondas provoquen mayores pérdidas nutritivas que otros métodos de cocción tradicional. Incluso en el caso de los productos congelados, al ser la cocción más rápida, se reduce la pérdida vitamínica. Además, los alimentos se cuecen en su propio jugo, de modo que se reduce la pérdida de nutrientes que se produce cuando se cocinan en medios líquidos. (58)

Se ha comprobado que en este método conserva el color natural de frutas y vegetales, así como los nutrientes como la Vitamina C, cuya presencia es indicador del efecto de los tratamientos térmicos. (58)

Para disipar todo resquemor, la OMS aseguró que «no existe ninguna prueba científica de que la salud de los consumidores de alimentos preparados en los hornos microondas corra algún riesgo, siempre que se sigan las instrucciones del fabricante».

Y el principal riesgo de los hornos microondas no se deriva de la naturaleza de las ondas electromagnéticas, sino de su muy superior eficacia para calentar los alimentos. (57)

#### **1.4.5.6 Ventajas de la deshidratación de la microonda**

##### **Rapidez**

Las recetas las realiza en un tiempo mucho más corto del que se necesita con el horno tradicional.(66)

##### **Alimentos más sanos**

Como los alimentos se cuecen en su propio contenido en agua y a menos de 100 grados centígrados de temperatura, se pierden menos sales y se destruyen menos vitaminas. Se aumenta la calidad del alimento porque la aplicación del tratamiento es ms corto en tiempo. (A) (65)

### **Sabores más naturales**

Al cocerse los alimentos con su propia agua, no pierden ninguno de sus componentes y presentan sabores más naturales. (66)

### **Comodidad**

Se elimina la utilización de ollas o cazuelas ya que se cocina en los mismos utensilios con los que después se puede comer. Por otra parte, limpiar el microondas sólo requiere pasar un paño húmedo por las paredes del horno. (65)

### **Ahorro de energía**

En los hornos microondas se distinguen dos tipos de potencia, la potencia absorbida que es la que consume la red cuando se enciende y la potencia de salida que es la energía eléctrica que se convierte en energía calorífica. La relación entre las dos suele ser del 50%, por tanto supone un rendimiento más alto que el de los sistemas tradicionales como el horno eléctrico o las placas de cocción. Sobre el proceso de deshidratación por microondas se determinó la influencia de factores como el espesor y la presión de trabajo. Se determinó la bondad de estos procesos como técnicas de conservación de alimentos de acuerdo con las características organolépticas y microbiológicas que los productos presenten. (65)

El tiempo es el factor de mayor peso sobre los alcances de la deshidratación por microondas, ya que este es un proceso bastante rápido porque el calentamiento se efectúa directamente en el producto. (65)

### **Calentamiento selectivo**

Porque calienta solo al alimento. Esto es una diferencia respecto al horno convencional porque en este calentamos el aire, el alimento, el recipiente, las paredes et.

### **Control**

Solo se calienta el alimento mientras está funcionando el microondas. Esto es una diferencia respecto al horno convencional porque en este se empieza a calentar el

alimento la vez que se calienta el horno y una vez se acaba de calentar, el horno sigue emitiendo el calor acumulado, en paredes , recipientes.(A)

#### **1.4.5.7 Desventajas de la deshidratación de la microonda**

##### **Uniformidad**

Si el diseño del microondas no es adecuado o la forma del alimento no es regular, el campo eléctrico será más intenso en unas zonas que en otras, permitiendo la existencia de puntos fríos y calientes.

##### **Se producen reacciones de Maillard**

Las reacciones de Maillard, son aquellas reacciones que sufren algunos productos, que le otorgan el color característico (A)

#### **1.4.6 EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN EN LOS ALIMENTOS**

La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento (adición de cloruro cálcico al agua de escaldado), el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido en agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. (46)(62)

#### **1.4.7 TÉCNICA DE DESHIDRATACIÓN DE FRUTAS CON MICROONDAS AL VACÍO**

La utilización de frutas y hortalizas como ingredientes en procesos de fabricación de productos elaborados da lugar a disminuciones importantes en la vida útil de estos productos, al ser altamente perecederos y, por tanto, requieren técnicas de conservación

como pueden ser la congelación o deshidratación, para, de este modo, prolongar su vida comercial. Sin embargo, la utilización de estas técnicas lleva asociados efectos sobre las propiedades nutricionales y organolépticas de las frutas y hortalizas. En la actualidad, muchos de los proyectos de investigación de la industria alimentaria van encaminados a minimizar esos efectos indeseados.(55)

El resultado ha sido un proceso de deshidratación mucho más suave que los que se venían utilizando hasta ahora, de modo que los componentes más sensibles de las frutas y hortalizas, como es el caso de las vitaminas y los antioxidantes, pueden quedar intactos.

En este proyecto, se ha comprobado que el contenido en vitaminas es mucho mayor en los productos sometidos a estos procesos que en aquellos que han sido sometidos a procesos de congelación. Además de los componentes nutricionales, también las propiedades organolépticas de sufren menos alteraciones. Poniendo algún ejemplo de este proceso, algunas características, como el color y la textura son las que se mantienen estables tras el tratamiento. Según los expertos, aunque los ensayos se han desarrollado con fresas, los investigadores afirman que este método también puede ser aplicado en otros vegetales y frutas, como manzanas, hortalizas, etc.

Fruto de estas investigaciones, una empresa ha comenzado a comercializar snacks de frutas deshidratadas obtenidas mediante proceso de deshidratación. (55)

## **1.5 ANÁLISIS PROXIMAL**

Entendemos por Análisis Básico (proximal), la determinación conjunta de un grupo de sustancias estrechamente emparentadas. Comprende la determinación del contenido de agua, proteína, grasa (extracto etéreo), cenizas y fibra; las sustancias extractibles no nitrogenadas (ELN) se determinan por cálculo restando la suma de estos 5 componentes de 100%, para subrayar que se trata de grupos de sustancias más o menos próximas y no de compuestos individuales, los analistas suelen usar el término bruta y/o cruda detrás de proteína, grasa o fibra. (17)

Como todas las determinaciones son empíricas es preciso indicar y seguir con precisión las condiciones del analista. Los resultados obtenidos en las determinaciones de cenizas y

contenido de agua están muy influidos por la temperatura y el tiempo de calentamiento. Cualquier error cometidos en las determinaciones de los cinco componentes citados aumenta la cifra de las sustancias extractibles no nitrogenadas. (17)

### 1.5.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas (Comité de Normas alimentarias, 1979), pero su determinación precisa es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contienen proporciones variables de ambas formas. (17)

En la mayoría de las industrias alimentarias, la humedad se suele determinar a diario. Los niveles máximos se señalan frecuentemente en las especificaciones comerciales. (17)

Existen para esto varias razones, principalmente las siguientes:

- El agua si está presente por encima de ciertos valores, facilita el desarrollo de microorganismos.
- El agua es el adulterante por excelencia para ciertos alimentos como leche, quesos, mantequilla, etc.
- Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua. Por ejemplo la sal, azúcar.
- La cantidad de agua puede afectar la textura. Ejemplo carnes curadas.
- La determinación del contenido de agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos. (17)

### 1.5.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS.

El concepto de residuo de incineración o cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un alimento en condiciones determinadas. Una vez que se eliminan otras impurezas posibles y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde con el contenido de minerales del alimento. (17)

La determinación de cenizas es importante porque:

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

### 1.5.3 DETERMINACIÓN DE FIBRA

La fibra cruda o bruta representa la parte fibrosa e indigerible de los alimentos vegetales, químicamente está constituida por compuestos poliméricos fibrosos carbohidratados (celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas, mucílagos) y no carbohidratados (lignina, polímero del fenilpropano). El organismo humano carece de sistemas enzimáticos que degraden estos polímeros y por ello aparecen inalterados en el intestino grueso (colon) y ejercen una acción reguladora del peristaltismo y facilitan la evacuación de las heces fecales. (19)

El AOAC define a la fibra cruda como “la porción que se pierde tras la incineración del residuo seco obtenido después de digestión ácida-alcalina de la muestra seca y

desengrasada en condiciones específicas”. La fibra contribuye a la textura rígida, dura y a la sensación de fibrosidad de los alimentos vegetales. (17)

#### 1.5.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

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

#### 1.5.5 pH

La acidez medida por el valor de pH, junto con la humedad son, probablemente, las determinaciones que se hacen con más frecuencia. El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos.

Se puede determinar colorimétricamente mediante los indicadores adecuados, pero, para su mayor exactitud, se ha de recurrir a métodos eléctricos mediante el uso de pH-metros. (17)

### 1.6 MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

La cromatografía es un método de separación con alta resolución. Es un método físico de separación, donde los componentes se distribuyen en dos fases: una fase estacionaria y una fase móvil, que se va moviendo y transporta a los componentes a distintas velocidades por el lecho estacionario.

Los procesos de retención se deben a continuas adsorciones y desorciones de los componentes de la muestra a lo largo de la fase estacionario. (14).

Hay varios tipos de cromatografía. Los más importantes son:

- Cromatografía en columna: que puede ser líquida o de gases.
- Cromatografía líquida de alta presión.
- Cromatografía de gases.
- Cromatografía en papel.
- Cromatografía en capa fina. (32).

### **1.6.1.HPLC**

La Cromatografía líquida de alta eficacia o High performance liquid chromatography (HPLC) es un tipo de cromatografía en columna utilizada frecuentemente en bioquímica y química analítica. También se la denomina a veces Cromatografía líquida de alta presión o High pressure liquid chromatography (HPLC), aunque esta terminología se considera antigua y está en desuso. El HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.

#### **Diámetro interno**

El diámetro interno de una columna de HPLC es un aspecto crítico que determina la cantidad de muestra que se puede cargar a la columna y también influye en su sensibilidad. Las columnas de diámetro interno más grande (>10 mm) se utilizan normalmente en la purificación de compuestos para su utilización posterior. En cambio, las columnas de diámetro interno menor (4-5 mm) se utilizan en el análisis cuantitativo de las muestras, y se caracterizan por el aumento la sensibilidad y la minimización del consumo de disolventes que conllevan. Estas columnas se suelen denominar columnas de rango analítico y normalmente están asociadas a un detector UV-VIS. Aparte, existen otros tipos de columnas, como las de tipo capilar, con un diámetro inferior a 0.3 mm, utilizadas principalmente en espectrometría de masas.

### **Medida de las partículas**

La mayoría de HPLC tradicionales se realiza con una fase estacionaria unida al exterior de partículas esféricas de sílica. Estas partículas pueden tener diferentes medidas, siendo las de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro las más utilizadas. Partículas más pequeñas ofrecen una mayor superficie y una mejor separación, pero la presión que se requiere por obtener una velocidad lineal óptima aumenta de forma inversamente proporcional al cubo del diámetro de la partícula. Esto significa que disminuir la medida de las partículas a la mitad, aumentaría la resolución de la columna, pero a la vez, aumentaría la presión necesaria en un factor de ocho.

### **Tamaño de poro**

Muchas fases estacionarias son porosas para proporcionar una mayor superficie. Los poros pequeños proporcionan una mayor superficie mientras que los poros de mayor medida proporcionan una cinética mejor, especialmente para los compuestos de tamaño más grande; por ejemplo, una proteína que sea ligeramente más pequeña que el tamaño de los poros puede entrar, pero difícilmente saldrá con facilidad.

### **Presión de la bomba**

La presión de las bombas es variable según el modelo y fabricante, pero su rendimiento se mide en su habilidad para generar un flujo constante y reproducible. La presión puede lograr valores de hasta 40 MPa (o unas 400 atmósferas). Los aparatos más modernos de HPLC incorporan mejoras para poder trabajar a presiones más altas y, por lo tanto, poder utilizar partículas de tamaño más pequeño en las columnas ( $< 2$  micrometros). Estos nuevos aparatos, denominados Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) pueden trabajar con valores de hasta 100 MPa de presión (unas 1000 atmósferas). (Hay que tener en cuenta que las siglas UPLC son una marca registrada de Waters Corporation aunque a veces se utilizan de forma general para designar este tipo de aparatos

## 1.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

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

Detectar la posible presencia de flora patógena que causa problemas de salud en el consumidor. Establecer en qué momento se producen fenómenos de alteración en los distintos alimentos, con el propósito de delimitar su período de conservación. Y si bien el desarrollo microbiano desenfrenado y sus productos metabólicos indeseables ocasionan problemas al dañar nuestros alimentos, los microorganismos también se usan benéficamente para producir alimentos y bebidas de alto valor gastronómico. (10)

### 1.7.1 LEVADURAS Y MOHOS

Las levaduras y los mohos crecen más lentamente que las bacterias en los alimentos no ácidos que conservan humedad y por ello pocas veces determinan problemas en tales alimentos. Sin embargo, en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, crecen con mayor rapidez que las bacterias, determinando por ello importantes pérdidas por la alteración de frutas frescas y jugos, vegetales, quesos, productos cerealícolas, alimentos salazonados y encurtidos, así como en los alimentos congelados y en los deshidratados, cuyo almacenamiento se realiza en condiciones inadecuadas. Además, existe el peligro de producción de micotoxinas por parte de los mohos. (10)

Las levaduras crecen más rápidamente que los mohos, pero con frecuencia junto a ellos. Mientras que los mohos son casi siempre aerobios estrictos, las levaduras generalmente crecen tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, aunque con mayor rapidez y hasta poblaciones más elevadas en presencia de este gas. La fermentación es completamente un proceso anaeróbico. (10)

## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en:

- Laboratorio de Bioquímica y Alimentos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

#### 2.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

##### 2.2.1 MATERIAL VEGETAL

Limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) proveniente de los cultivos de la propiedad del Sr Julián Cajamarca del Cantón Milagro, Provincia del Guayas.

##### 2.2.2 EQUIPOS

	Autoclave	Balanza analítica
Balanza Analítica	Balanza de precisión	Bomba de vacío
Bureta	Cabina extractora de gases	Cámara fotográfica
Cápsulas de aluminio	Centrífuga	Computador
Crisoles de Gooch	Crisoles de porcelana	Dean Stark
Desecador	Digestor de fibra	Equipo Kjeldhal
Equipo Weende	Espátula	Espectrofotómetro
Estufa	Filtros con fritas	HPLC

Incubadora	Kitasato	Lana de vidrio
Matraces volumétricos	Matraz	Mufla
Papel filtro	pH metro	Pinza
Pipetas volumétricas	Písetas	Plancha precalcinadora
Porta dedales	Probeta graduada	Refrigerador
Reloj	Selladora	Soporte universal
Varilla de vidrio	Vaso de precipitación	

### 2.2.3 REACTIVOS

Ácido Fosfórico	Ácido tricloro acético	Agua destilada
Alcohol n-amílico	Azul de bromocresol	Bórico Ácido
Clorhídrico Ácido	Desinfectante	Lentejas de zinc metálico
Metanol	Rojo de metilo	Sodio Hidróxido
Sodio Sulfato	Sulfúrico Ácido	

### 2.2.4 MEDIOS DE CULTIVO

- Agar Saboraud

## 2.3 MÉTODOS

### Deshidratación

Se realizo la deshidratación aplicando dos métodos:

1.- deshidratador de bandejas con tres temperaturas

T <sub>1</sub>	→	60°C	→	Vit C
T <sub>2</sub>	→	70°C	→	Vit C
T <sub>3</sub>	→	80°C	→	Vit C

2.- Microondas a tres potencias

P <sub>1</sub>	→	70W	→	Vit C
P <sub>2</sub>	→	140W	→	Vit C
P <sub>3</sub>	→	210W	→	Vit C

### 2.3.1 DESHIDRATAACION DEL LIMON EN MICROONDAS (70, 140, 210 W)

En el proceso de deshidratación se empleó un horno microondas con capacidad de 28 L, y un peso de 15.2 Kg. Una vez que se lavaron los limones, se los secó y se los pelo, fueron colocadas en rodajas con un diámetro relativamente iguale en una tapa plástica para evitar que se adhieran, y éste en el plato giratorio del microondas y para el efecto se sometieron a tres potencias ( $P_1 = 70$ ,  $P_2 = 140$ ,  $P_3 = 210$  W) para luego ser controlado el peso en intervalos de tiempo de 5, y 10 minutos, respectivamente hasta obtener peso constante.

Se realizaron cálculos específicos para las tres potencias de secado (70, 140, 210 W) como son:

Cálculo de la humedad del sólido

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

Donde:

$X_i$  = Humedad del sólido

$W_s$  = Peso del sólido

$W_f$  = Peso final del sólido

### 2.3.2 DESHIDRATAACION DEL LIMON EN BANDEJAS (60, 70, 80 °C)

Para la deshidratación se utilizó un secador de bandejas de capacidad de 3 Kg cada lata, este secador se encuentra en las instalaciones de la Politécnica de Chimborazo en el [laboratorio de Ingeniería Química](#).

El proceso de lavado es similar al de microondas, se lavan los limones se pelan y se corta en rodajas, se pesa cada bandeja vacía y luego se colocaron en cada bandeja las rodajas hasta llenar la bandeja para luego tomar el peso de la bandeja mas el limón,

Para obtener los pesos se los hace cada 15 min, las temperaturas son de 60, 70 y 80 ° C hasta obtener de peso constante.

Cálculo de la humedad del sólido

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

**Dónde:**

**X<sub>i</sub>** = Humedad del sólido

**W<sub>s</sub>** = Peso del sólido

**W<sub>f</sub>** = Peso final del sólido

### 2.3.1 FASE EXPERIMENTAL

#### 2.3.1.1 Análisis físico del limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) fresco y deshidratado en bandejas y microondas:

- Determinación de pH NTE INEN 389
- Evaluación sensorial (Color, Olor, Sabor)
- Dimensiones: longitud y diámetro NTE INEN 1975-2001
- Peso

#### 2.3.1.2 Análisis bromatológico del limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) fresco y deshidratado en bandejas y microondas:

#### **DETERMINACIÓN DE pH.**

Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 389. Ver Anexo N°1

#### **DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

##### **Principio.**

Método gravimétrico mediante la desecación en estufa de aire caliente a 105 ° C durante 24 h

### **Procedimiento.**

- Pesar 1 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

$W_1$  = masa de la cápsula vacía en g

$W_2$  = masa de la cápsula con muestra en g

$W_3$  = masa de la capsula con la muestra seca en g

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

### **PRINCIPIO**

Se lleva a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ ., con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el  $\text{CO}_2$ , agua y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

### PROCEDIMIENTO

- Colocar la cápsula en la mufla y calentarla durante  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ ; transferirle al desecador para enfriamiento y pesarla con aproximación al 0.1mg ( $W_1$ )
- Pesarse en la cápsula, 10g de muestra con aproximación al 0.1mg y colocar sobre la fuente calórica a  $150^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  para evaporación. ( $W_2$ )
- Adicionar gotas de aceite de oliva y continuar el calentamiento hasta que cese el borboteo.
- Colocar la capsula con su contenido en la mufla a  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener cenizas blancas las cuales deben humedecerse con gotas de agua destilada.
- Evaporar sobre la fuente calórica y proceder a calcinar nuevamente en la mufla a  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 4 horas como mínimo, hasta obtener cenizas blancas. Después de este tiempo se saca al desecador por 30 minutos.
- Pesarse la cápsula con su contenido, con aproximación al 0.1mg. ( $W_3$ )

### CÁLCULOS

Porcentaje de Ceniza:

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

Donde:

$\%C$  = Porcentaje de ceniza

$W_1$  = peso de la cápsula vacía

$W_2$  = peso de la cápsula con la muestra húmeda

$W_3$  = peso de la cápsula con las cenizas

Cenizas en base seca:

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

Donde:

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

% C = % Ceniza.

% M.S. = % Materia Seca.

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

### **PRINCIPIO**

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

### **PROCEDIMIENTO**

- Se pesa 1 gramo de la muestra problema por adición en un papel aluminio y se registra este peso. ( $W_1$ )
- Se coloca la muestra en el vaso y se pesa el papel con el sobrante y se anota este peso. ( $W_2$ )
- A cada vaso con la muestra se coloca 200mL de  $H_2SO_4$  al 7% mas 2mL de alcohol n-amílico; estos vasos colocamos en las hornillas del digestor levantando lentamente haciendo coincidir los vasos con los bulbos refrigerantes.
- Se deja por el tiempo de 25 minutos regulando la temperatura de la perilla en 7, también controlando que el reflujo de agua se encuentre funcionando adecuadamente (etapa de digestión ácida).
- A los 25 minutos se baja la temperatura de la posición 7 a 2.5 y se añade 20mL de NaOH al 22 % manejando los vasos con sumo cuidado y se deja por unos 30 minutos exactos. Los tiempos se toman desde que empieza la ebullición.

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

## CÁLCULOS

Porcentaje de Fibra:

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

Donde:

F = fibra

W<sub>1</sub> = peso del papel solo

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

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

W<sub>4</sub> = peso del crisol más cenizas

Fibra bruta en base seca:

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

Donde:

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

%FB = % Fibra Bruta

%M.S = % Materia Seca.

## **DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (Método de MACROKJELDAHL)**

### **PRINCIPIO**

Sometiendo a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO<sub>2</sub> y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoniaco sucede solamente en medio básico; luego de la formación de la sal de amonio actúa una base fuerte al 50% y se desprende el nitrógeno en forma de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2.5% y titulado con HCl al 0.1 N.

## PROCEDIMIENTO

- Se pesa primeramente el papel bond, ( $W_1$ ) luego por adición se pesa 1 gramo de muestra y se registra el peso del papel solo y del papel mas la muestra. ( $W_2$ )
- En este contenido del papel más la muestra se añade 8 gramos de sulfato de sodio mas 0,1 gramos de sulfato cúprico.
- Todo este contenido se coloca en cada balón al cual se añade 25mL de  $H_2 SO_4$  concentrado (grado técnico).
- Cada balón con todo este contenido es llevado hasta las hornillas del Macro Kjeldahl para su digestión, a una temperatura graduada en 2.9 por un tiempo de 45 minutos a partir del momento que se clarifica la digestión.
- Luego de este tiempo son enfriados hasta que se cristalice el contenido de los balones.
- Una vez terminada la fase de digestión se procede a preparar la etapa de destilación para lo cual colocamos en los matraces erlenmeyer 50mL. de ácido bórico al 2.5% y los colocamos en cada una de las terminales del equipo de destilación.
- En cada balón con la muestra cristalizada se coloca 250mL. de agua destilada más 80 mL de hidróxido de sodio al 50% añadiendo también 3 lentejas de zinc, con todo esto contenido son llevados a las hornillas para dar comienzo a la fase de destilación.
- El amoníaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 200 mL en cada matraz
- Se retira los matraces con su contenido, mientras que el residuo que se encuentra en el balón es desechado y se recupera las lentejas de zinc.
- Para la fase de titulación se arma el soporte universal con la bureta y el agitador magnético.
- En cada matraz se coloca 3 gotas del indicador Macro Kjeldahl.
- Las barras de agitación magnética son colocadas en el interior de cada matraz y llevados sobre el agitador magnético y se carga la bureta con HCl al 0.1 N.
- Se prende el agitador y se deja caer gota a gota el ácido clorhídrico hasta obtener un color grisáceo transparente que es el punto final de la titulación.
- El número de mL de HCl al 0.1 N. gastado se registra para el cálculo respectivo.

## CÁLCULOS

Porcentaje de Proteína:

$$\begin{aligned} & \% \quad \frac{\text{PN HCl} \times 0.014 \times 100}{x} \\ & = \quad \frac{6.25 \times \text{mL HCl}}{W_2 - W_1} \end{aligned}$$

Donde:

% PB = % Proteína Bruta

$W_1$  = Peso del papel solo

$W_2$  = Peso del papel más muestra

0.014 = Constante

6.25 = Constante

mL HCl = mL de Ácido Clorhídrico utilizados al titular.

Proteína en Base Seca:

$$\begin{aligned} \% \text{P.B.S} & = \frac{100 \times \% \text{PB}}{\% \text{M.S.}} \end{aligned}$$

Donde:

%P.B.S = % Proteína en Base Seca.

%PB = % Proteína Bruta

%M.S = %Materia Seca.

## **DETERMINACIÓN DE AZÚCARES (Método de FEHLING)**

### **PRINCIPIO**

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

## AZÚCARES TOTALES

### Cálculos

### Procedimiento

- Se pesa 5g de muestra previamente homogenizada.
- Colocar en un balón de 250mL y añadir 100mL de agua destilada para arrastrar cuantitativamente la muestra.
- Adicionar 5mL de HCl concentrado.
- Calentar a reflujo por 20 minutos.
- Neutralizar con NaOH al 50% hasta pH7.
- Aforar a 250mL con agua destilada.
- Filtrar y colocar el filtrado en una bureta de 50mL.
- En un erlenmeyer de 250mL colocar 5mL de la solución de fehling A y 5mL de la solución de fehling B, mezclar y añadir 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición y colocar en una fuente calorífica y calentar hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro empezar añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeñas cantidades de 0,5mL la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- Al 1 minuto y 55 segundos de ebullición adicionar 3 gotas de la solución indicadora de azul de metileno y continuar la titulación a ritmo de 0,1mL por segundo hasta color rojo brillante.
- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.5mL.
- Titular a ritmo de 0.05mL cada 10 segundos.
- El punto final debe alcanzar en un período de ebullición de 2 a 3 minutos.

### Cálculos

Porcentaje de Azúcares Reductores:

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

Donde:

% AT = % Azúcares Totales

A = Aforo de la muestra

F = Título de Fehling

W = Peso de la muestra en gramos

V = Volumen gastado en la titulación

## **AZÚCARES REDUCTORES**

### **Procedimiento**

- Se pesa 5g de muestra previamente homogenizada.
- Colocar en un balón de 500mL, adicionar 15mL de Carrez I y 15mL de Carrez II, agitando después de cada adición.
- Aforar a 500mL con agua destilada y filtrar por filtro de pliegues.
- El filtrado colocar en una bureta de 50mL.
- En un erlenmeyer de 250mL colocar 5mL de la solución de Fehling A y 5mL de la solución de Fehling B, mezclar y añadir 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición y colocar en una fuente calorífica y calentar hasta ebullición.
- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro empezar añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeñas cantidades de 0,5mL la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- Al 1 minuto y 55 segundos de ebullición adicionar 3 gotas de la solución indicadora de azul de metileno y continuar la titulación a ritmo de 0,1mL por segundo hasta color rojo brillante.
- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.5mL.
- Titular a ritmo de 0.05mL cada 10 segundos.
- El punto final debe alcanzar en un período de ebullición de 2 a 3 minutos.

## **Cálculos**

Porcentaje de Azúcares Reductores:

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

Donde:

% AR = % Azúcares Reductores

A = Aforo de la muestra

F = Título de Fehling

W = Peso de la muestra en gramos

V = Volumen gastado en la titulación

## **AZÚCARES NO REDUCTORES**

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

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

**2.3.1.3 Análisis de la vitamina C del limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) (índice de eficiencia) fresco y deshidratado en microondas y en deshidratador de bandejas:**

## **DETERMINACIÓN DE VITAMINA C**

### **PARA DESHIDRATADO EN BANDEJAS, MICRRONDAS Y EN FRESCO**

Para este ensayo se utilizó el método de: Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

## **Principio**

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

### **Condiciones:**

Columna C18 220cm  $\alpha$

Flujo 1mL/min isocrático

Detector UV/Visible  $\lambda$ 254 nm

Fase Móvil  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0.05 M

### **Preparación del estándar de Vitamina C (5ppm)**

- Pesar exactamente 1.3 mg de Ácido ascórbico estándar.
- Aforar a 25mL con ácido fosfórico 0.05M
- Tomar una alícuota de 1ml y aforar a 10ml (disolución estándar 5ppm)
- Filtrar la disolución con acrodiscos de membrana 0.22 $\mu$ m.
- Colocar en vial de vidrio para su inyección.

### **Extracción de la Vit C en limón en fresco**

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

### **Extracción de la vit C del limón deshidratado**

- Pesar exactamente posible 1g de la muestra.
- Aforar a 25mL con ácido fosfórico 0.05M grado HPLC.
- Filtrar mediante acrodiscos de membrana 0.22 $\mu$ m.
- Colocar en vial de vidrio para su inyección.

### **Cuantificación de Vitamina C**

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

Donde:

A.M = Área de la Muestra

A.E = Área del Estándar

C.E = Concentración del Estándar (ug/ml)

F.D = Factor de Dilución

#### **2.3.1.4 Análisis Microbiológico**

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

Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 1529-10. VER ANEXO 6

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL

Para la evaluación sensorial se utilizó los órganos de los sentidos como son: vista, olfato, gusto, para medir las reacciones que produce el limón en los mismos, permitiendo un control del producto inicial y final. Como se ve en el cuadro N° 1 Las características sensoriales en los deshidratados cambian en comparación con la fruta en fresco; es así que su color se hace intenso en el deshidratador de bandejas por la degradación de vit c por efecto del tratamiento térmico también por los efectos de la temperatura, el olor y se concentra en los deshidratados de ambos procesos, y su sabor se acidifica mas porque sus solutos se concentran.

**CUADRO No.1. RESULTADO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL LIMON FRESCO DESHIDRATADO EN MICROONDAS Y EN BANDEJAS**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>LIMON FRESCO</b>	<b>DESHIDRATADA A 70 W</b>	<b>DESHIDRATADA A70 °C</b>
Color	Blanco Verdoso	Blanco Amarillento	Amarillo Pardo
Olor	Frutal	Frutal	Frutal
Sabor	Ácido	Ácido	Ácido

En el cuadro N° 1 se observa las características sensoriales del limón en fresco y deshidratado en secador de bandejas y en microondas a 70W y 70 C respectivamente

### 3.2 CURVAS DE DESHIDRATACION

#### 3.2.1 DESHIDRATACION EN MICROONDAS

Para la deshidratación por microondas se empezó con la potencia 1 de 70 W seguidamente de la potencia 2 de 140 W y finalmente la potencia 3 de 210 W

**CUADRO No 2 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA A POTENCIA 1(70 W) 5 min**

P (g)	Pa (g)	Tiempo (t)	Xi
203	228	5	7,06
201,5	226,5	10	6,99
197,6	222,6	15	6,84
194	219	20	6,69
189,2	214,2	25	6,51
184	209	30	6,30
179	204	35	6,10
174,4	199,4	40	5,92
169,5	194,5	45	5,73
165,5	190,5	50	5,57
161	186	55	5,39
156,5	181,5	60	5,21
151,5	176,5	65	5,01
146,6	171,6	70	4,82
141,5	166,5	75	4,62
138	163	80	4,48
133,5	158,5	85	4,30
129	154	90	4,12
124,5	149,5	95	3,94
120	145	100	3,76
115,5	140,5	105	3,58
111	136	110	3,40
106	131	115	3,21
101,5	126,5	120	3,03
96,8	121,8	125	2,84
90,5	115,5	130	2,59
87,5	112,5	135	2,47
83	108	140	2,29
78	103	145	2,09
74	99	150	1,94
69	94	155	1,74
65	90	160	1,58
60,5	85,5	165	1,40
56	81	170	1,22
52	77	175	1,06
48	73	180	0,90

44,5	69,5	185	0,77
41,6	66,6	190	0,65
39	64	195	0,55
37	62	200	0,47
35	60	205	0,39
33,5	58,5	210	0,33
32	57	215	0,27
30,5	55,5	220	0,21
29	54	225	0,15
27,7	52,7	230	0,09
26,7	51,7	235	0,06
25,8	50,8	240	0,02
25,2	50,2	245	0
25,2	50,2	250	0

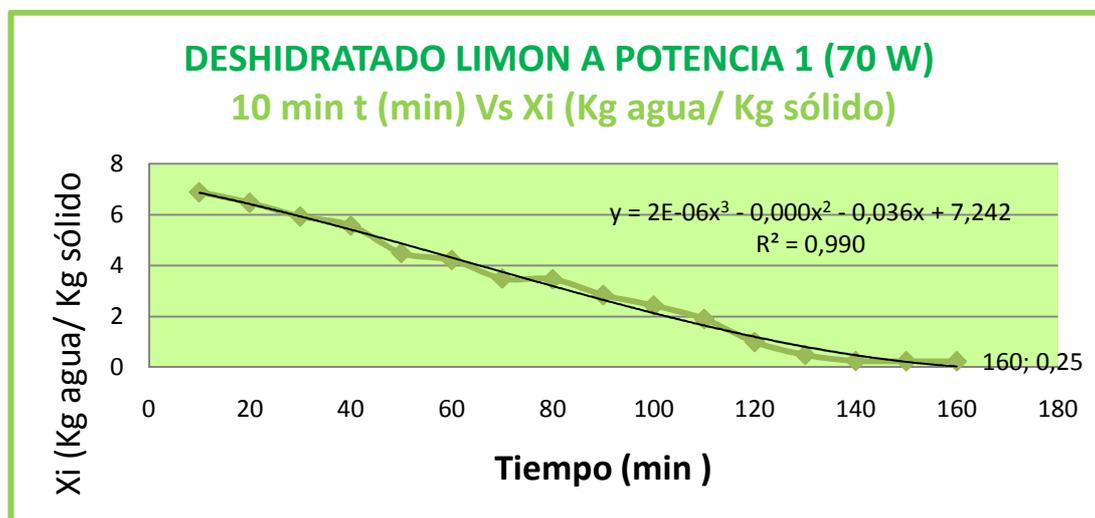


GRAFICO N°1 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN MICROONDAS A POTENCIA 1 (70 W) a 5 min

Para la potencia 1 (70 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 5 min como se observa en el Cuadro No. 3 y Gráfico No 2. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 250 minutos es decir 4 horas 10 minutos, el contenido de agua tiene notoria disminución de pesos en las primeras horas, manteniéndose constante a los 235 minutos es decir 3horas .55minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 3 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA  
A potencia 1 (70 W) 10 min**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
10	198,5	245,5	6,88
20	188	235	6,46
30	174,5	221,5	5,92
40	165,5	212,5	5,57
50	138,3	185,3	4,49
60	131,5	178,5	4,22
70	113,2	160,2	3,49
80	112,5	159,5	3,46
90	96,9	143,9	2,85
100	86,5	133,5	2,43
110	73,2	120,2	1,90
120	50,5	97,5	1,00
130	37,7	84,7	0,49
140	31,8	78,8	0,26
150	31,5	78,5	0,25
160	31,5	78,5	0,25

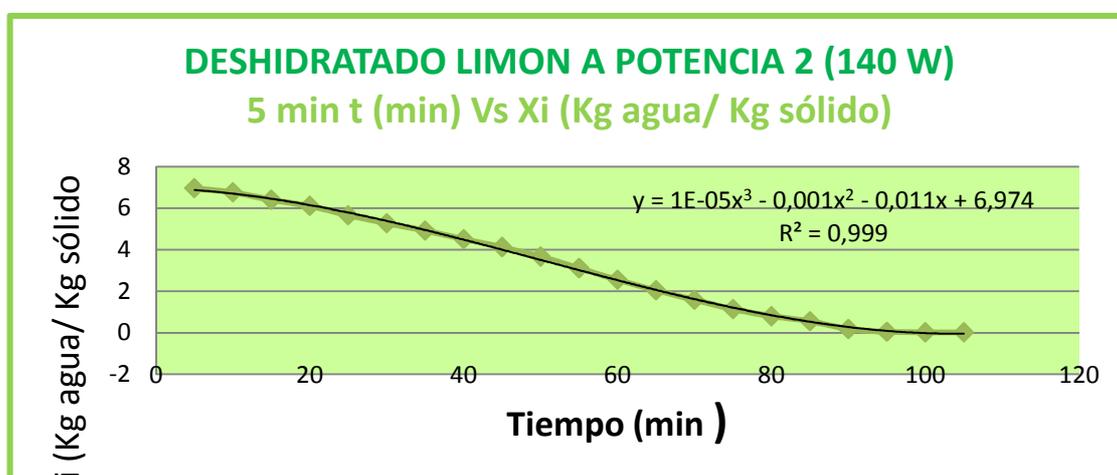


**GRÁFICO No. 2 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN MICROONDAS A POTENCIA 1 (70 W) A 10 min.**

Para la potencia 1 (70 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 10 min como se observa en el Cuadro No. 3 y Gráfico No 2. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 160 minutos es decir 2 horas 40 minutos, el peso del limón tiene notoria disminución de agua en las primeras horas, manteniéndose constante a los 140 minutos es decir 2horas 20 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 4 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA A POTENCIA 2 (140 W) A 5 MIN**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
5	200,5	225,5	6,96
10	195,5	220,5	6,76
15	186,5	211,5	6,40
20	179	204	6,10
25	167,7	192,7	5,65
30	158	183	5,27
35	149,1	174,1	4,92
40	138,6	163,6	4,50
45	129	154	4,12
50	117,5	142,5	3,66
55	103,5	128,5	3,11
60	89,3	114,3	2,54
65	76,5	101,5	2,04
70	64,9	89,9	1,58
75	53,7	78,7	1,13
80	45,1	70,1	0,79
85	39	64	0,55
90	29,5	54,5	0,17
95	26,2	51,2	0,04
100	25,5	50,5	0,01
105	25,5	50,5	0,01

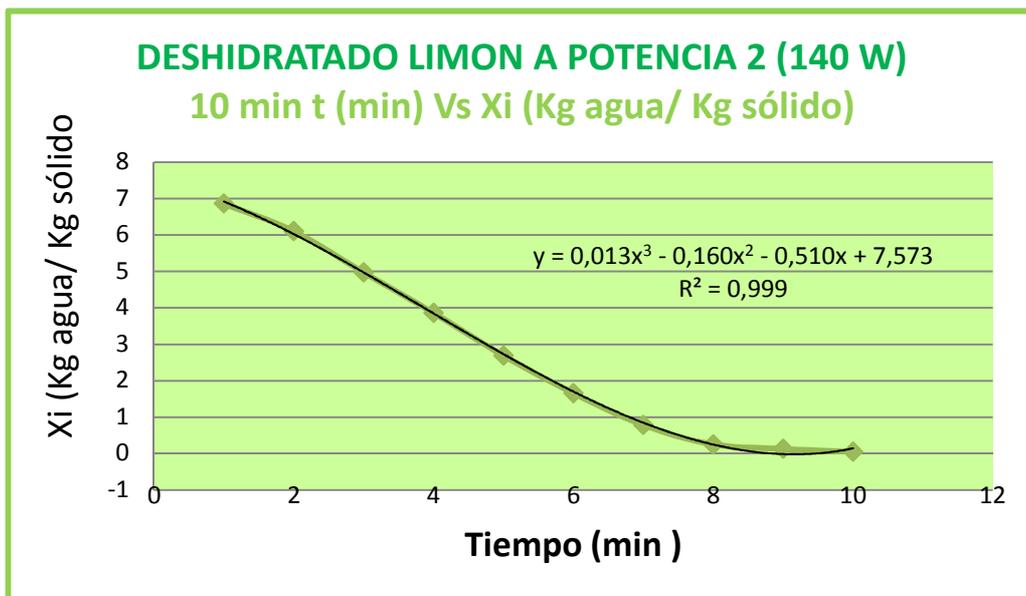


**GRÁFICO No. 3 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN MICROONDAS A POTENCIA 2 (140 W) A 5 MIN.**

Para la potencia 2 (140 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 5 min como se observa en el Cuadro No. 4 y Gráfico No 3. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 105 minutos es decir 1 hora 45 minutos, el peso del limón tiene notoria variación de pesos en las primeras horas, manteniéndose constante a los 95 minutos es decir 1 hora 35 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 5 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON A POTENCIA 2 (140 W) A 10 min**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
10	198,1	244,6	6,86
20	179	225,5	6,10
30	150,5	197	4,97
40	122,5	169	3,86
50	93	139,5	2,69
60	67	113,5	1,66
70	45	91,5	0,79
80	31,5	78	0,25
90	28,5	75	0,13
100	26,5	73	0,05

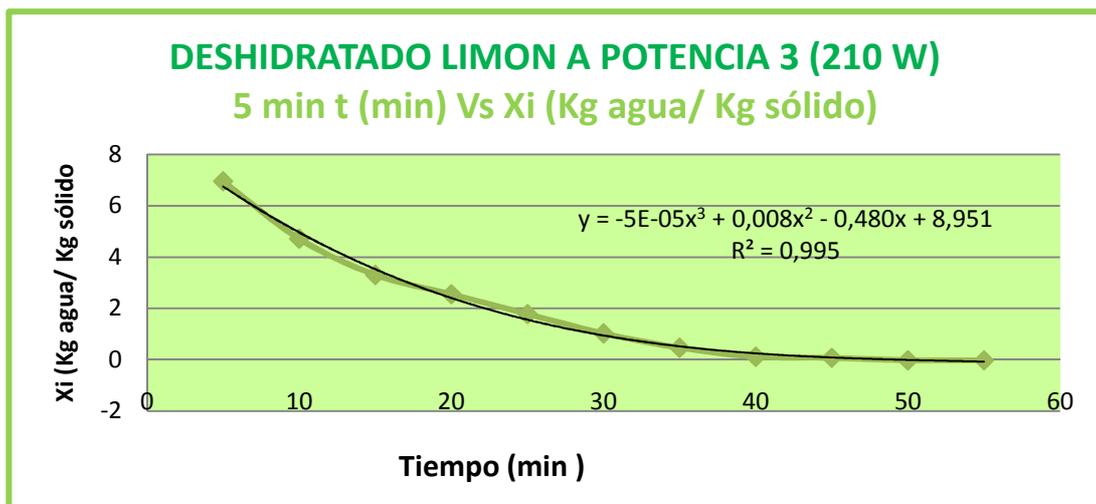


**GRAFICO Nº 4 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA EN MICROONDAS A POTENCIA 2 (140 W) A 10 min.**

Para la potencia 2 (140 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 10 min como se observa en el Cuadro No. 5 y Gráfico No 4. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 100 minutos es decir 1 hora 40 minutos, el peso del limón tiene notoria disminucion de pesos en las primeras horas, manteniéndose constante a los 90 minutos es decir 1 hora 30 minutos donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 6 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA A POTENCIA 3 (210 W) A 5 min**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
5	200,5	247	6,96
10	144	190,5	4,71
15	108,5	155	3,31
20	89,5	136	2,55
25	70,1	116,6	1,78
30	51	97,5	1,02
35	36,9	83,4	0,46
40	28,1	74,6	0,11
45	27	73,5	0,07
50	24,6	71,1	-0,02
55	24,6	71,1	-0,02

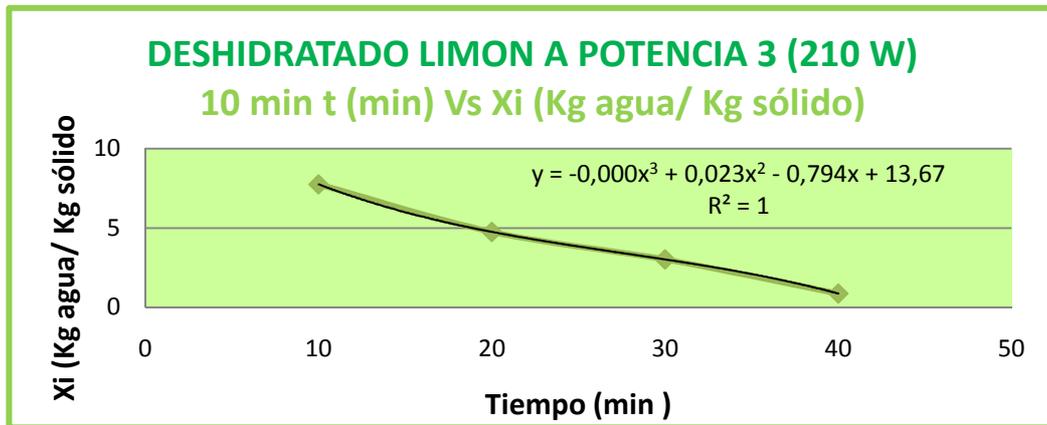


**GRAFICO N° 5 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN MICROONDAS A POTENCIA 3 (210 W) A 5 min.**

Para la potencia 3 (210 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 5 min como se observa en el Cuadro No. 6 y Gráfico No 5. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 55 minutos, el peso del limón a esta potencia no se logra mantener constante puesto que nuestro producto no tolera demasiada potencia y tiende a quemarse.

**CUADRO No 7 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON PERSA A POTENCIA 3 (210 W) A 10 min**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
10	220,5	245,5	7,75
20	145	170	4,75
30	101,2	126,2	3,02
40	47	72	0,87



**GRAFICO N° 6 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DELA LIMON EN MICROONDAS A POTENCIA 3 (210 W) A 10 min.**

Para la potencia 3 (210 W) Tomando pesos con intervalos de tiempo de 10 min como se observa en el Cuadro No. 7 y Gráfico No 6. Se obtiene el deshidratado en un tiempo de 40 minutos, el peso del limón a esta potencia no se logra mantener constante puesto que nuestro producto no tolera demasiada potencia y tiende a quemarse.

Con las curvas de secado, a las tres potencias en la que fue sometida el limón persa, nos da indicios que existe una marcada diferencia en lo que corresponde al tiempo de secado, concluyendo experimentalmente que a mayor potencia menor tiempo de secado, siendo así que a una potencia (70 W 5 min el tiempo de secado es de 250 minutos), (70 W 10 min el tiempo es de 160 minutos) para la potencia 2 de (140 W 5 min el tiempo de secado fue de 105 min), (140 W 10 min el tiempo de secado fue de 100 min) y para la última potencia 3 de (210 W 5 min se obtuvo un tiempo de secado de 55 min) y (210 W 10 min se obtuvo un tiempo de secado de 40 min) Se puede notar que la deshidratación en los pesos tomados en intervalos de tiempo de 10 min tiene menor tiempo de de secado que los tomados en intervalos de 5 min que aumenta su tiempo.

### 3.2.2 DESHIDRATACION DEL LIMON EN BANDEJAS

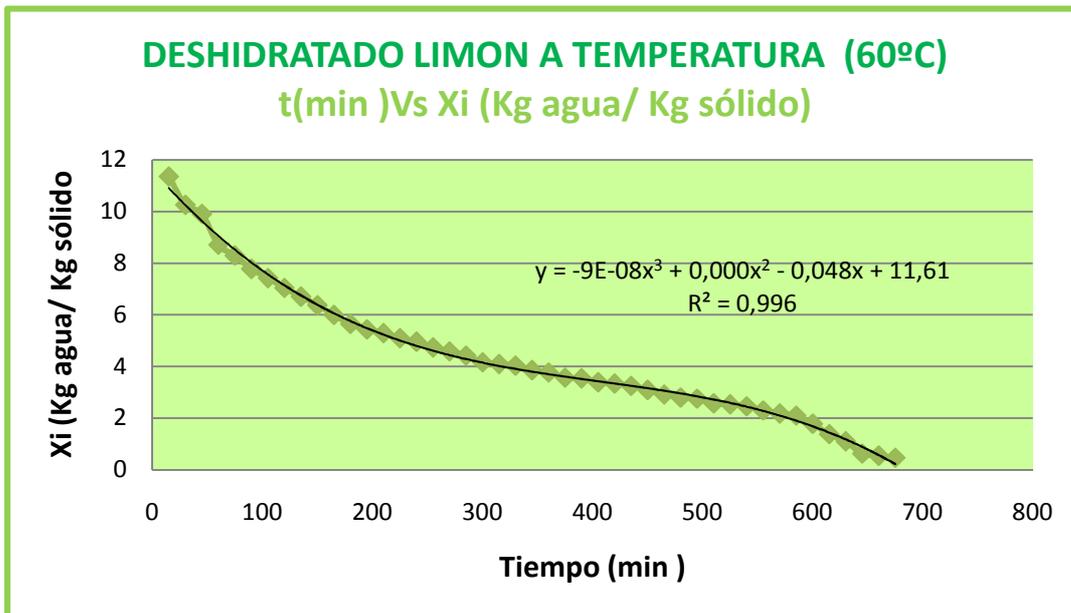
Para la deshidratación por bandejas se empezó con una temperatura de 60°C seguidamente de la temperatura 2 de 70°C y finalmente la temperatura 3 de 80°C

**CUADRO No 8 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON A TEMPERATURA DE 60° C**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
15	311,2	1549	11,35
30	283,5	1521,3	10,25
45	274,8	1512,6	9,90
60	244,7	1482,5	8,71
75	234,2	1472	8,29
90	221,2	1459	7,78
105	212,2	1450	7,42
120	202,7	1440,5	7,04
135	194,2	1432	6,71
150	185,8	1423,6	6,37
165	176,3	1414,1	5,99
180	167,6	1405,4	5,65
195	162,2	1400	5,44
210	158,6	1396,4	5,29
225	153,7	1391,5	5,09
240	150,2	1388	4,96
255	144,7	1382,5	4,74
270	140,7	1378,5	4,58
285	136,7	1374,5	4,42
300	130,2	1368	4,17
315	128,5	1366,3	4,09
330	126,9	1364,7	4,03
345	122,5	1360,3	3,86
360	120,2	1358	3,77
375	115,2	1353	3,57
390	114,5	1352,3	3,54
405	110,7	1348,5	3,39
420	109,4	1347,2	3,34
435	107,2	1345	3,25
450	103,2	1341	3,09
465	98,7	1336,5	2,92
480	95,8	1333,6	2,80

495	94,7	1332,5	2,76
510	90,2	1328	2,58
525	89,2	1327	2,54
540	87,2	1325	2,46
555	83,2	1321	2,30
570	80,2	1318	2,18
585	78,2	1316	2,10
600	70,2	1308	1,79
615	60,2	1298	1,39
630	53,2	1291	1,11
645	41,2	1279	0,63
660	39,2	1277	0,56
675	37,2	1275	0,48

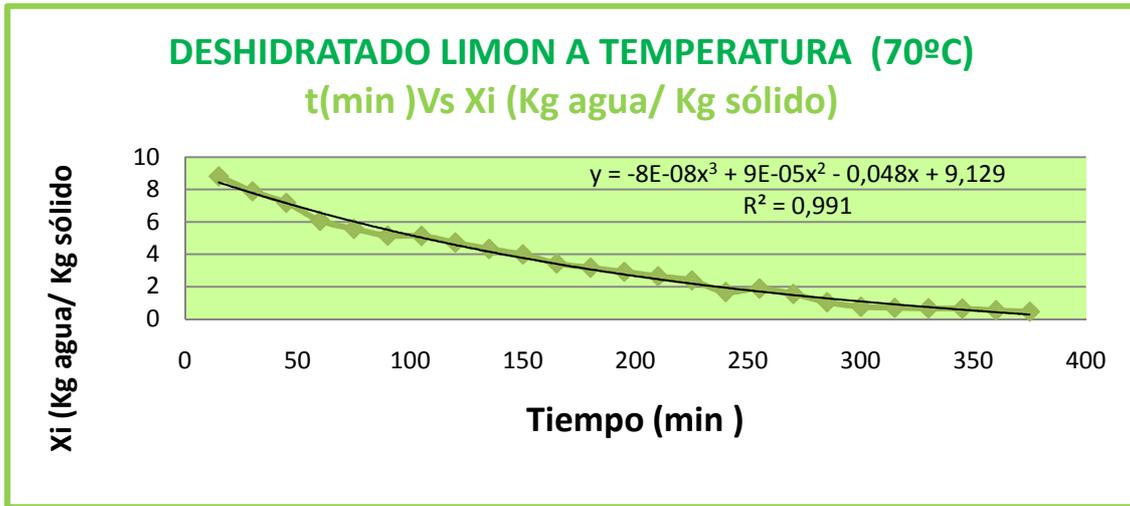
**GRAFICO N° 7 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN SECADOR DE BANDEJAS A TEMPERATURA DE 60 ° C.**



A temperatura de 60° C con pesos tomados en intervalos de tiempo de 15 min como se observa en el Cuadro No. 8 y Gráfico No. 7 se obtuvo el deshidratado a un tiempo de 675 minutos es decir a 11 horas 15 min la disminución de agua tiene una variación notoria en las primeras horas, manteniéndose constante a los 645 minutos es decir 10 horas 45 min donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 9 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON A TEMPERATURA DE 70° C**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
15	247,1	1480,2	8,81
30	223,9	1457	7,89
45	205,9	1439	7,17
60	177,9	1411	6,05
75	165,4	1398,5	5,56
90	154,7	1387,8	5,14
105	154,3	1387,4	5,12
120	143,9	1377	4,71
135	134	1367,1	4,32
150	125,4	1358,5	3,98
165	111,5	1344,6	3,42
180	104,7	1337,8	3,15
195	98,3	1331,4	2,90
210	91,5	1324,6	2,63
225	84,9	1318	2,37
240	66,9	1300	1,65
255	72,3	1305,4	1,87
270	63,9	1297	1,54
285	51	1284,1	1,02
300	43,9	1277	0,74
315	42,3	1275,4	0,68
330	41,4	1274,5	0,64
345	40,9	1274	0,62
360	38,4	1271,5	0,52
375	36,3	1269,4	0,44



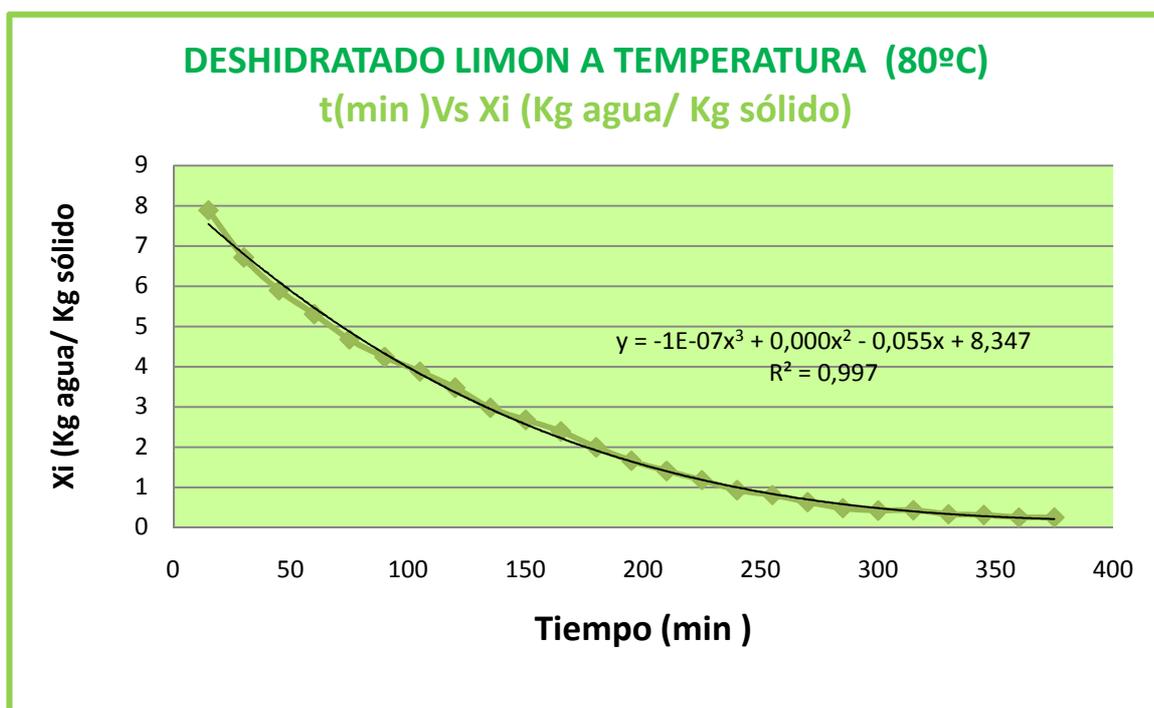
**GRAFICO N° 8 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN SECADOR DE BANDEJAS A LAS TEMPERATURAS DE 70 ° C.**

A temperatura de 70° C con pesos tomados en intervalos de tiempo de 15 min como se observa en el Cuadro No. 9 y Gráfico No. 8 se obtuvo el deshidratado a un tiempo de 375 minutos es decir a 6 horas 15 min el peso del limón tiene una disminución de agua notoria en las primeras horas, manteniéndose constante a los 345 minutos es decir 5 horas 45 min donde el producto deja de perder humedad.

**CUADRO No 10 RESULTADOS DEL TIEMPO DE PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON A TEMPERATURA DE 80° C**

Tiempo (t)	P (g)	Pa (g)	Xi
15	224	1456,5	7,89
30	194,5	1427	6,72
45	173,9	1406,4	5,90
60	159	1391,5	5,31
75	143,1	1375,6	4,68
90	132	1364,5	4,24
105	122,9	1355,4	3,88
120	112,8	1345,3	3,48
135	100,2	1332,7	2,98
150	92,6	1325,1	2,67
165	85,4	1317,9	2,39
180	75,4	1307,9	1,99
195	67	1299,5	1,66
210	60,6	1293,1	1,40

225	54,9	1287,4	1,18
240	48,6	1281,1	0,93
255	45,5	1278	0,81
270	41,1	1273,6	0,63
285	37,3	1269,8	0,48
300	35,8	1268,3	0,42
315	36	1268,5	0,43
330	33,5	1266	0,33
345	33	1265,5	0,30
360	31,5	1264	0,25
375	31,5	1264	0,25



**GRAFICO N° 9 CURVA DE DESHIDRATACIÓN DEL LIMON EN SECADOR DE BANDEJAS A TEMPERATURA DE 80 ° C.**

A temperatura de 80° C con pesos tomados en intervalos de tiempo de 15 min como se observa en el Cuadro No. 10 y Gráfico No. 8 se obtuvo el deshidratado a un tiempo de 375 minutos es decir a 6 horas 15 min el peso del limón tiene un disminución de agua notoria en las primeras horas, manteniéndose constante a los 345 minutos es decir 5 horas 45 min donde el producto deja de perder humedad

### 3.3 DETERMINACIÓN VITAMINA C.

**CUADRO N° 11 DETERMINACION DE VITAMINA C EN LIMON DESHIDRATADO MICROONDAS A POTENCIAS 1 (70 W), 2 (140 W) Y 3 (210 W) Y TEMPERATURA 1 (60°C), 2 (70°C ), 3 (80°C ) CON UNA REPETICIÓN EN CADA UNA.**

sustancia	areas	ppm	peso muestra	mg Vit C/g mf	mg Vit C/100 g muestra	% Humedad	mg vit C/100 g ms
estandar	157,87	5					
estandar	159,264	5					
W1-5min1	18,99	0,599	1	0,14970	14,970	18	19,96
W1-5min1	18,478	0,583	1	0,14566	14,566	18	19,42
W1-5min2	18,51	0,584	1	0,14592	14,592	18	19,46
W1-5min2	19,55	0,616	1	0,15411	15,411	18	20,55
W1-10min1	29,478	0,930	1	0,23238	23,238	18	30,98
W1-10min1	29,239	0,922	1	0,23049	23,049	18	30,73
W1-10min2	29,54	0,931	1	0,23287	23,287	18	31,05
W1-10min2	29,166	0,920	1	0,22992	22,992	18	30,66
W2-5min1	13,629	0,430	1	0,10744	10,744	18	14,32
W2-5min1	13,5505	0,427	1	0,10682	10,682	18	14,24
W2-5min2	14	0,428	1	0,10705	10,705	18	14,27
W2-5min2	13,6	0,429	1	0,10721	10,721	18	14,29
W2-10min1	19,478	0,614	1	0,15355	15,355	18	20,47
W2-10min1	19,239	0,607	1	0,15166	15,166	18	20,22
W2-10min2	19,54	0,616	1	0,15404	15,404	18	20,54
W2-10min2	19,166	0,604	1	0,15109	15,109	18	20,15
W3-5min1	1,67	0,053	1	0,01316	1,316	18	1,76
W3-5min1	1,4	0,044	1	0,01104	1,104	18	1,47
W3-5min2	1,14	0,036	1	0,00899	0,899	18	1,19
W3-5min2	1,68	0,053	1	0,01324	1,324	18	1,77
W3-10min1	3,35	0,106	1	0,02641	2,641	18	3,52
W3-10min1	3,316	0,105	1	0,02614	2,614	18	3,49
W3-10min2	2,53	0,080	1	0,01994	1,994	18	2,65
W3-10min2	2,43	0,077	1	0,01916	1,916	18	2,55
fresco	8,133	0,256	1	0,06411	6,411	87,4	50,88
fresco	8,213	0,259	1	0,06474	6,474	87,4	51,38
fresco	15,933	0,502	2	0,06280	6,280	87,4	49,84
fresco	16,213	0,511	2	0,06390	6,390	87,4	50,72
T°1-60°C	6,534	0,206	1	0,05151	5,151	16	6,44
T°1-60°C	6,366	0,201	1	0,05018	5,018	16	6,27
T°2-60°C	6,734	0,212	1	0,05308	5,308	16	6,67
T°2-60°C	6,85	0,216	1	0,05400	5,400	16	6,75

T°1-70°C	43,378	1,368	1	0,34195	34,195	16	42,74
T°1-70°C	42,06	1,326	1	0,33156	33,156	16	41,45
T°2-70°C	40,752	1,285	1	0,32125	32,125	16	40,16
T°2-70°C	41,58	1,311	1	0,32778	32,778	16	40,97
T°1-80°C	5,916	0,187	1	0,04664	4,664	16	5,83
T°1-80°C	5,13	0,162	1	0,04044	4,044	16	5,06
T°2-80°C	5,02	0,158	1	0,03957	3,957	16	4,95
T°2-80°C	5,071	0,160	1	0,03998	3,998	16	4,99

W= POTENCIAS      T= TEMPERATURA

Obtenido el limón persa deshidratado, se procedió a realizar el análisis de contenido de vitamina C por HPLC con las muestras deshidratadas en microondas con potencias de 70, 140, 210W y en bandejas con temperaturas de 60, 70, 80 °C. Con el porcentaje de pérdida de vit C en cada uno de los deshidratados se determinó que la potencia y temperatura más idóneas para la deshidratación por microondas y en secador de bandejas son 70 W y 70°C respectivamente por su menor pérdida de vitamina C como lo muestra el cuadro N° 11.

El contenido de vitamina C del limón en fresco según la tabla de composición de los alimentos Ecuatorianos es de 55 mg Vit C/100g y experimentalmente es de 50.70 mg Vit C/100g.

**CUADRO N° 12 COMPARACION DEL CONTENIDO DE VIT C Y SU PORCENTAJE DE PERDIDA DE LOS DESHIDRATADOS EN MICROONDAS**

<b>POTENCIA (W)</b>	<b>CONTENIDO DE VIT C</b>	<b>% DE PERDIDA DE VIT C</b>
W1-5min	19.824 mg/100g	63.96
W1-10min	30.86 mg/100g	43.89
W2-5min	14.28 mg/100g	74.04
W2-10min	20.34 mg/100g	63.02
W3-5min	1.74 mg/100g	96.83
W3-10min	3.05 mg/100g	94.45

De los resultados obtenidos para el deshidratado por microondas como lo expresa los datos en el cuadro 12 se tiene que la potencia más idónea por su menor % de pérdida de vitamina C 19.824 mg/100g es a la W2 10 min.

Del ANOVA se puede ver que los contenidos de Vit C para las tres potencias son diferentes significativamente al nivel de confiabilidad del 95 %.

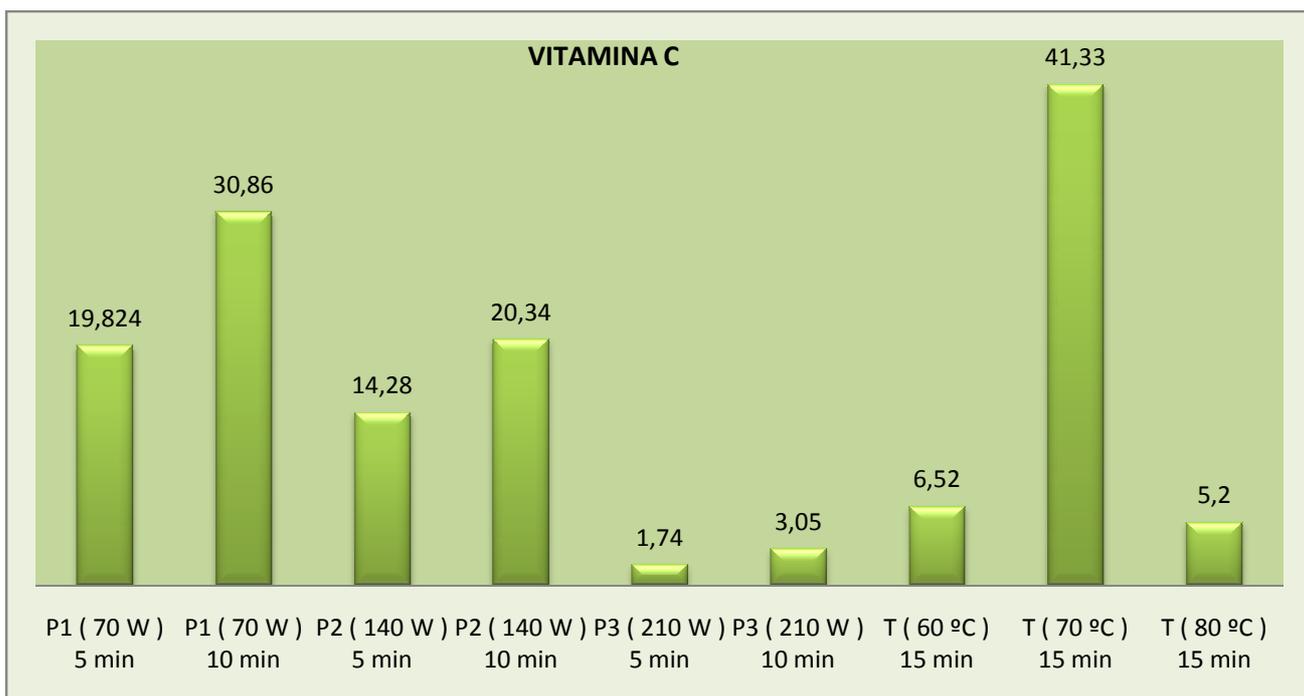
**CUADRO N° 13 COMPARACION DEL CONTENIDO DE VIT C Y SU PORCENTAJE DE PERDIDA DE LOS DESHIDRATADOS EN SECADOR EN BANDEJAS**

TEMPERATURA (°C)	CONTENIDO DE VIT C	% DE PERDIDA DE VIT C
T1-15min	6.52 mg/100g	88.15
T2-15min	41.33 mg/100g	24.85
T3-15min	5.20 mg/100g	90.54

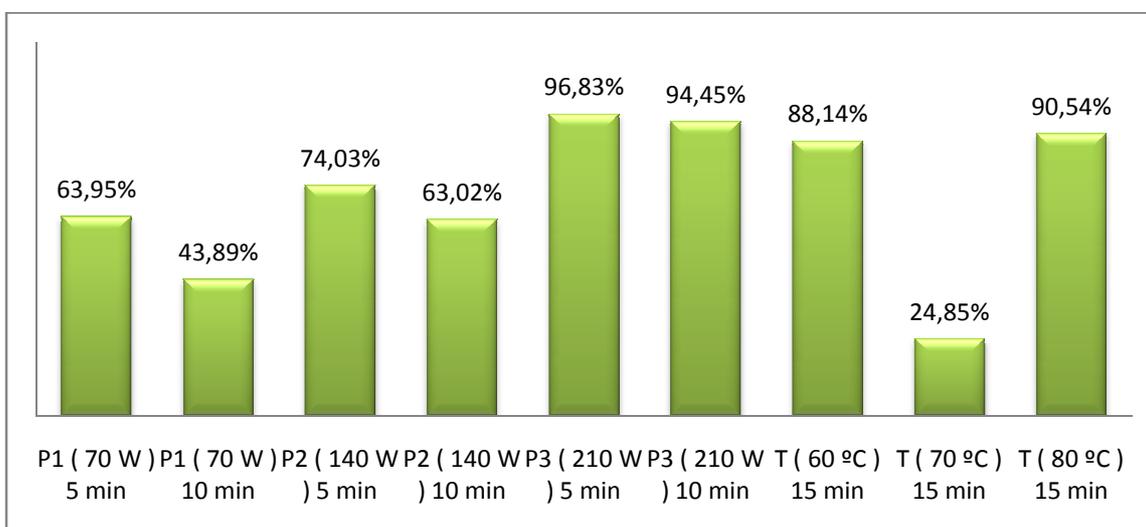
En secador de bandejas: De los datos obtenidos por microondas como lo expresa los datos en el cuadro 12 se tiene que la potencia más idónea por su menor % de pérdida de vitamina C 6.52 mg/100g es a la T2 15 min

**CUADRO No 14 CONTENIDO DE VITAMINA C EN MUESTRAS ESTUDIADAS**

	LIMON PERSA	Vit C (mg/100g)	% de Perdida Vit C
		BASE SECA	
<b>Fresco</b>	Fruta Fresca (limón)	50,7	7,81
<b>Microondas</b>	Deshidratado A P1 ( 70 W ) 5 min	19,82	63,96
	Deshidratado A P1 ( 70 W ) 10 min	30,86	43,89
	Deshidratado A P2 ( 140 W ) 5 min	14,28	74,04
	Deshidratado A P2 ( 140 W ) 10 min	20,34	63,02
	Deshidratado A P3 ( 210 W ) 5 min	1,74	96,84
	Deshidratado A P3 ( 210 W ) 10 min	3,05	94,45
<b>Bandejas</b>	Deshidratado A T ( 70 °C ) 15 min	6,52	88,15
	Deshidratado A T ( 70 °C ) 15 min	41,33	24,85
	Deshidratado A T ( 70 °C ) 15 min	5,2	90,55



**GRAFICO N° 10 RELACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C ENTRE LIMON PERSA FRESCA Y DESHIDRATADOS POR MICROONDAS Y SECADOR DE BANDEJAS**



**GRAFICO N° 11 PORCENTAJE DE PERDIDA DE VITAMINA C EN DESHIDRATADOS POR MICROONDAS Y SECADOR DE BANDEJAS.**

Haciendo la prueba de tukey para los contenidos de vit C en los productos deshidratados mediante secador de bandejas, los mismos que se indica en la tabla N°., se tiene que existe diferencia significativa al nivel del 95 % de confiabilidad del producto deshidratado a 70 °C respecto a los de 80 y 60, siendo el mayor contenido el que corresponde a la temperatura de 70 °C

ContVitC

HSD de Tukeya

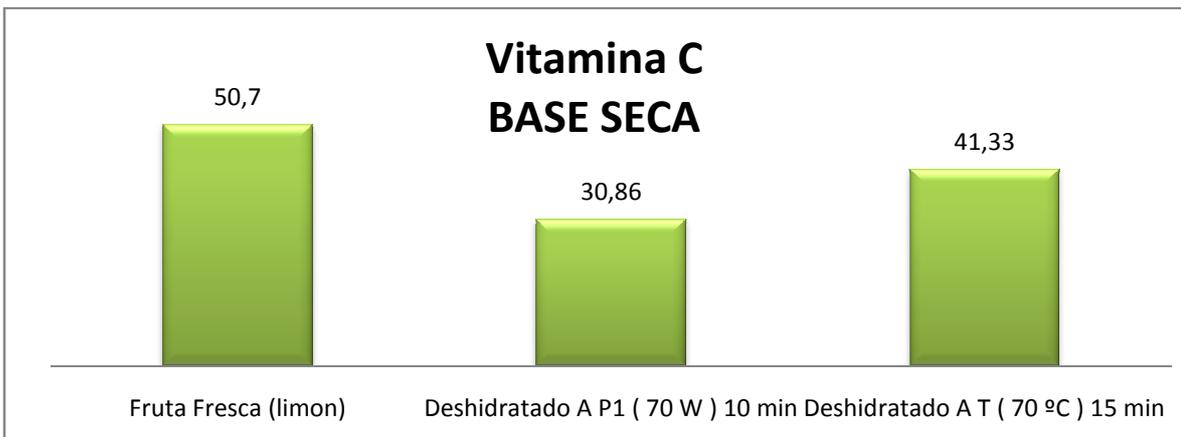
Temperatura	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
80.00	4	5,2100	
dim 60.00	4	6,5250	
ensi on1 70.00	4		41,3300
Sig.		,054	1,000

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

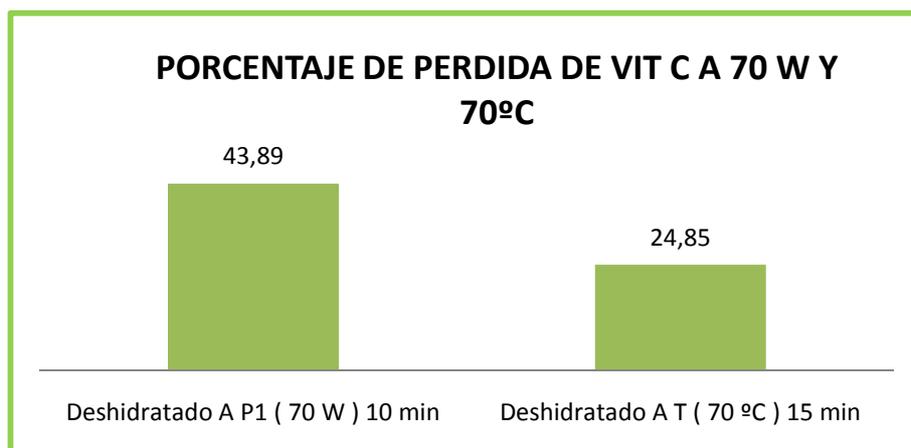
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000.

**CUADRO No 15 CONTENIDO DE VITAMINA C EN MUESTRAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO FINAL POR SER LAS QUE TIENEN MAYOR CANTIDAD DE VITAMINA C**

	LIMON PERSA	BASE SECA	% de Pérdida de Vit C
FRESCO	Fruta Fresca (limón)	50,7	7,81
MICROONDAS	Deshidratado A P1 ( 70 W ) 10 min	30,86	43,89
BANDEJAS	Deshidratado A T ( 70 °C ) 15 min	4,1,33	24,85



**GRAFICO N ° 12 RELACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C ENTRE LIMON FRESCO Y DESHIDRATADOS A POTENCIA 1 (70 W) 10 min y Temperatura de 70 ° C**



**GRAFICO N° 13 PORCENTAJE DE PERDIDA DE VITAMINA C DE DESHIDRATADOS CON MAYOR CONTENIDO DE VIT C 70 W 10 min Y 70 ° C**

### **3.4 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL LIMON PERSA (*Citrus latifolia tanaka*) FRESCO Y DESHIDRATADO**

Las determinaciones físicas químicas y microbiológicas del limón persa en fresco y deshidratado en las dos formas planteadas con las temperaturas idóneas; cuyos valores se encuentran expresados en peso seco. Como se ve en el cuadro N 16

**CUADRO No. 16 CONTENIDO NUTRICIONAL PROMEDIO EN MUESTRAS ESTUDIADAS.**

PARAMETROS	LIMON PERSA FRESCO	DESHIDRATADO A	
		P <sub>1</sub> (70W)	T <sub>2</sub> (70°C)
HUMEDAD (%)	87.40	18.00	16.00
CENIZA (%)	0.50	3.07	3.24
AZÚCARES TOTALES (%)	7.70	32.90	30.80
AZÚCARES REDUCTORES (%)	4.20	15.68	15.20
AZÚCARES NO REDUCTORES (%)	3.00	14.43	15.60
FIBRA (%)	3.15	4.46	6.52
PROTEÍNA (%)	1.20	4.38	4.08
pH	5.5	3.2	3.5

### 3.4.1 DETERMINACIÓN DE pH

Como se aprecia en el Gráfico No.14 se determinó un promedio de pH de 5.5 en el limón fresco y 3.2 y 3.5 en el deshidratado en microondas y en bandejas respectivamente, la diferencia radica que en los deshidratados aumenta su acidez esto se debe a que sus sales se disocian

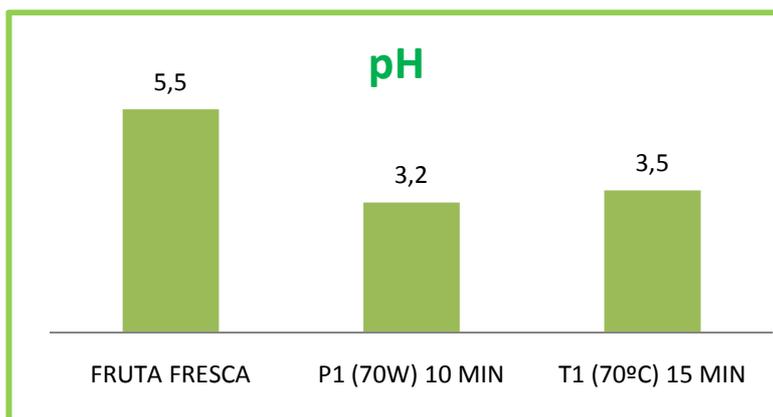


GRÁFICO No. 14 RELACIÓN DE CONTENIDO DE pH DEL LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) 10 min Y T DE 70°C

### 3.4.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Como se aprecia en el Gráfico No.15 se determinó un promedio de humedad de 87.40% en el limón fresco, 18.00% y 16.00 % en el deshidratado por microondas y secador de bandejas respectivamente,

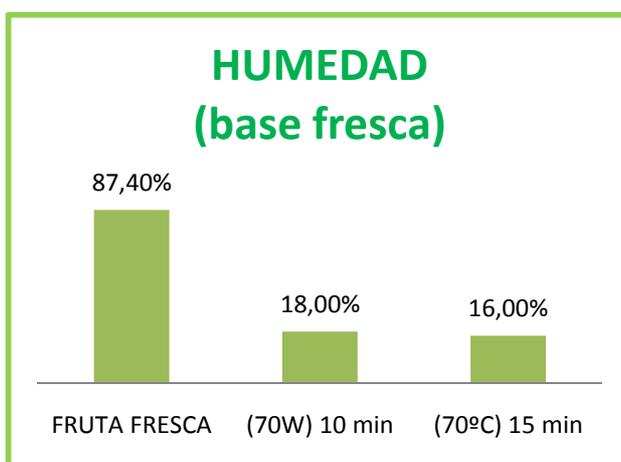
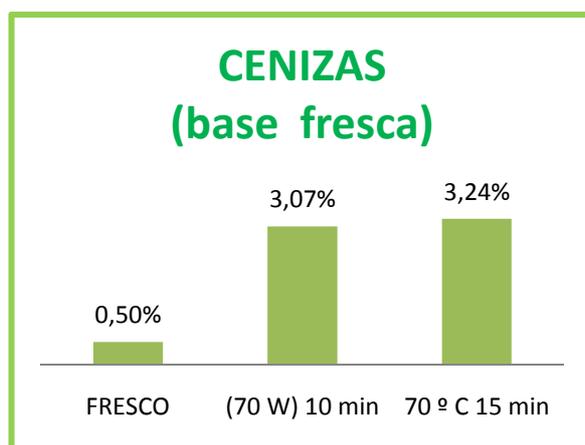


GRÁFICO No. 15 RELACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y T 70 ° C

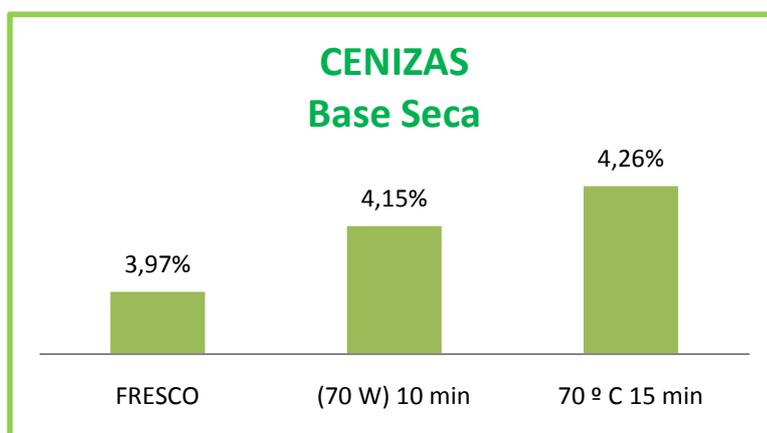
### 3.4.3 DETERMINACIÓN DE CENIZA

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación de cenizas, se aprecia en el Gráfico No.16 que el porcentaje promedio de cenizas es menor en la Limón fresco (0.50 %) que en el deshidratado (3.07%.) y (3.24) para microondas y secador de bandejas respectivamente , en el Gráfico No.17 expresado en base seca el porcentaje de cenizas observando que el porcentaje promedio de cenizas es menor en la naranjilla fresca (3,97%) que en la deshidratada en microondas (4.15%.) y secador de bandejas es de (4.26%).

Este aumento en el deshidratado se debe a que según progresa la desecación, el contenido de agua disminuye permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración.



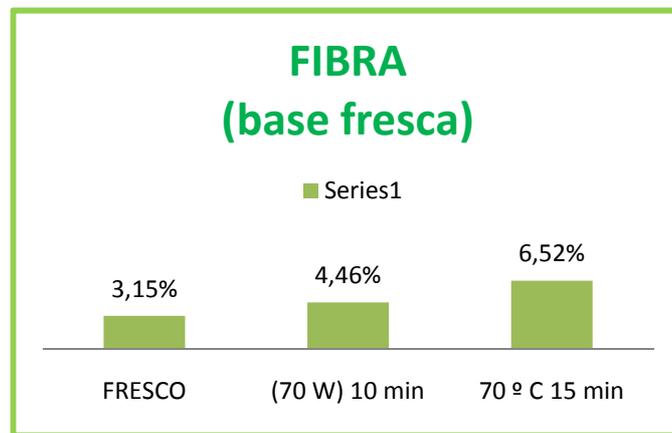
**GRÁFICO No. 16 RELACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZA EN LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P1 (70 W) Y A T 70 C.**



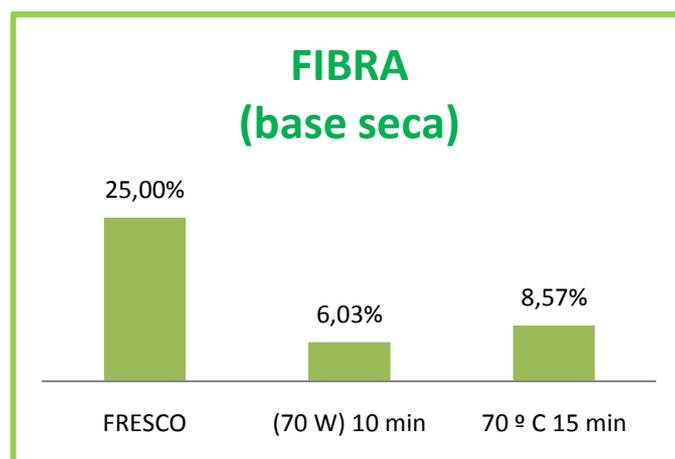
**GRÁFICO No. 17 RELACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZA EN LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P1 (70 W) Y A T 70 C (BASE SECA).**

### 3.4.4 DETERMINACIÓN DE FIBRA

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación de fibra, se observa en el Gráfico No.18 que el porcentaje promedio de la misma es mayor en el deshidratado que en el fresco siendo así 3.15%, Y 4.46% , 6.52% para microondas y secador de bandejas respectivamente, en el Gráfico No.19 expresado en base seca observamos que el porcentaje promedio de la misma es mayor en el deshidratado que en el fresco siendo así 25.00 % , y 6.03 % , 8.57% respectivamente. Este aumento se debe a que se concentra los solutos al perder agua.



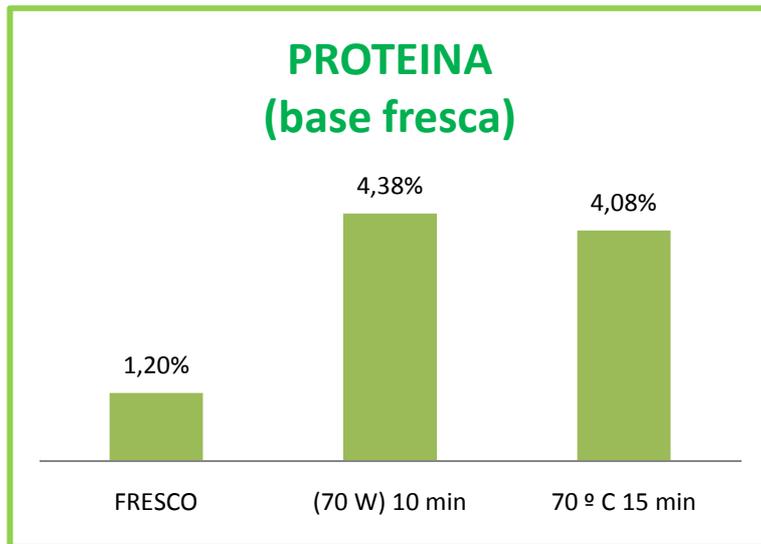
**GRÁFICO No. 18 RELACIÓN DE CONTENIDO DE FIBRA EN LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C .**



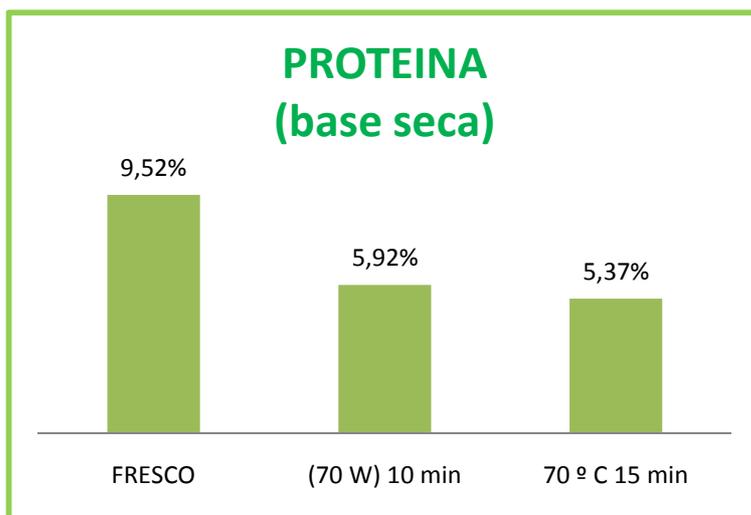
**GRÁFICO No. 19 RELACIÓN DE CONTENIDO DE FIBRA LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C (BASE SECA).**

### 3.4.5 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Como se observa en el Gráfico No.20 la proteína en limón fresco es de 6.70% mientras que en el deshidratado a 70 W es de 4.38% y a 70 ° C es de 4.08 %, este aumento se debe a que a medida que progresa la deshidratación el agua disminuye y los solutos se concentran. Grafico No.21 el porcentaje de proteína en el limón



**GRÁFICO No. 20 RELACIÓN DE CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LIMÓN FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C**



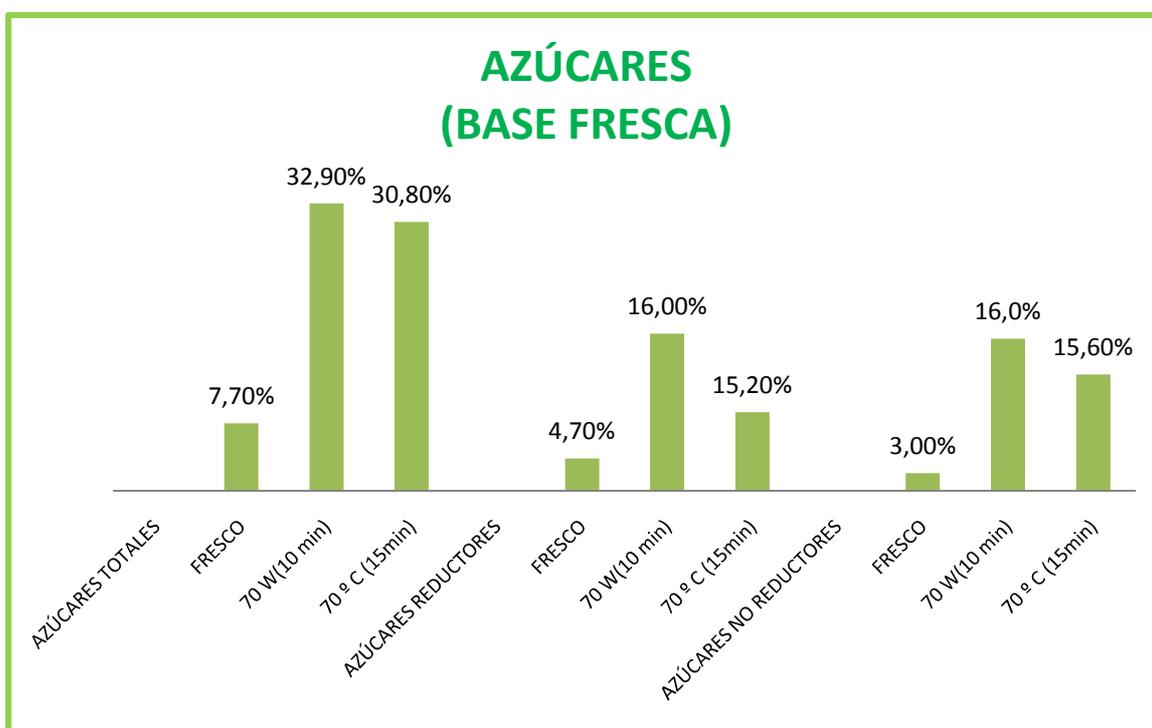
**GRÁFICO No. 21 RELACIÓN DE CONTENIDO DE PROTEÍNA EN LIMÓN FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C (BASE SECA)**

### 3.4.6 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES

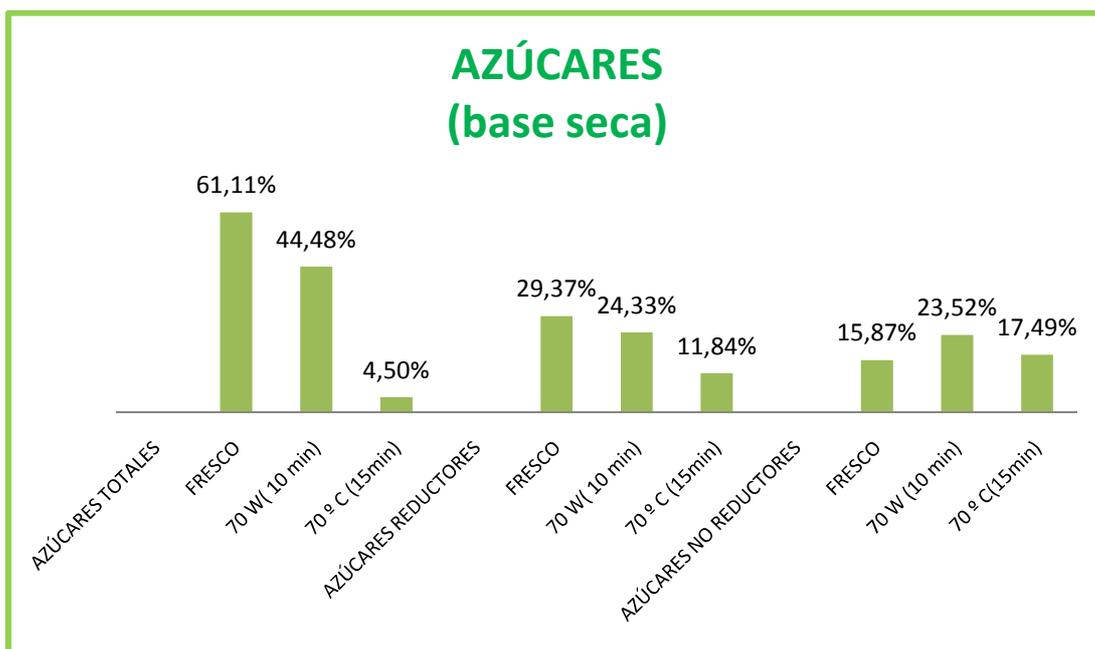
De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio se puede apreciar en el gráfico N° 22, que el porcentaje de azúcares totales aumenta en el deshidratado de 7.70% a 32.90% en microondas y 30.80 % en secador de bandejas, el porcentaje de azúcares reductores va de 3.70% a 18.00% en microondas y 9.00 % en secador de bandejas y el porcentaje de azúcares no reductores va de 2.00% a 17.40% en microondas y 13.30 % en secador de bandejas.

El porcentaje de azúcares es mayor en el deshidratado que en el fresco, debido a que los azúcares son solubles en agua y mientras progresa la desecación estos son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran y terminan por cristalizar.

El gráfico N° 23, nos muestra el porcentaje de azúcares totales, reductores y no reductores expresados en base seca.



**GRÁFICO No. 22 RELACIÓN DE CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES, AZÚCARES REDUCTORES Y NO REDUCTORES EN LIMÓN FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C**



**GRÁFICO No. 23 RELACIÓN DE CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES, AZÚCARES REDUCTORES Y NO REDUCTORES EN LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO A P 1 (70 W) Y TEMPERATURA DE 70 ° C (BASE SECA).**

### 3.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL LIMON FRESCO Y DESHIDRATADO

Este análisis se efectuó por duplicado tanto en el limón fresco como en la deshidrato a la potencia y temperatura idóneas arroja un valor en los tres casos de - - UFC como lo expresa el cuadro 17

**CUADRO No. 17 CONTENIDO PROMEDIO DE HONGOS (MOHOS Y LEVADURAS) EN MUESTRAS ESTUDIADAS.**

MUESTRAS	HONGOS	
	MOHOS	LEVADURAS
	UPC/gramo	UPC/gramo
Limón fresco	-	-
Deshidratado a 70 W y 70°C	-	-

Los resultados arrojan una negatividad en el limón fresco puesto que este se encuentra en un ambiente estéril gracias a la protección de la cascara que lo cubre, y en los deshidratados como nuestro producto tiene mínima cantidad de agua no es un lugar propicio para estos para reproducirse ayudando también el pH del deshidratado.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES

1. La potencia del microondas y la temperatura del secador de bandejas ideales se determinaron mediante un estudio de cada muestra de los deshidratados en prueba de HPLC utilizando como indicador el contenido de Vit C, dando como menor porcentaje de pérdida de este indicador la potencia 1 (70W) con 43.89 % de pérdida teniendo un máximo de pérdida la W 3 con un 63.95% y temperatura 2 que es la de 70°C con pérdida de 24.85% teniendo como máximo 90.54% a 80°C.
2. Haciendo la prueba de tukey para los contenidos de vit C en los productos deshidratados mediante secador de bandejas, se tiene que existe diferencia significativa al nivel del 95 % de confiabilidad del producto deshidratado a 70 °C respecto a los de 80 y 60, siendo el mayor contenido de vitamina C el que corresponde a la temperatura de 70 °C
3. Se analizó la composición nutricional mediante un estudio Bromatológico de los deshidratados y del limón en fresco: la proteína, fibra, ceniza, azúcares dieron valores más altos que el limón fresco esto se debe a que por su proceso de deshidratación aumenta la concentración de los solutos, lo que no sucede en la humedad que se ve afectada por la temperatura y sus valores disminuyen. Tomando estos resultados se concluye así que el proceso más idóneo para deshidratar es el por secador en bandejas porque sus valores son más altos.

4. **Microondas.-** Se tomo tres potencias que son de 70, 140 y 210 W, se comprobó que el tiempo de deshidratado se ve influenciado por la potencia (W) es así que el limón se secó en un tiempo de: 70W, 5 min: 250 min, 10 min: 1.60 min; 140W, 5 min: 105 min, 10 min: 1100 min; y 210W, 5 min: 55min, 10 min: 0.40 min
  
5. **Secador de bandejas** se tomo tres temperaturas que son de 60, 70 y 80 °C, se comprobó que el tiempo de secado se ve influenciado por la temperatura de deshidratación el limón se secó en un tiempo de: 60 °C 9.10horas; 70°C 5.20 horas; 80°C 3.90 horas

## **CAPÍTULO V**

### **5. RECOMENDACIONES**

1. Es conveniente que el producto final se empaque al vacío para poder prolongar el periodo de vida útil, así como para impedir la oxidación y la rehidratación del producto deshidratado, esto para fines de comercialización.
2. Se recomienda en próximas investigaciones realizar el deshidratado del limón con cascara puesto que en la cascara según fuentes bibliográficas es donde se encuentra mayor cantidad de Vit C.
3. Se recomienda el consumo de limón deshidratado aplicándolo en tisanas, repostería porque conserva su valor nutricional y su aporte a la medicina no vara que en fruta fresca considerando también el tiempo de vida de vida útil del producto se prologa por la pérdida de humedad.
4. Se recomienda ampliar esta investigación con aporte nutraceuticos del deshidratados.

## CAPÍTULO VI

### 6. RESUMEN

Investigación con el propósito de realizar un estudio comparativo del potencial nutritivo del limón persa (*Citrus latifolia tanaka*) fresco y deshidratado en secador de bandejas y en microondas, teniendo como indicador de eficiencia el contenido de Vitamina C y posterior un estudio de los deshidratados con la finalidad de determinar qué porcentaje de pérdida de los nutrientes hubo en cada uno de ellos.

Se trabajó con dos métodos de deshidratación, por microondas a tres potencias  $P_1$  70,  $P_2$  140 y  $P_3$  210 W siendo la más idónea  $P_1$  70W con un tiempo de 160 min es decir 2 horas 40 min con una concentración de vitamina C de 30.86 mg/100g correspondiendo un porcentaje de pérdida de 43.89% y en secador de bandejas a 3 temperaturas de  $T_1$  60,  $T_2$  70 y  $T_3$  80 °C siendo la más idónea,  $T_2$  70°C, con un tiempo de 375 min es decir 6 horas 15 minutos, con una concentración de vitamina C de 41.33 mg/100g siendo su porcentaje de pérdida del mismo de 24.85%. Se deduce así que el tiempo de secado se ve influenciado por la potencia y la temperatura.

Se analizó la composición nutricional mediante un estudio Bromatológico de los deshidratados y del limón en fresco: la proteína, fibra, ceniza, azúcares dieron valores más altos que el limón fresco esto se debe a que por su proceso de deshidratación aumenta la concentración de los solutos, lo que no sucede en la humedad que se ve afectada por la temperatura y sus valores disminuyen. Tomando estos resultados se concluye así que el proceso más idóneo para deshidratar es el por secador en bandejas porque sus valores son más altos.

## SUMMARY

This Research was with the purpose of conducting a comparative study of the nutritional potential of Persian lemon ( *Citrus latifolia* Tanaka) fresh and dried in tray dryer and microwave, with the efficiency indicator of vitamin C content after dehydrated a study in order to determine what percentage loss of nutrients which there were in each one of them.

We worked with two methods of dehydration, three power microwave P170, P2 140 and P3 210 being the most suitable w 70 w pl with a time of 160 minutes ie 2 hours 40 min with a concentration of 30.86 mg vitamin C / 100g corresponding percentage loss of 43.89 and tray dryer at three temperatures of T1 60, T2 70 and T3 80, C being the most suitable T2 70 C, with a time of 375 min is 6 hours 15 minutes, a concentration of 41.33 mg/100g vitamin C being the same percentage of loss of 24.85% is deducted so the drying time is influenced by the power and temperature

A nutrient composition was analyzed by studying bromatological dehydrated and fresh lemon in protein, fiber, ash, sugars yielded values higher than the fresh lemon this is due to dehydration process by increasing the concentration of solutes This does not happen in the moisture that is affected by temperature and their values decrease. Taking these results we conclude that the process is most suitable for drying the trays for dryers because their values are higher.

## CAPÍTULO VII

### 7. BIBLIOGRAFÍA

1. **INDUSTRIA ALIMENTICIA.** México. (2005). Alimentos Deshidratados: un Rentable Negocio. México: Industria Alimenticia. V.16, pp. 38-40.
2. **ALVARADO, JUAN DE DIOS.** Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos. Editorial Radio Comunicaciones. Ambato- Ecuador. 1996. pp.421-423
3. **ANDERSEN, O. M.** et al. (2005). USA. **89**(427): Colour Stability of Anthocyanins in Aqueous Solutions at Various pH Values. *Food Chem.*.
4. **ARTHEY, d y ASHURST, p.** (1997). Acribia.Procesado de Frutas. Barcelona:.
5. **BARBOSA-CÁNOVAS, g.v. y VEGA-MERCADO, h.** (2000). Deshidratación de Alimentos. Zaragoza: Acribia.
6. **BARBOSA, GUSTAVO V.** Acribia Deshidratación de Alimentos.. Zaragoza-España. 2003. pp. 1-65, 89-94, 139-141, 151-153, 277-284.
7. **BRAVERMAN, J.B.S.** Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. por Z, Berk. Editorial El Manual Moderno S.A de C.V. México D.F.1980. Vol. 2. pp 101-126, 221-232.
8. **BRITO, H.** Texto Basico de Operaciones Unitarias IIP. 20-21

9. **BROKS, G; BUTEL, J. y MORSE, S.** (1999) Microbiología Médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. México. Manual Moderno. pp. 899.
10. **CAIZA, K;** 2007. Determinación del Potencial Nutritivo y Nutracéutico de Ají (capsicum chimense Jacq) Deshidratado. Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia.
11. **CBI Elaborado por: CIC –CORPEI**
12. **CHEFTEL JEAN-CLAUDE, CHEFTEL HENRI, y BESANCON PIERRE,** (1999). Introducción a la Bioquímica de los Alimentos, España: Acribia. V.II.
13. **DEL ALAMO SANZA, M, y NEVAREZ, I,** (2006). Wine Aging in Bottle From Artificial Systems (Staves and Chips) and Oak Woods, Anthocyanyn Composition. Anal. Chim. Acta: 563: pp.255- 263
14. **DÍAZ I, URETA f, y RUIZ, m,** (1985). Estudio Sobre los Pigmentos Antociánicos y Otros Compuestos Fenólicos en Vinos Tintos. Alimentos.; 10: pp.13-18.
15. **GOMEZ, J. & LEON, D.** 2004. “Diseño y Construcción de un Secador de Bandejas para Germen de trigo”. Tesis Ing. Quim. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba. pp. 25-50
16. **HERBARIO NACIONAL DEL ECUADOR. SECCIÓN BOTÁNICA DEL MUSEO ECUATORIANO DE CIENCIAS NATURALES.** Quito: (2006). Botanica de la Frutilla. Quito: HNE
17. **LUCERO, o.** (2005). Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos. Ecuador. pp.74.

18. **MACAS,M;** (2007). Evaluación Nutricional del Tomate ( *Lycopersicum s culentum L*) deshidratado. Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia.
19. **PAGAN, r; MAÑAS, RASO, j; y CONDON s;** (1999). Bacterial resistance to Ultrasonic waves Under Pressure at no Lethal (Manosonication) and Lethal (Manothermosonication) Temperatures. *Appl Environ Microbiol*.
20. **Registro Oficial Elaborado por: CIC – CORPEI**
21. **REVISTA TECNOLÓGICA.** (2004). Deshidratacion. V.17, No.1.
22. **ROMOJARO, FELIX Y Colb.** Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona. México. 1996.
23. **SHAFUIR,M.2003.** “Manual de Conservacion de los Alimentos”. Ed.Acribia,S:A.Zaragoza-España. Pp.311-314,413-424.
24. **SUBSECRETARIA REGIONAL DE LA SIERRRA/MAGAP;** Riobamba – Ecuador
25. **TOLEDO R.T.** (1994). Dehydration. *Fundamentals of Food Process Engineering*. New York: Chapman. pp. 456-506.
26. **TORREGGIANI,d.** (1995). Technological Aspects of osmotic deshydration in Foods, in fo Odpreservation by Moisture Control. *Fundamentals and Application*. Pennsylvania: Technomic.
27. **TORRE, I. BARRITT, b.** (1977). Quantitative Evaluation of *Rubus* fruit Anthocyanin Pigments. 42: pp. 488-490
28. **DATTA, A.K., Y DAVIDSON, P.M. (2001). TRATAMIENTO DE ALIMENTOS CON MICROONDAS.** Microwave and Radio Frequency

Processing. Journal of Food Science, Supplement Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. pp. 32-41

29. **TRIPLA, M.** (2000). Estadística Elemental. México: Pearson. Education. pp. 573 – 583
30. **WALKER, J. R. L.,** et al. (1995) Effect of Polysaccharides on the Colour of Anthocyanins. *Food Chem.* pp. 54, 315.
31. **WILEY, Robert C.** Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza- España. 1997, pp. 36
32. **WILLIAM, r.** (1991). En: Analytical Chemistry, 63; pp.1535-1543.
33. **YAUCEN, S;** (2007). Elaboracion y Evaluación Nutricional De La Harina De Zanahoria (*Daucus Carota*) Obtenida Por Proceso De Deshidratación. Tesis Bioquímico Farmacéutico. Robamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia

#### **BIBLIOGRAFÍA – INTERNET**

**34. ÁCIDO ASCÓRBICO**

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_asc%C3%B3rbico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_asc%C3%B3rbico)  
2008/07/02

**35. .ÁCIDO ASCÓRBICO**

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

**36. AGRONOMÍA**

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/p8.htm#9>

2007/12/17

**37. ALIMENTOS CONGELADOS**

<http://www.monografias.com/trabajos15/congelacionalimentos/congelacion-alimentos.shtml>

2007/12/17

**38. ALIMENTOS DESHIDRATADOS**

<http://www.directoalpaladar.com/2005/09/28-alimentos-deshidratados>

2008/01/22

**39. ALIMENTOS PROCESADOS**

[http://www.Directoalpaladar.com/2005/09/28\\_alimentos\\_deshidratados](http://www.Directoalpaladar.com/2005/09/28_alimentos_deshidratados)

2007/12/27

**40. ALIMENTOS PROCESADOS**

<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pprocesados/FRU11.HTM>

2007/12/27

**41. ARTÍCULOS DE DESHIDRATADOS**

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

2008/02/24

**42. ASPECTOS TEORICOS DE LA OPERACIÓN DE SECADO Y SU APLICACIÓN EN PRODUCTOS SOLIDOS.**

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

2088/11/02

**43. BIENESTAR**

<http://www.hoydomingo.com/493/bienestar.htm>

2008/02/18

**44. BIOCOMERCIO DEL ECUADOR**

[http://www.biocomercioecuador.org/biocomercio/docs/22\\_7Sondeo de Mercado Smartresearch final ed Lore.doc.pdf](http://www.biocomercioecuador.org/biocomercio/docs/22_7Sondeo_de_Mercado_Smartresearch_final_ed_Lore.doc.pdf)

2008/03/13

**45. CIENCIAS APLICADAS**

[http://www.cienciasaplicadas.buap.mx/convocatoria/memorias\\_2005/017.pdf](http://www.cienciasaplicadas.buap.mx/convocatoria/memorias_2005/017.pdf)

2008/03/07

**46. CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

[www.bioconservacion.com](http://www.bioconservacion.com)

2008/03/08

**47. CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS**

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/conservacion%202.htm>

2007/12/27

**48. COMPARACION DE DISTINTOS METODOS DE SECADOS**

<http://www.infla.org/IV/ifla69/papers/600s-Kaplan-Ludwin.pdf>

2008/09/07

**49. CONTROL DE CALIDAD**

<http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm>

2008/03/15

**50. DELEITAR DE FRUTAS**

<http://www.meatanddeliretailer.com/content.php?s=IA/2006/04&p=11>

2008/03/18

**51. DESHIDRATACIÓN**

[http://www.upv.es/pls/sreg/ofe\\_bus.bus\\_info?p\\_estilo=300&p\\_codigo=60&p\\_tipo=detallado](http://www.upv.es/pls/sreg/ofe_bus.bus_info?p_estilo=300&p_codigo=60&p_tipo=detallado)

2008/03/05

**52. DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS**

[www.alimentosnet.com.ar/trabajos/ltza/deshidratacion.doc](http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/ltza/deshidratacion.doc)

2008/03/02

**53. DINERO CON ALIMENTOS PROCESADOS**

[http://www.hoy.com.ec/NotiDinero.asp?row\\_id=256462](http://www.hoy.com.ec/NotiDinero.asp?row_id=256462)

2007/12/12

**54. EL LIMON DEL ECUADOR, FRUTA TROPICAL DE GRANDES PROPIEDADES**

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

2007/12/01

**55. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y POR MICROONDAS CON APLICACIÓN DE VACÍO**

<http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=021394>

2007/12/28

**56. FRUTAS DESHIDRATADAS**

<http://html.rincondelvago.com/generalidades-de-las-frutas-deshidratadas.html>

2008/12/28

**57. FUNCIONAMIENTO DE LOS MICROONDAS**

<http://revista.consumer.es/web/es/20030401/alimentacion/>

2008/03/25

**58. FUNCIONAMIENTO DEL MICROONDAS**

<http://www.alimentacionsana.com.ar/informaciones/Cocina/micronondas.htm>

2008/03/25

**59. HORTALIZAS**

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

2008/03/15

**60. IDEAS SANAS**

<http://ideasana.fundacioneroski.es/web/es/07/fresa/>

2008/03/15

**61. LA CORPEI**

<http://www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3 2 4>

2008/03/11

**62. LA FAO**

<http://www.fao.org/docrep/x5055S/x5055S02.htm>

2008/03/09

**63. LIMON**

<http://www.sld.cu/fitomed/lim.html>

2010/01/18

**64. LA POTENCIA DEL MICROONDAS**

<http://www.elgranchef.com/2007/09/12/la-potencia-del-microonda>

2008/03/22

**65. MICROONDAS**

<http://www.elmundo.es/salud/1995/136/00601.html>

2008/03/22

**66. MICROONDAS**

[http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content\\_detail&id=97](http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=97)

2008/03/22

**67. MONOGRAFIA DEL LIMON PERSA**

[http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/covecainicio/imagenes/archivospdf/archivosdifusion/tab4003236/monograf%cda%20de%20lim%d3np.pdf;](http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/page/covecainicio/imagenes/archivospdf/archivosdifusion/tab4003236/monograf%cda%20de%20lim%d3np.pdf)

2010/01/18

**68. NOTICIAS DE ACTUALIDAD**

[http://www.universia.com.ar/portada/actualidad/noticia\\_actualidad.jsp?noticia=8491](http://www.universia.com.ar/portada/actualidad/noticia_actualidad.jsp?noticia=8491)

2008/03/25

**69. PROPIEDADES MEDICINALES DEL LIMON**

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

2010/01/18

**70. PLANTAS MEDICINALES**

<http://www.infojardin.net/fichas/plantas-medicinales/fragaria-vesca.htm>

2008/03/30

**71. PROPIEDADES MEDICINALES DEL LIMON**

[http://www.botanical-online.com/medicinalslimon.htm:](http://www.botanical-online.com/medicinalslimon.htm)

2010/01/18

**72. REMEDIOS POPULARES**

<http://www.remediospopulares.com/limon.html>

2010/01/18

**73. SABER COCINAR EN MICROONDAS**

<http://www.martita.cl/customs.php?id=41>

2008/02/27

**74. SECADO**

<http://hydra.dgsca.unam.mx/fesc/matrlisttr/mevargasu/01Equipos%20de%secado.doc>

2008/09/07

**75. SECADO**

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leip/ortiz\\_a\\_bs/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/ortiz_a_bs/capitulo2.pdf)

2007/12/04

**76. SECADO DE SÓLIDOS**

<http://www.monmtes.upm.es/Dptos/DptoIngForesta/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/OpBas%20pdf/Tema%209.pdf>

2008/06/08

**77. SECADOR DE BANDEJAS**

[http://www.ucursos.cl/ingenieria/2008/2/IQ53D/1/material\\_docente/objeto/18330](http://www.ucursos.cl/ingenieria/2008/2/IQ53D/1/material_docente/objeto/18330)

2010/11/04

**78. SECADEROS**

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

2006/11/14

**79. SEGÚN LA FAO ALIMENTOS DESHIDRATADOS**

<http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm#TopOfPage>

2007/12/16

**80. TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

[tecnoalimentalia@ainia.es](mailto:tecnoalimentalia@ainia.es) - [www.tecnoalimentalia.com](http://www.tecnoalimentalia.com) - [www.ainia.es](http://www.ainia.es)

2007/12/29

**81. TIPOS DE DESHIDRATACION DE LOS ALIMENTOS**

<http://www.tiposdeshidratacion.com.ch/deber/deshidratado.doc>

2008/03/02

**82. USOS DE SECADORES**

<http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/SECADERO.htm>

2006/10/14

**83. VARIETADES DE LIMONERO**

<http://www.atcitrus.com/limonero.htm#fino>

2010/01/18

**84. VITAMINA C**

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

2008/06/30

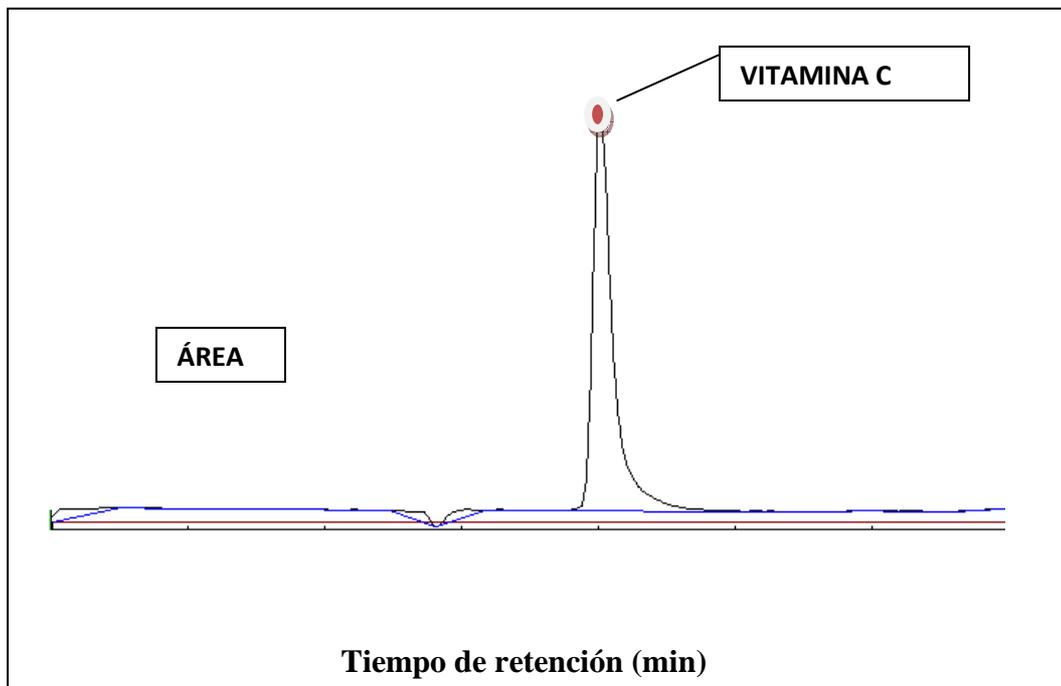
## CAPÍTULO VIII

### 8. ANEXOS

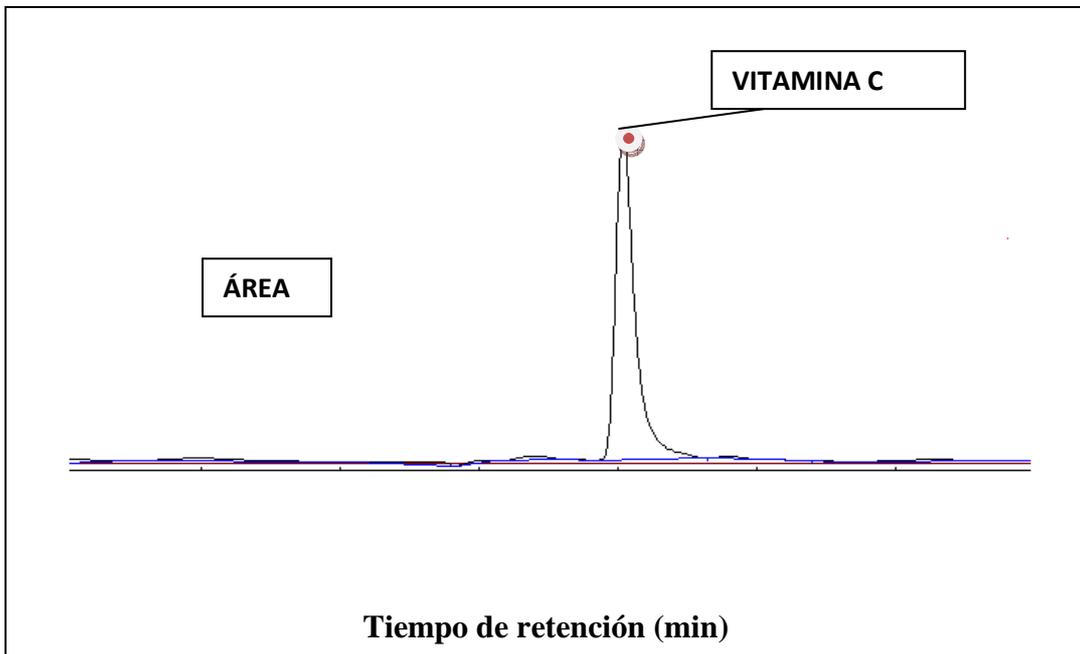
#### ANEXO N°1 DETERMINACIÓN DE pH NTE INEN 389.

- Si la muestra corresponde a productos densos o heterogéneos, homogeneizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) con agitación.
- Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10g la 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.

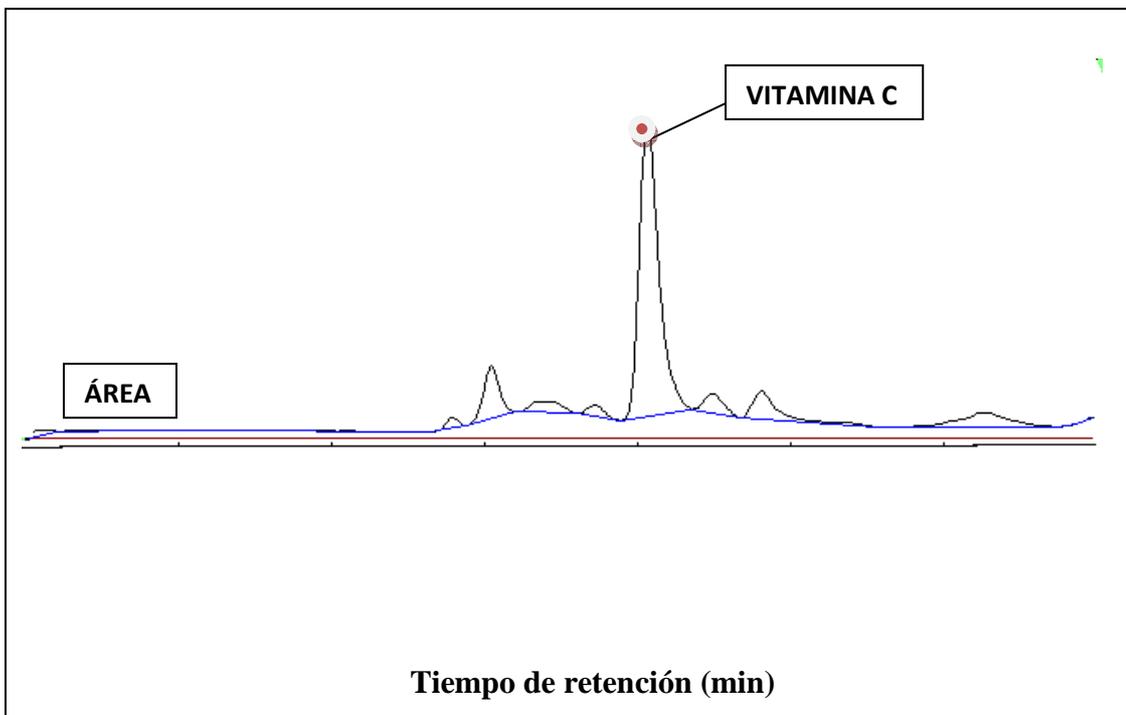
#### ANEXO N°2 CROMATOGRAMA DEL ESTÁNDAR DE VITAMINA C



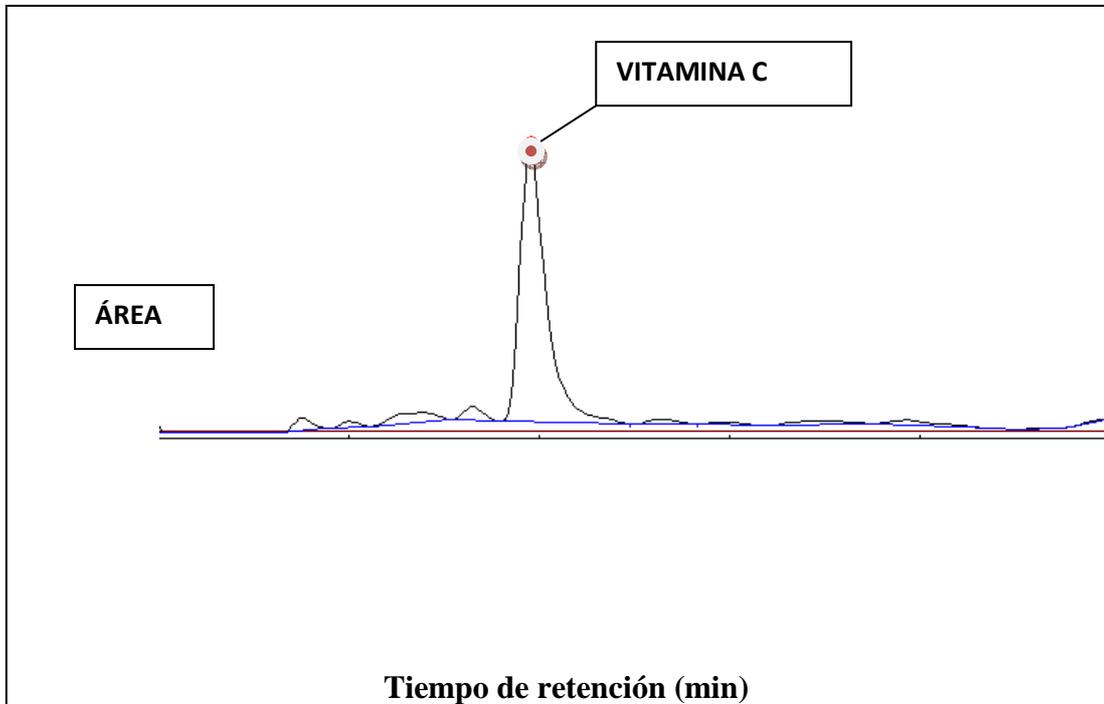
**ANEXO N°3 CROMATOGRAMA DEL LIMON FRESCO DE VITAMINA C**



**ANEXO N°4 CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DE LA MUESTRA DESHIDRATADA EN BANDEJAS (70°C)**



### ANEXO N°5 CROMATOGRAMA DE VITAMINA C DE LA MUESTRA DESHIDRATADA EN MICROONDAS A 70W



### ANEXO N°6 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MICROORGANISMOS MOHOS Y LEVADURAS. RECuento EN PLACA POR SIEMBRA EN PROFUNDIDAD. NTE NO. 1529-10:1998

- 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 verter en cada una de las placas inoculadas aproximadamente 20mL de Saboraud dextrosa fundido y templado a  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ . 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  $25^\circ\text{C}$  por 5 días.
- Examinar a los 2 días y comprobar si se ha formado o no micelio aéreo.

• ANEXO N° 7 FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN



SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA



LAVADO Y PELADO



LIMON PERSA EN RODAJAS



DESHIDRATADOR DE BANDEJAS

EXPUESTAS A DESHIDRATACIÓN



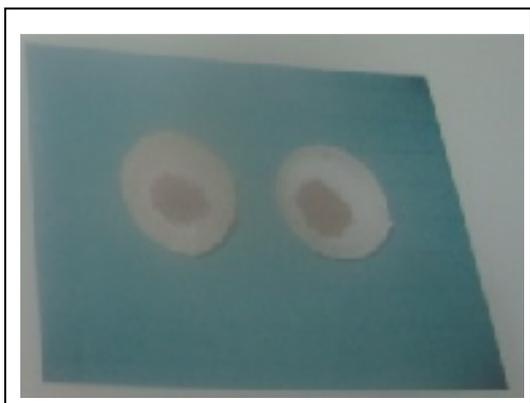
MICOONDAS

**ANEXO N° 8 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS DE VITAMINA C**



HPLC

**ANEXO N° 9 FOTOGRAFÍAS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL DESHIDRATADO**



DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



DETERMINACIÓN DE CENIZAS



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA



DETERMINACIÓN DE AZÚCARES



DETERMINACIÓN DE FIBRA

### ANEXO N° 10 FOTOGRAFÍAS DEL LIMON DEL DESHIDRATADO



DESHIDRATADOR DE BANDEJAS  
70°C



MICROONDAS  
70W

ANEXO N° 11 EMPAQUE DEL LIMON DEL DESHIDRATADO

