

Universidad Nacional de San Martín
Facultad de Ingeniería Agroindustrial



« ENSAJO DE ESTABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE LOS
ATRIBUTOS SENSORIALES DEL JUGO DE LIMÓN SUTIL
(*Citrus aurantifolia*) »

T E S I S

Para optar el Título Profesional de :

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la Bachiller :

MARILÚ BRAVO LOZANO

Tarapoto – Perú

2 0 0 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“ENSAYO DE ESTABILIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE LOS
ATRIBUTOS SENSORIALES DEL JUGO DE LIMÓN SUTIL
(*Citrus aurantifolia*)”**

**EJECUTADA POR LA BACHILLER
MARILÚ BRAVO LOZANO**

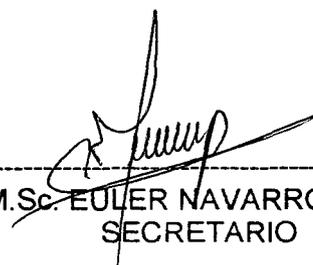
TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

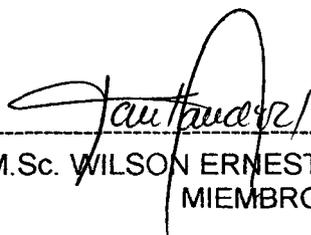
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:



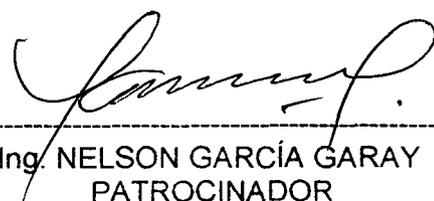
Ing. M.Sc. EPIFANIO EFRAIN MARTÍNEZ MENA
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. EULER NAVARRO PINEDO
SECRETARIO



Ing. M.Sc. WILSON ERNESTO SANTANDER RUÍZ
MIEMBRO



Ing. NELSON GARCÍA GARAY
PATROCINADOR

TARAPOTO – PERÚ
2005

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

LUISA y JOSÉ LEVÍ, con eterna gratitud y amor por el invaluable sacrificio, esfuerzo y empeño a fin de verme formada como profesional, por los consejos que me brindan y ser mis amigos siempre.

A mis hermanos:

GEINER y ROSALINA ELENA JESÚS, por su motivación y gran apoyo moral.

A mis sobrinos:

JULIO CESAR, ENZO, BRENDA y DIEGO MARTÍN.

A **HOMERO TOMÁS** por su amor, comprensión y apoyo permanente durante mi formación profesional. Eterna gratitud.

En memoria a mi mamita **ELENA DE JESÚS** y a mi hermana **HERNESTINA.**

Que Dios nos bendiga y nos acompañe siempre.

AGRADECIMIENTO

- * Al Ing. Nelson García Garay, por el asesoramiento que me a brindado en la elaboración del presente trabajo de investigación, así como el apoyo durante mi formación profesional.
- * A la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por las facilidades brindadas en el Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), laboratorio de Control de Calidad y laboratorio de Microbiología y Fermentaciones de la Universidad Nacional de San Martín.
- * Al Ing. M.Sc. Epifanio E. Martínez Mena, por el aporte de sus conocimientos en la iniciativa de elaboración y culminación de mi formación profesional.
- * Al Sr. Guido Saavedra Vela, y a la Sra. Dolly Flores Dávila, por las facilidades brindadas en los laboratorios durante la ejecución del presente trabajo.
- * A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, y a todas aquellas personas que colaboraron en forma directa e indirecta durante la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

SUMMARY

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Cultivo del limón sutil en el Perú	4
3.2. Variedades	5
3.2.1. Denominación del limón	6
3.3. Clasificación Botánica	6
3.3.1. Morfología	6
3.3.2. Anatomía del Fruto	8
3.3.3. Clasificación comercial	9
3.3.4. Grado de madurez	12
3.3.5. Calidad interna	12
3.4. Principales Sub productos	16
3.4.1. Sub productos de cítricos	16
3.4.2. Procesamiento del limón sutil en el Perú	19
3.5. Tecnología de jugo cítrico	21
3.5.1. Industrialización	23
3.5.2. Procesamiento de frutos cítricos	24
3.5.3. Sección de cítricos enlatados y congelados	25
3.5.4. Requerimiento mínimo de la fruta cítrica bajo diversas modalidades	26
3.6. Conservación del jugo de limón sutil por acción de conservantes químicos	27
3.6.1. Generalidades	27
3.6.2. Productos químicos en preservación de alimentos	27

3.7.	Conservación del jugo de limón sutil por acción de bajas temperaturas	30
3.7.1.	Refrigeración	31
3.7.2.	Congelación	31
3.7.3.	Tratamientos previos al congelado	31
3.7.4.	Conservación de los cítricos por el frío	32
3.7.5.	Problemas presentado durante la conservación de la fruta	33
3.7.6.	Otros cambios producidos en la fruta refrigerada	34
3.8.	Conservación del jugo de limón sutil por acción de la reducción de la actividad de agua (a_w)	35
3.8.1.	Actividad de agua (a_w)	36
3.8.2.	El deterioro de los alimentos y la actividad de agua (a_w).....	39
3.8.3.	Deterioro por microorganismo	41
3.8.4.	Reacciones de deterioro químico	42
3.8.5.	Deterioro físico y físico-químico	43
3.8.6.	Alimento de humedad intermedio (IMF)	43
3.9.	Evaluación sensorial de producto alimenticios en estado líquido	46
3.9.1.	Características organolépticas de los alimentos	47
3.9.2.	Evaluación y medidas sensoriales de alimentos	48
3.10.	Agentes deteriorantes del jugo de limón sutil	49
3.10.1.	En el limón sutil	49
3.10.2.	En los jugos y concentrados	51
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	54
4.1.	Lugar de ejecución	54
4.2.	Materia prima e insumos	54
4.3.	Materiales	54
4.4.	Equipos	55
4.5.	Reactivos	55
4.6.	Metodología experimental	55
4.6.1.	Materia prima	55
4.6.2.	Selección y clasificación	56
4.6.3.	Lavado	56

4.6.4. Desinfección y enjuague	56
4.6.5. Cortado de la fruta	56
4.6.6. Extracción del jugo	56
4.6.7. Envasado	59
4.6.8. Almacenamiento	59
4.7. Diseño experimental	59
4.7.1. Pruebas preliminares	59
4.7.2. Elaboración de la limonada	60
4.7.3. Evaluación organoléptica	60
4.8. Métodos de análisis	61
4.8.1. En la materia prima	61
4.8.2. El jugo de limón con Benzoato de Sodio y Sacarosa, almacenados a diferentes temperaturas.....	61
V. RESULTADO Y DISCUSIÓN	62
5.1. De la materia prima	62
5.2. Del diseño experimental de los análisis	63
5.2.1. Tratamiento preliminares	63
5.2.2. Análisis físico-químicos de las muestras de jugo de limón seleccionadas para las pruebas finales	69
5.3. Flujograma final del producto terminado	102
VI. CONCLUSIONES	104
VII. RECOMENDACIONES	105
VIII. BIBLIOGRAFÍA	106
IX. ANEXO	110

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1 : Promedio del diámetro, altura y peso por clase comercial	11
Cuadro N° 2 : Rangos de diámetro, altura y peso por clase comercial	11
Cuadro N° 3 : Límites de variación en los tamaños	12
Cuadro N° 4 : Promedio y rangos de porcentaje de jugo en las diferentes clases comerciales	13
Cuadro N° 5 : Promedio de porcentajes de sólidos solubles totales (% sst), porcentajes de ácidos totales (% at) y de relación sst/at en las diferentes clases comerciales	15
Cuadro N° 6 : Rangos de porcentaje de sólidos solubles totales (% sst), porcentaje de ácidos totales (% at) y de la relación sst/at en las diferentes clases	15
Cuadro N° 7 : Composición química de jugo de limón por cada 100 g	21
Cuadro N° 8 : Contenido de ácidos en el jugo de limón	21
Cuadro N° 9 : Contenido de vitaminas en el jugo de limón	22
Cuadro N° 10 : Contenido de minerales en el jugo de limón	22
Cuadro N° 11 : Valor nutritivo de los jugos de frutos cítricos, recién extraídos	23
Cuadro N° 12 : Resumen de los conservadores químicos de los alimentos	28
Cuadro N° 13 : Factores de almacenamiento del jugo de limón	35
Cuadro N° 14 : Actividad de agua de diversos alimentos	40
Cuadro N° 15 : Intervalos de actividad de agua y sus reacciones deteriorativas	41
Cuadro N° 16 : Algunos alimentos tradicionales de humedad intermedia	43
Cuadro N° 17 : Análisis biométrico del limón promedio de 10 unidades..	62
Cuadro N° 18 : Análisis físico químicos del jugo de limón (materia prima)	63
Cuadro N° 19 : Diseño experimental de muestras de jugo de limón para ser almacenados en diferentes temperaturas	64

Cuadro N° 20	:	Evaluación sensorial de jugo de limón mezclado con Benzoato de Sodio y Sacarosa	65
Cuadro N° 21	:	Diseño experimental de muestras de jugo de limón para ser almacenadas a diferentes temperaturas	66
Cuadro N° 22	:	Evaluación sensorial de jugo de limón mezclado con Benzoato de Sodio y Sacarosa almacenadas a diferentes temperaturas, después de 16 días	68
Cuadro N° 23	:	Muestras de jugo de limón seleccionadas para las pruebas	69
Cuadro N° 24	:	Sólidos solubles en función de la adición de sacarosa, en el jugo de limón base	70
Cuadro N° 25	:	pH de las muestras del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento	72
Cuadro N° 26	:	Sólidos solubles del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en °Brix)	75
Cuadro N° 27	:	índice de refracción del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento	77
Cuadro N° 28	:	Porcentaje de acidez (expresados en ácidos cítricos) del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en g %)	79
Cuadro N° 29	:	Contenido de vitamina C en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (Exp. en mg% de Ác. Ascórbico)	84
Cuadro N° 30	:	Porcentaje de vitamina C hallado con el jugo de limón base (en %)	87
Cuadro N° 31	:	Porcentaje de pérdida de vitamina C en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en %)	88
Cuadro N° 32	:	Contenido de mohos y levaduras en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento	90
Cuadro N° 33	:	Evaluación sensorial a los 0 días de almacenamiento de la muestra patrón	97
Cuadro N° 34	:	Resultados promedios de la evaluación sensorial del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento ...	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 : Anatomía del fruto del limón sutil	9
Figura N° 2 : Diagrama de la utilización completa de los frutos agrios	18
Figura N° 3 : Partes del proceso	20
Figura N° 4 : Isotherma de adsorción típica	38
Figura N° 5 : Esquema del concepto actual de la calidad sensorial ...	53
Figura N° 6 : Diagrama de flujo para obtener jugo de limón base para preparar limonada natural	57
Figura N° 7 : Metodología para la evaluación del jugo de limón base durante el almacenaje	58
Figura N° 8 : Relación de °Brix en función de la adición de sacarosa en el jugo de limón base	71
Figura N° 9 : Relación del pH del jugo de limón base en función del tiempo del almacenamiento	73
Figura N° 10 : Relación de los sólidos solubles del jugo de limón en función del tiempo de almacenamiento	75
Figura N° 10.1 : Relación de los sólidos solubles del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento	76
Figura N° 11 : Relación del índice de refracción del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento	77
Figura N° 12 : Relación de acidez titulable del jugo de limón base (Muestra Patrón) en función del tiempo de almacenamiento	79
Figura N° 12.1 : Relación de acidez titulable del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento	85
Figura N° 13 : Relación de vitamina C del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento	86
Figura N° 14 : Porcentaje de vitamina C determinado en las muestras de jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento	87

Figura N° 15	:	Porcentaje de pérdida de vitamina C del limón base durante el tiempo de almacenamiento (en %)	88
Figura N° 16	:	Contenido de levaduras en la muestra patrón del jugo de limón durante el tiempo de almacenamiento	91
Figura N° 16.1	:	Contenido de levaduras en las muestras del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento	92
Figura N° 17	:	Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 15 días de almacenamiento	99
Figura N° 18	:	Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 30 días de almacenamiento	100
Figura N° 19	:	Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 60 días de almacenamiento	101
Figura N° 20	:	Flujograma final del ensayo de estabilidad del jugo de limón	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad ensayar la estabilidad y caracterización de los atributos sensoriales del jugo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*), por efectos combinados a diversas concentraciones del Benzoato de Sodio, Sacarosa a diferentes Temperaturas de Almacenamiento.

El flujo de operaciones que se siguió fue: selección y clasificación del limón - lavado - desinfección y enjuague - cortado - extracción del jugo - adición de Benzoato de Sodio a concentraciones de: (0.01, 0.05, 0.10 y 0.15%), y sacarosa a: (60, 62.5, 65 y 67.5°) - envasado - almacenamiento a temperatura de 5°C, 12°C y temperatura ambiente.

El análisis biométrico reportado del limón sutil fue: 46 mm - diámetro 42 mm - peso 45.5 g - peso cáscara 10.3 g - volumen 18 mm, siendo esto un buen índice para el aprovechamiento de este producto además el jugo de limón usado presenta un pH de 2.5 y un porcentaje de acidez titulable de 5.884 expresado como ácido cítrico, y un contenido de ácido ascórbico de 32.625 mg/100.

Con el fin de conocer las propiedades sensoriales del producto almacenado, se contó con un grupo de panelistas, a los cuales se le seleccionó en base a su habilidad, interés, salud, disponibilidad de tiempo y ganas de colaborar, luego se le entrenó con el producto a investigar, que luego de varias reuniones de discusión con los panelistas entrenados se seleccionaron las propiedades sensoriales a evaluar del jugo de limón conservado. Se usó para este fin el Método Sensorial Descriptivo (QDA), específicamente el perfil del sabor y para las calificaciones una escala no estructurada.

La estabilidad del jugo de limón conservado con diferentes concentraciones de Benzoato de Sodio y Sacarosa y luego almacenadas a temperaturas de 5°C, 12°C y temperatura ambiente, el que dio mejor resultado de las cualidades organolépticas del producto final fue la muestra tratada con 0.10% de Benzoato de Sodio y Sacarosa 65°Brix, almacenados a temperatura de refrigeración de 12°C. Los mismos que no reportan cambios sensoriales durante el tiempo de almacenamiento de 60 días.

SUMMARY

The following is a research which main purpose was to test the stability and the characteristics of the sensory attributes of lemon juice (*Citrus Aurantifolia*), because of combined effects in diverse concentrations of sodium benzoate, sugar a different temperature of storage.

The procedure was selection and classification of lemon - washing - disinfecting and rinsing - cutting - the extraction of juice - the addition of sodium benzoate which quantities were (0.01, 0.05, 0.10 and 0.15%), and saccharine (60, 62.5, 65 and 67.5° Brix) - packaging - storing at a temperature of 5°C, 12°C and ambient temperature.

The result of a biometric analysis of lemon report was height 46 mm - diameter 42 mm - weight 45.5 g - peel weight 10.3 g - volume 18 mm. This is a good index to take advantage of this product. In addition to this, used lemon juice presents a pH of 2.5 and a percentage of acidity in 5.884 expressed as citric acid and a content of ascorbic acid of 32.625 mg/100.

In order to discover the sensory properties of the stored product, we had a group of panelists carefully selected who were chosen according to their ability, interest, health, time availability and the will to cooperate. Then, they were trained with the product to be tested. After several meetings for discussion with the trained panelist, sensory properties were chosen to evaluate from conserved lemon juice. For this, The Descriptive Sensory Method was used (QDA) specifically, the profile of taste and to rate it, a non-structured scale was used.

The stability of conserved lemon juice with different quantities of sodium benzoate and saccharine and then stored in temperatures of 5°C, 12°C and ambient temperature, the one that got the best result of organic qualities of the final product was the sample treated with 0.10% of sodium benzoate and saccharine 65°Brix. It was kept under 12°C of refrigeration temperature. This sample was the same which didn't report sensory changes during 60 days of storage.

I. INTRODUCCIÓN

Dada la gran importancia económica que significa la comercialización de grandes volúmenes de jugos cítricos a nivel mundial, en las últimas décadas se vienen realizando trabajos de investigación con el fin de obtener y almacenar los zumos de cítricos en adecuadas condiciones, siendo importante la preservación de la buena calidad, no sólo nutritiva, dietética y microbiológica sino también organoléptica del alimento.

El limón sutil es un fruto muy poco estudiado en el Perú, tanto en sus características y propiedades así como en los productos que de él se pueden obtener; a pesar de ser el segundo en importancia comercial entre los cítricos, solo superado por la naranja dulce en cuanto al volumen de producción.

Debido a que es un producto perecedero, fácilmente deteriorable y por razones de producción estacional, su comercialización es un problema palpable para el agricultor. Además los principales centros de producción se encuentran muy alejados de la zona urbana como el caso de Lima Metropolitana, primer centro de consumo en el Perú.

Todo lo expresado anteriormente origina fluctuaciones en el precio por la alta oferta en los periodos de gran producción. Se torna primordial entonces, abocarse a encontrar un producto estable y accesible a las mayorías nacionales, que permita ampliar el mercado en el exterior y que conserve las características de la fruta fresca.

En base a lo expuesto, surge la idea de investigar sobre las diferentes formas de conservación del jugo de limón, pero es muy relativo ya que el periodo de almacenaje no puede ser muy prolongado por que aumenta excesivamente los costos.

Se hace necesario buscar un método de conservación en los meses de mayor producción y utilizarlo como base para producir limonada natural en los meses de escasez.

Entre los diversos métodos de procesamiento del limón sutil, se podrían indicar: el envasado de jugo al natural, en forma de concentrado y por último su deshidratación.

El jugo natural de Limón, debido a su alta acidez puede ser preservado con benzoato de sodio, ya que es un excelente agente conservador, buena efectividad, amplio espectro antimicrobiano y gran capacidad inhibidora de pardeamiento químico y es más activo en alimentos de alta acidez (pH del limón 1.7 a 3.2).

El agregado de azúcar se justifica debido a su acción conservadora y a la propiedad que posee de retener humedad, y a su efecto osmótico.

Además estos productos ofrecen la ventaja de ser muy manuable, poseen una rápida reconstitución y se puede disminuir los costos de transporte y almacenaje.

Las bebidas preparadas a partir de estos concentrados presentan ventajas sobre otras parcial o totalmente sintéticas. Al contrario de lo que ocurre con los zumos naturales, las bebidas sintéticas poseen poco cuerpo y bajo o inexistente contenido de sólidos en suspensión, además se les suele agregar colorantes.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Aprovechar en mejores condiciones la producción del limón sutil mediante ensayos para estabilizar el jugo por efectos combinados de conservante y temperaturas de almacenamiento.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar ensayos para estabilizar el jugo de limón sutil utilizando concentraciones diferentes de benzoato de sodio y sacarosa a diferentes temperaturas de almacenamiento.
- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del jugo de limón sutil estabilizado.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. CULTIVO DE LIMÓN SUTIL EN EL PERÚ

Los cítricos constituyen un cultivo muy difundido en todo el mundo, representado un renglón de mayor importancia que el resto de los frutales. (Morin, 1991).

Entre las especies frutales que se cultivan en el Perú, los cítricos son los que han alcanzado mayor importancia económica debido a su adaptación a diferentes ambientes, al mayor conocimiento que se tiene sobre su cultivo y a su mayor rentabilidad por hectárea. (Franciosi, 1996).

El limón sutil, (*Citrus aurantifolia Swingle*) perteneciente a la familia de las Rutáceas, es en orden de importancia, la segunda fruta cítrica del país, es considerada como una fruta muy popular, cuyo jugo con su alto porcentaje de acidez, ingrediente importante en muchas comidas típicas locales, de consumo bastante difundido en todas las clases consumidoras, hasta el punto que es prácticamente necesaria en la alimentación. (Olazábal, 1992).

No solo se le consume al estado fresco, sino también que es la base de la industria de aceites esenciales. (Franciosi, 1996).

Al Perú llegó a mediados del siglo XVI, siendo plantados inicialmente en el valle del río Rimac y en algunos otros valles en la costa norte; de allí fueron llevados a las vertientes orientales de los andes (selva alta) y finalmente en épocas relativamente recientes de algunas áreas de la Cuenca del Río Amazonas. (Franciosi, 1996).

En el país se produce el limón en sus tres regiones naturales: Costa, Sierra (quebradas interandinas) y en la Selva. La región de la Costa Norte, por sus condiciones de clima es excepcional para el cultivo del limón sutil o lima ácida, siendo el principal productor de estos en el Perú. Cubriendo en un 94% las necesidades del mercado consumidor peruano. En la citada región se destaca ampliamente la influencia que como primer centro productor se tiene a la provincia de Morropon, en especial al distrito de Chulucanas en el departamento

de Piura; pudiendo anotarse como segundo centro productor, la zona de Olmos del departamento de Lambayeque. Le sigue a Chiclayo, Motupe y Bagua. (Franciosi, 1996).

Solo en Motupe y Olmos se tiene cultivadas 6,500 hectáreas de limón con un rendimiento por hectáreas de 90 TM. (FOPEX, 2002).

No obstante, los limones están siempre disponibles en el mercado de Lima; la fluctuación de precios durante el año, de más del 300% es común, debido a que el periodo de baja producción coincide con el periodo de fuerte demanda (setiembre - enero). Parte de la gran cantidad de limones que se producen durante el período de marzo - julio (aproximadamente el 60%), se procesan en las plantas de aceite esencial de limón situada en las áreas de producción, mientras que en este periodo la utilidad proveniente de la fruta fresca en el mercado mayorista de Lima difícilmente cubre los gastos de cosecha, manipuleo y transporte. (Silvis, 1996).

Por cierto el limón sutil es sin lugar a dudas la más tropical de las frutas cítricas comercialmente importantes. Cuando se cultiva en regiones frías, la fruta es pequeña e indispensable en los mercados.

3.2. VARIEDADES

El limón sutil pertenece al grupo general de las limas, este incluye variedades ácidas y dulces. Pero además, las limas ácidas comprenden dos clases; la de frutos pequeños, West Indian o Mexican lime (limón sutil) y la de frutos Tahití o Persian lime (*Citrus latifolia*).

Entre ambos existen marcadas diferencias, en cuanto a tolerancia climática como resistencia o susceptibilidad a ciertas enfermedades. Las diferencias de plantas son notables, la lima West Indian es menos vigorosa y robusta que la Tahití, las ramas son mucho más finas, es mucho menos espinoso y tiene hojas pequeñas. De un color mas pálido. Es más sensible al frío y requiere mucho mas calor para desarrollar buen tamaño de fruto, en contraste con la lima Tahití. Las diferencias son menos marcadas pero en suma para frutos son menos marcadas, pero frutos

mas grandes el grupo de la Tahití es virtualmente sin semillas y el color es menos pronunciados. El sabor aunque es equivalente en ácidos, carece de aroma que posee la West Indian o limón sutil.

El limón sutil, dentro de los cítricos, es el que tiene mas alto porcentaje en la composición de los ácidos del jugo, variando de 7-8% (calculando como ácido cítrico); sin embargo, es algo mas bajo que el limón (lemon) en el contenido del ácido ascórbico y otras vitaminas. (Olazábal, 1992).

3.2.1. Denominación del limón

Es importante aclarar que cierta confusión en cuanto a la denominación de los limones. Para la mayoría de los países especialmente europeos y EE. UU. La denominación del limón (lemon) se da para la especie *Citrus lemon* (L) que en nuestro medio recibe la denominación de limón real; en cambio, el limón sutil es conocido en otros países como lima ácida, (lime). Así tenemos que el limón sutil es también llamado en los EE. UU Key lime y mexican lime es el Kaghzi ninbu (con numerosas modificaciones y otros nombres locales) de la India; el limun Baladi o limón "gallego" en Brasil y limón corriente en algunos países latino americanos.

3.3. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Según Cruz (1997), la clasificación botánica es como sigue:

Familia	: Rutáceas
Sub familia	: Aurantifoideas
Orden	: Gerariales
Nombre Común	: Limón Sutil
Nombre Científico	: <i>Citrus aurantifolia</i> , y esta considerada como lima ácida.

3.3.1. Morfología

Como caracteres botánicos debemos citar primeramente que son árboles siempre verdes, de tamaño variable, en función de la variedad y el origen de la planta.

El fruto es una baya o Hesperio, oval u oblongo, liso o rugoso. La pared ovárica se engruesa y se diferencia en la estructura y en la consistencia dando lugar a la formación del epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El epicarpio y mesocarpio comprenden la corteza que recubre al fruto el que es el espesor variado, en el cual están distribuidas las vesículas que contienen aceite esenciales. El epicarpio flavedo inicialmente es de color verde por los gránulos de clorofila según las diversas especies y variedades de agrios de media que procede la maduración, la coloración es debida a la presencia de xantofila que da lugar a la coloración amarilla y el caroteno a la roja. El mesocarpio o parte blanca esta constituido por un tejido esponjoso que se forma entre el epicarpio y el endocarpio, forma una película de color blanco y grosor variable con las especies y rica en el pectina. (Martínez, 1993).

El endocarpio presenta la parte comestible del fruto esta sub-divididos en 8-12 celdas separadas por tabiques membranosos finísimos, que contiene las semillas y una pulpa constituidas por pelos hipertrofiadas, ricas en zumo. Las semillas son blancas, ovales u oblongas y generan varios embriones. (Martínez, 1993).

Citrus aurantifolia L.Swigle, o limero. Este presenta las siguientes características:

Hojas pequeñas, botones florales más o menos púrpuras o blancos (CHAPOT). Frutos pequeños de piel delgada, adherente, de carne verdosa muy ácida perfumada.

(Martínez, 1993).

Son plantas fuertemente influenciadas por los factores ambientales, así mientras en climas secos y calurosos, dan lugar a una producción de frutos alargados y a veces hasta periformes en climas húmedos en cambio encontramos la tendencia a la proporción de frutos esféricos.

La temperatura tiene también influencia sobre el color del fruto, obteniéndose frutos bien coloreados, en zonas de clima con variaciones notables, entre el día y

la noche y los frutos de coloración inferior que se quedan más o menos verdes en regiones de clima con variaciones poco notables.

El tamaño del fruto, se ve también influenciado por el calor y el volumen de la producción, habiéndose obtenido esta conclusión: el tamaño del fruto esta en razón directa de la cantidad total de calor recibido, y en razón inversa del valor total de la producción de la planta.

Por ultimo se considera que hay una influencia marcada del factor humedad sobre el grosor de la cáscara, habiéndose comprobado que en climas de poca humedad se obtienen frutos de cáscaras gruesas y en los de mucha humedad frutos de cáscara delgada. (Morin, 1991).

3.3.2. Anatomía del fruto

Haciendo un corte transversal del fruto se muestra las siguientes partes (Figura N° 1).

- a. Epicarpio o Flavedo, que contiene los sacos de aceites esenciales, lípidos y cromoplastos.
- b. Mesocarpio o Albedo, que es fuente de pectinas y otros productos (contiene proporción relativamente alta de ácido ascórbico) (Méndez, 1992).
- c. Endocarpio, que contiene las celdas con el jugo.
- d. Semillas en número variable. (ver Figura N° 1).
(Olazábal, 1992).

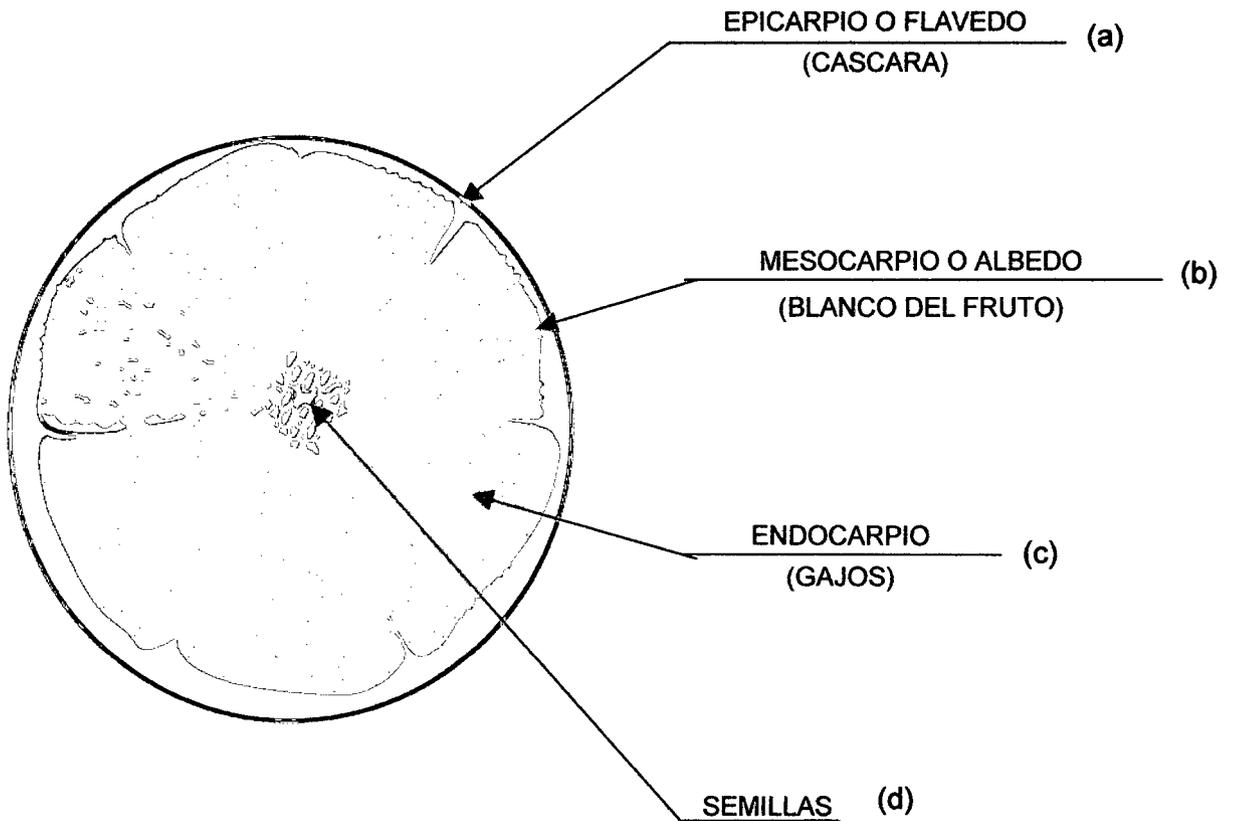


FIGURA N° 1: Anatomía del Fruto de Limón Sutil

3.3.3. Clasificación comercial

El limón comercializado en los diferentes mercados peruanos no tiene una clasificación definida y se hace de acuerdo al tamaño y color.

Esta clasificación es llevada a cabo generalmente por los productores, pero también la realizan en acopiadoras y mayoristas.

Tipo: la fruta contenida en una misma caja, es de un mismo tipo, (*Citrus aurantifolia*) denominada en nuestro medio limón sutil.

Tamaño: el limón suele clasificarse en 3 ó 4 tamaños de la siguiente manera:

- Extra
- Primera
- Segunda
- Tercera

Estas formas sólo se encuentran en la época de abundancia, pudiéndose apreciar que en la época de escasez suele clasificar en dos tamaños.

- Primera
- Segunda

El contenido de un cajón de limón del producto es muy heterogéneo.

Comúnmente, solo la capa exterior consta de limones que están de acuerdo con las dimensiones arriba mencionadas. El tamaño del producto colocado en las capas interiores es, en general, diferente al de la primera capa. En esta forma el comprador desconfía de la calidad del producto y suele exigir verificar el contenido, lo cual demora o dificulta las transacciones.

Se han realizado investigaciones con el fin de determinar el tamaño del producto, para lo cual, en un estudio realizado por Olazábal (1992), se tomaron una muestra de 3 cajones por clase comercial, evaluándose al azar 100 frutos de cada envase, dichas muestras fueron extraídas en la época de abundancia o mayor abastecimiento del mercado, momento en que se dan todas las denominaciones existentes.

De los cuadros 1, 2 y 3 se observa que:

- Las medidas promedios de los frutos de clase Extra, son bastante similares a los de los frutos de la clase primera.
- La clase tercera es muy inferior a la segunda, en cuanto a los promedios de medidas se refiere.
- Dentro de cada clase no se encuentra diferencias grandes entre los promedios de cada medida. Comprando los distintos cajones entre sí.

CUADRO N° 1: Promedio de Diámetro, Altura y Peso por Clase Comercial

CLASE COMERCIAL	N° DE ENVASE	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	PESO (g)
Extra	1	43.28	45.57	47.96
	2	42.47	45.71	45.49
	3	42.66	44.82	45.63
Primera	1	40.69	42.42	39.70
	2	41.64	44.20	41.71
	3	42.87	44.28	46.04
Segunda	1	37.65	41.14	33.03
	2	40.65	42.12	39.31
	3	37.65	41.43	33.01
Tercera	1	33.01	34.27	23.60
	2	32.32	33.67	20.38
	3	32.51	37.03	22.50

Fuente: Olazábal, 1992

CUADRO N° 2: Rangos de Diámetro, Altura y Peso por Clase Comercial

CLASE COMERCIAL	N° DE ENVASE	DIÁMETRO (mm)		ALTURA (mm)		PESO (g)	
		máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.
Extra	1	51.2	40.0	52.4	39.3	74.7	39.8
	2	49.7	38.8	54.6	40.0	69.9	35.2
	3	48.9	37.8	52.3	37.9	74.8	30.6
Primera	1	45.6	36.0	47.9	34.6	56.6	25.2
	2	45.8	36.8	51.8	35.8	55.0	28.4
	3	47.8	35.4	50.4	38.6	59.8	31.3
Segunda	1	43.2	31.9	48.8	33.3	48.2	22.8
	2	47.7	36.2	51.3	37.6	62.6	29.8
	3	44.0	30.8	48.8	33.8	45.2	22.7
Tercera	1	37.0	22.9	40.0	30.0	33.8	15.0
	2	36.3	22.4	38.4	25.5	26.2	10.0
	3	36.3	25.9	42.7	29.1	30.6	12.0

Fuente: Olazábal, 1992

CUADRO N° 3: Límites de variación en los tamaños

DENOTACIÓN COMERCIAL	VARIACIÓN DEL DIÁMETRO (mm)	VARIACIÓN DE LA ALTURA (mm)
Extra	48.0 - 45.0	53.0 - 48.0
Primera	44.0 - 39.0	47.0 - 42.0
Segunda	38.0 - 35.0	41.0 - 36.0
Tercera	34.0 - 32.0	35.0 - 32.0

Fuente: Olazábal, 1992

3.3.4. Grado de madurez

Este representa un aspecto importante en la determinación de la calidad de limón sutil. Su apreciación es posible y se usa en base a la coloración de la cáscara. Al respecto, se distinguen los siguientes grados de madurez:

- **Maduro** : verde oscuro
- **Pinton** : verde con machas, verde amarillentas o amarillas.
- **Maduro** : verde amarillento o amarillo.

Sin embargo, Becerra (1998) señala que el color de la cáscara solamente, no es un buen indicio en cuanto a la madurez de las frutas cítricas. Es por eso que se ha adoptado en casi las regiones citrícolas del mundo, el llamado "Standard" o índice de madurez, o sea, la relación de azúcares a ácidos.

Al estado inmaduro el limón contiene menos cantidades de jugo, es más ácido y más firme. Mientras que es un estado maduro tiene mayor cantidad de jugo, es menos ácido, contiene mayor cantidad de sólidos solubles y presenta todas las cualidades organolépticas que lo caracterizan. (Olazábal, 1992).

3.3.5. Calidad Interna

Por otro lado, cabe señalar que la coloración no siempre es índice de madurez, ya que hay casos en que la fruta se encuentra perfectamente apta para su consumo, pero mantiene verde casi la totalidad de su superficie externa; en caso

contrario también puede darse, o sea; el de tener un fruto perfectamente coloreado (ya sea debido a una decoloración artificial o a una cosecha tardía) pero cuya calidad interna es pobre que llevar a cabo determinaciones de contenidos de jugo, contenido de sólidos solubles y ácidos. (Olazábal, 1992).

a) Contenido de Jugo: La cantidad de jugo que se puede extraer de una fruta de limón es máxima si está madura.

Por lo tanto, el contenido de jugo es un índice de madurez, más aún, tratándose de una fruta que es consumida exclusivamente por su jugo. En el cuadro se muestra esta evaluación realizada para cada una de las clases comerciales, efectuando por (Olazábal, 1992).

Como se aprecia, no existe tendencia alguna a que el porcentaje de jugo varía con la clase comercial, es decir, con el tamaño del fruto, se nota así, que los rangos de este índice se hacen más amplios en los frutos más chicos, lo cual indica que el estado de madurez de los frutos es más uniforme en las clases superiores que en las inferiores. Tal como se muestra en el Cuadro N° 4.

CUADRO N° 4: Promedio y rangos de porcentaje de jugo en las diferentes clases comerciales

CLASE COMERCIAL	N° DE CAJÓN	PORCENTAJE DE JUGO		
		PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
Extra	1	48.50	55.53	40.93
	2	51.84	55.43	46.81
	3	47.81	57.21	40.46
Primera	1	48.97	60.86	16.98
	2	48.85	62.43	38.07
	3	47.31	51.91	39.88
Segunda	1	52.49	73.87	33.60
	2	48.26	57.01	24.12
	3	49.12	58.92	36.15
Tercera	1	49.21	60.00	33.60
	2	49.33	54.44	27.06
	3	45.31	55.73	35.08

Fuente: Olazábal, 1992

b) Contenidos de sólidos solubles, de ácidos y relación de sólidos solubles / ácidos

En los cítricos en general, conforme avanza la madurez se va produciendo un incremento constante y bastante uniforme del contenido de sólidos solubles totales (SST), al mismo tiempo que se va reduciendo el contenido de ácidos totales (AT). Cabe anotar que un 85% del total de los sólidos solubles esta constituido por azucares.

Otro elemento de juicio de gran valor en la determinación de la madurez de los frutos es la relación entre sólidos solubles totales y ácidos totales (SST/AT). Esta relación se expresa siempre considerando un quebrado en que el numerador esta representado por el porcentaje de SST y el denominador por el porcentaje de AT.

En los cuadros N° 5 y 6 se presenta la evaluación de estos índices, habiéndose muestreado tres cajones por cada clase comercial, (Olazábal,, 1992).

Analizando el primero de estos 2 cuadros se aprecia la tendencia a que las clases inferiores posean frutos con un estado de madurez más avanzado, en relación al que presentan los frutos de las clases superiores.

Al igual que para el caso de porcentaje de jugo, se aprecian que los rangos de porcentaje de sólido solubles totales y sobre todo, de relación con ácidos totales SST/AT se hacen más amplios en las clases inferiores, el estado de madurez de los frutos es más uniforme. (Olazábal, 1992).

CUADRO N° 5: Promedios de porcentajes de sólidos solubles totales (% SST), porcentaje de ácidos totales (% AT) y de relación SST/AT en las diferentes clases comerciales.

CLASE COMERCIAL	N° DE CAJÓN	% SST.	% AT	RELACION SST/AT
Extra	1	7.27	5.86	1.24
	2	7.80	6.30	1.24
	3	7.74	6.45	1.24
Primera	1	8.10	6.57	1.23
	2	7.86	6.33	1.24
	3	7.99	6.27	1.27
Segunda	1	8.00	6.24	1.28
	2	7.99	6.28	1.27
	3	7.37	5.92	1.24
Tercera	1	6.85	5.56	1.28
	2	8.34	6.21	1.34
	3	7.34	5.71	1.29

Fuente: Olazabal, 1992.

CUADRO N° 6: Rangos de porcentaje de sólidos solubles totales (% SST), porcentaje de ácidos totales (% AT) y de la relación SST/ AT en las diferentes clases.

CLASE COMERCIAL	N° DE CAJÓN	% DE SST		% DE AT		RELACION	
		MX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
Extra	1	8.0	6.8	6.49	5.43	1.29	1.16
	2	8.4	7.0	6.67	5.77	1.38	1.17
	3	8.6	7.4	6.79	5.92	1.32	1.18
Primera	1	8.8	7.8	6.95	6.07	1.29	1.15
	2	8.4	7.3	6.68	5.76	1.38	1.21
	3	8.4	7.4	6.66	5.59	1.32	1.23
Segunda	1	8.2	7.8	6.68	5.99	1.34	1.27
	2	8.4	7.3	6.68	5.76	1.38	1.21
	3	8.2	6.4	6.51	5.21	1.30	1.16
Tercera	1	7.8	5.8	5.92	4.34	1.52	1.18
	2	9.8	7.2	7.13	5.65	1.63	1.20
	3	8.2	6.0	6.61	4.78	1.99	1.16

Fuente: Olazabal, 1992.

3.4. PRINCIPALES SUB- PRODUCTOS

Si observamos la Figura N° 2, tendremos una idea de los sub.-productos que se obtienen de los frutos agrios o cítricos.

Los productos industriales más importantes derivados de los cítricos son: el zumo natural, el zumo concentrado y el zumo concentrado congelado.

Son también importantes los aceites esenciales, el pienso de corteza, las pectinas y los segmentos de mandarina enlatados. Tienen menos importancia los líquidos del prensado de las cortezas y el aceite de semillas. (Primo, 1997).

3.4.1. Sub-productos de Cítricos

Sólo del 55 al 60% de la fruta se emplea para jugo.

El aceite extraído de la cáscara en frío puede recuperarse y usarse para dar sabor al jugo o venderse para la fabricación de bebidas carbonatadas dulces, productos horneados, jabón o cualquier otro producto en que se desee tener un sabor o aroma a cítrico. El resto de la cáscara se muele y se trata con cal para quitarle lo pegajoso y el jugo puede eliminarse por prensado la pulpa prensada se seca sobre secadores rotatorios del tipo de recirculación hasta tener un contenido aproximado del 8% de humedad constituyendo el turto y se vende como alimento para ganado. En algunas ocasiones el líquido concentrado con 32° Brix aproximadamente se vende como melaza de cítricos. Hay muchos otros productos que se preparan en cantidades menores, entre ellos el aceite destilado (aceites esenciales) de la cáscara, los flavonoides de la cáscara, la pulpa lavada del terminador, la cáscara en salmuera y confitada, ensalada de gelatina, esencias concentradas, ácido cítrico y aceite de las semillas. (Desrosier, 1995).

La pectina proveniente de la parte blanca de la corteza, los aceites de pepitas, constituyen otros tantos productos susceptibles de reducir los costos de los zumos. (Martínez, 1993).

Desrosier (1995), incluye un listado de frutas y productos de frutas comerciales preparados a partir de ellas en EE.UU. del que recopilamos los datos referentes al limón, obteniéndose lo siguiente:

Sub-productos

- Limones
- Congelado
 - en jugo, puré concentrado y aceites esenciales.
 - conserva. Jaleas, mermeladas, glasé.
 - en jalea, pectina, ácidos, jarabes.
 - helados

Los aceites esenciales del limón es muy utilizada en perfumería. En pastelería y en la fabricación de licores, el limón tiene amplia aplicación, así como para la preparación de un excelente refresco, que denominamos limonada. También tienen numerosos usos culinarios para destacar el gusto de ciertos platos (pescados) y para perfumar determinados guisos. (Martínez, 1993).

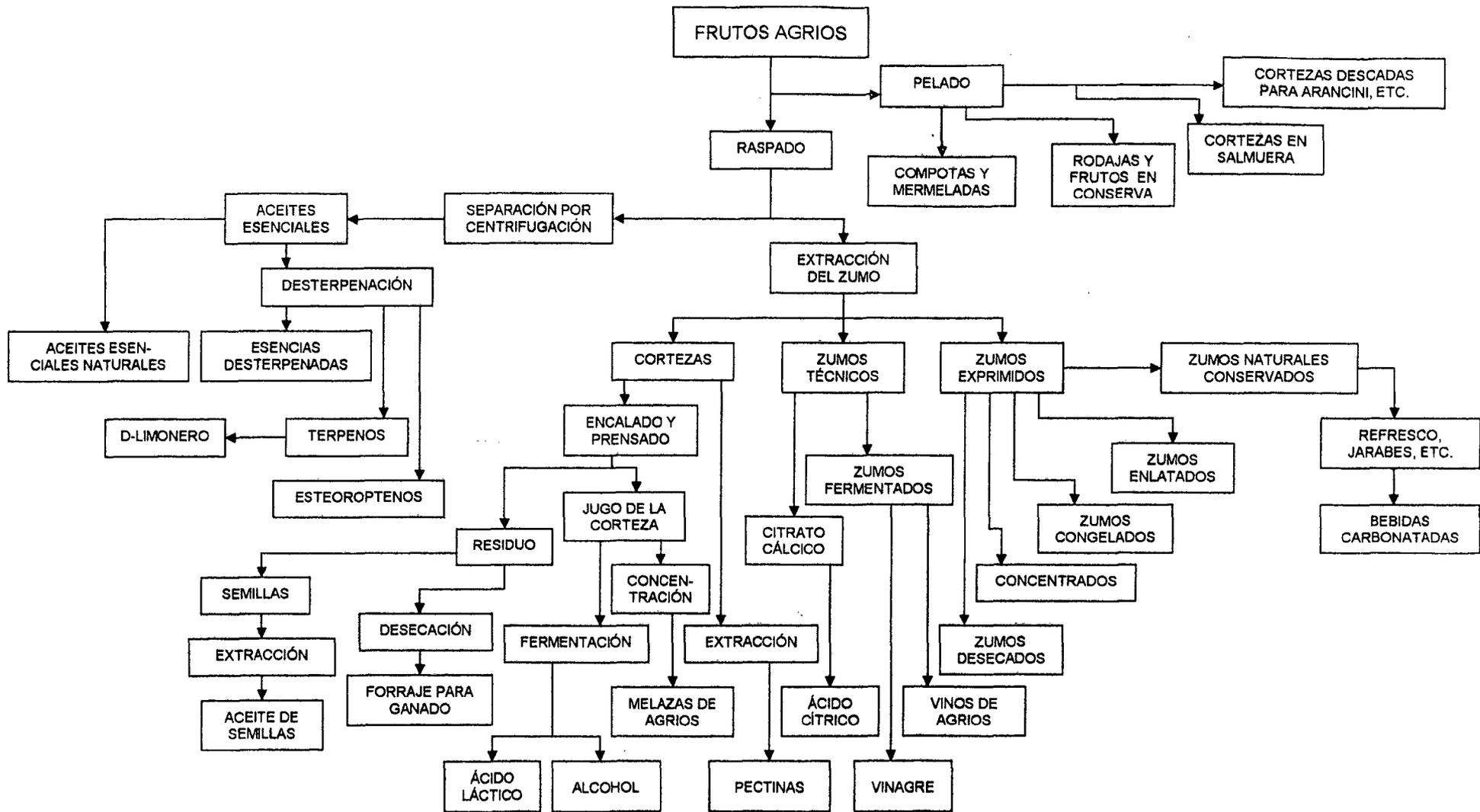


FIGURA N° 2: Diagrama esquemático de la utilización completa de los frutos agrios

Fuente: Martínez, 1993

3.4.2. Procesamiento del Limón Sutil en el Perú

En el país hasta el año 1999 existía solamente una planta dedicada a la extracción de aceites de limón sutil, que pertenece a la Cooperación de Crédito Agrícola y Servicios Múltiples Ltda - Chulucanas, esta procesa principalmente limón de los asociados, pero también algunos agricultores de Olmos han realizado envíos de fruta, y su capacidad máxima de procesamiento es de 28,000 Kg/día.

Las características de los productos son las siguientes:

a) Aceites esenciales: son muy utilizados como aromatizantes y saborizantes en diversas industrias tales como: alimentaría, de bebidas carbonatadas no alcohólicas y del tipo "cola", de perfumería, cosméticos, jabonería y otros menores. Tiene la apariencia de un líquido claro ligeramente amarillento.

b) Pasta para forraje: estaría formada principalmente por la cáscara libre de aceites y aparte de la humedad inicial. Representará aproximadamente el 45 % del volumen en peso de la fruta fresca tratada. La industria nacional también utiliza este producto, pero se prefiere adquirirlo del exterior en forma condicionada, siendo más apropiado para los usos específicos. Por lo tanto, las posibilidades por ahora en el mercado nacional son muy reducidas.

Olazábal (1992). Tal como se observa en la Figura N° 3.

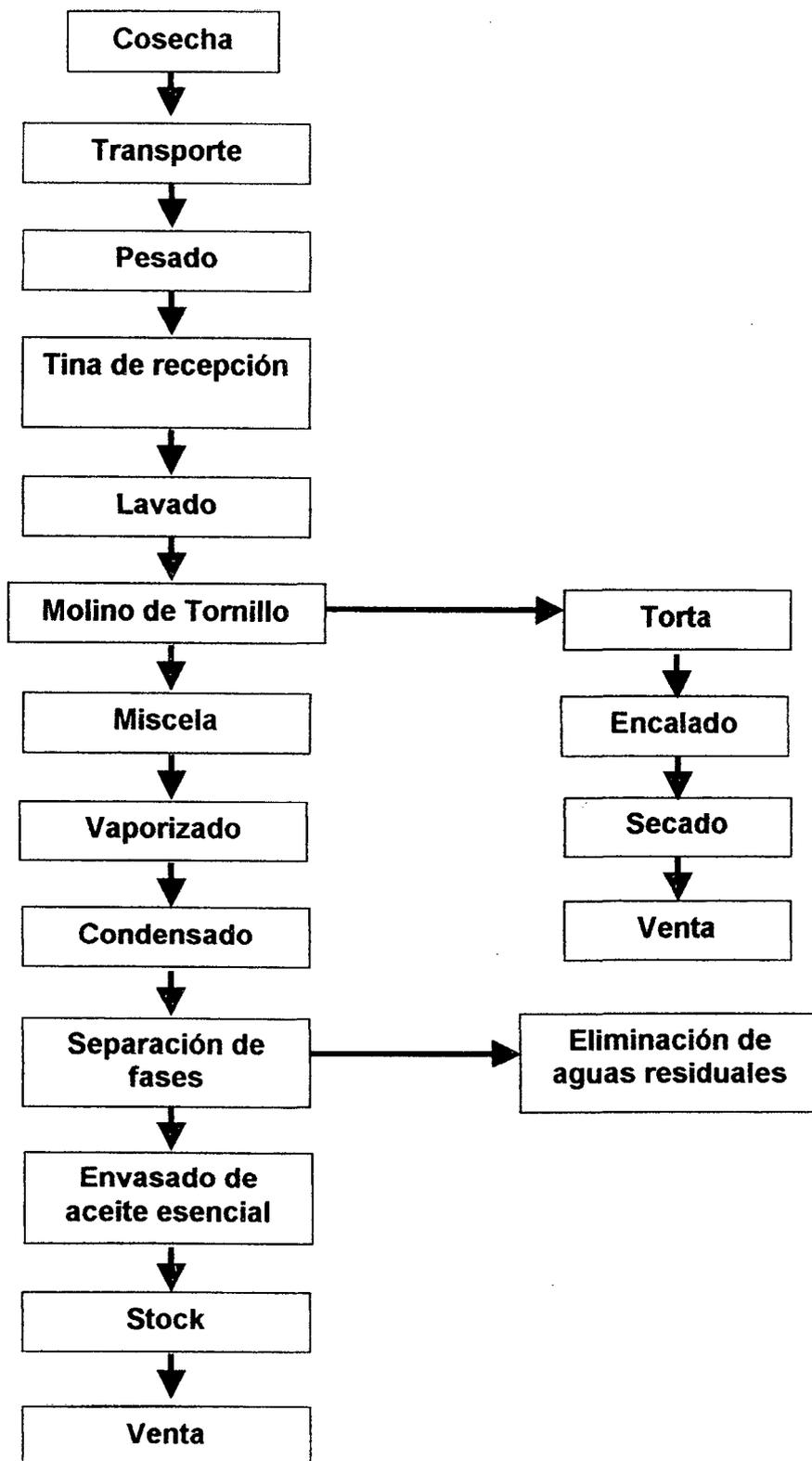


FIGURA N° 3: Partes del Proceso

Fuente: Olazábal, 1992

3.5. TECNOLOGÍA DE JUGOS CÍTRICOS

Antes de entrar a lo que es en sí, la tecnología de jugos cítricos, se hará un listado de los componentes importantes de dichos jugos, determinados por diferentes autores, esto se demuestra en el cuadro N°7.

CUADRO N° 7: Composición química de jugo de limón por cada 100g

COMPONENTES	PORCENTAJES (%)
Proteínas	0.9
Carbohidratos	8.7
Grasas	0.6
Calorías (Kcal)	44.0
Ac. Cítrico	7.50
Ac. Málico	0.60
Sacarosa	0.50
Azúcar invertido	1.80
Citrato de calcio	1.00
Citrato de potasio	1.00
Hierro	vestigios
Fósforo	vestigios
Vitamina A	0.01 U.I.
Vitamina B1	0.04 mg
Vitamina B2	trazas
Vitamina B6	0.1 mg
Vitamina C	45.0 mg

Fuente: Martínez, 1993.

Los limones pueden proporcionar en general unos cincuenta centímetros cúbicos de zumo. Como se aprecia en el Cuadro N° 8.

CUADRO N° 8: Contenido de ácidos en el jugo de limón

ACIDEZ PREDOMINANTE	CANTIDAD
Ac. Cítrico	7.0 g
Ac. Málico	0.5 g
Sacarosa	0.5 g
Azúcar invertido	2.0 g
Citrato de potasa	1.0 g

Fuente: Sintés, 1994.

Las vitaminas ocupan además un sitio muy importante. El zumo encierra varias vitaminas, pero es la vitamina C ó ácido ascórbico la que existe en gran cantidad. Y se aprecia en el Cuadro N° 9.

CUADRO N° 9: Contenido de vitaminas en el jugo de limón.

VITAMINAS	PORCENTAJES
Vitamina A	0.00006
Vitamina C (corteza)	0.152
Vitamina C (pulpa y jugo)	0.0475
Vitamina P (citrina)	6 unidades
Vitamina B1	0.00011
Vitamina B2	0.00011
Nicotinamida	0.0002

Fuente: Martínez, 1993

Las sales minerales del limón: aún cuando el verdadero valor del limón estriba en las propiedades de ácidos cítricos que contiene y en su extraordinaria riqueza en vitamina C, no podemos pasar por alto las sales minerales y oligoelementos que contienen, que no dejan de contribuir a la benéfica acción de nuestra incomparable fruta. Como podemos apreciar en el Cuadro N° 10.

CUADRO N° 10: Contenido de Minerales en el jugo de limón

MINERALES	PORCENTAJES (%)
Potasio	0.2340
Calcio	0.1020
Fósforo	0.0185
Magnesio	0.0166
Hierro	0.0166
Azufre	0.0110
Sodio	0.0080
Cloro	0.0027
Cobre	0.0001
Zinc	0.00003
Yodo	0.00001

Fuente: Sintés, 1994.

Los jugos de los cítricos están principalmente constituidos por carbohidratos con cantidades menores de extracto etéreo y proteínas hablando comparativamente, en una cantidad regular de cenizas. Es alto en contenido de vitaminas C y ácido fólico y tiene cantidades importantes de otras vitaminas, pectina y bioflavonoides, todos de interés. (Desrosier, 1995).

Por último los estudios de Méndez (1992), nos dicen que los frutos cítricos constituyen una importante fuente de vitamina C y P, las otras vitaminas sólo están presentes en cantidades comparativamente pequeñas. (Braverman, 1998).

La vitamina P o Citrina es un importante factor activo que acompaña al ácido ascórbico en la célula. Y se aprecia en el Cuadro N° 11.

CUADRO N° 11: Valor nutritivo de los jugos de frutos cítricos, recién extraídos

COMPONENTES	PORCENTAJES (%)
Calorías	44.0
Grasa	0.60
Carbohidratos	8.70
Proteínas	0.90
Calcio (mg/100g)	14.0
Fósforo (mg/100g)	10.1
Cobre (mg/100g)	0.04
Hierro (mg/100g)	0.10
Vitamina A (U.I.)	0.00
Vitamina B1 (mg/100)	0.04
Vitamina B2 (mg/100g)	-----
Vitamina C (mg/100g)	45.0
Ac. Nicotínico (mg/100g)	0.10

Fuente: Martinez, 1993

3.5.1. Industrialización

Como la producción de cítricos irá aumentando rápidamente en los próximos años, lo cual hace que la industrialización venga a ser la única salida viable para la región; jugo concentrado congelado es la forma comercial de mayor demanda en los mercados extranjeros. (Franciosi, 1996).

En los últimos decenios, la industrialización de la fruta cítrica ha obtenido un gran desarrollo tanto en lo que respecta a diversidad de productos y sub productos que se obtienen, como al perfeccionamiento de la tecnología de producción y capacidad de las fábricas instaladas a nivel mundial. Es de notar; sin embargo, que el mercado de algunos de esos productos es muy pequeño o está ya saturado. Otros como los jugos concentrados se encuentran en alza constante debido principalmente al continuo crecimiento de la industria citrícola brasileña. A partir de 1960, Brasil inició la producción de jugo concentrado congelado; en la actualidad es el mayor exportador a nivel mundial de ese producto. (Franciosi, 1996).

El jugo obtenido por las máquinas extractoras, de las cuales existen varios tipos europeos y americanos, no es clasificado, lo que le privaría de constituyentes muy interesantes; pero se le pasa a un afinador que lo homogeniza a fin de que no se produzca sedimentos. La estabilización es obtenida mediante desaireación y pasteurización. El oxígeno destruye la vitamina C y da un mal sabor al jugo. (Desrosier, 1995)

El limón es ante todo, partido en dos mitades: los frutos destinados a la preparación de zumos bebestibles son exprimidos en las máquinas especiales citadas líneas arriba; la parte que debe servir para la preparación de jugo industrial es sacada a mano, con un cuchillo especial, de la pulpa, que pasa después al prensado para obtener al agrio o jugo industrial. (Martínez, 1993).

3.5.2. Procesamiento de frutos cítricos

Los frutos que llegan a la planta procesadora se elevan hasta unos tambores y se toma una muestra automáticamente para que el inspector la utilice en la determinación del rendimiento de jugo, sólidos solubles, °Brix y contenido de ácido. El inspector determina si la fruta llena los requisitos de madurez y es adecuada para el propósito que se destina. Los reglamentos en madurez son más estrictos para procesamiento que para fruta fresca. (Desrosier, 1995).

Respecto a esto podemos decir que el tenor de azúcar varía de acuerdo con la variedad, clima y estado de maduración (como hemos visto anteriormente); la cantidad de azúcares en el jugo determina el rendimiento industrial ya que por

ejemplo el jugo de naranjas es comercializada en base a la concentración de sólidos solubles que contiene.

La concentración de ácidos, medida por titulación, es otro índice importante para determinar el estado de maduración. La relación entre la cantidad de sólidos solubles (S.S.) medidos en grados Brix y la cantidad de acidez titulable es el indicador utilizado para establecer con precisión el grado de madurez. (Franciosi, 1996).

El procesador también utiliza los datos para decidir si la fruta se empleara para jugo enlatado, jugo congelado, concentrado congelado, para seleccionarla y determinar el precio que debe pagarse por la carga.

3.5.3. Sección de Cítricos Enlatados y Congelados

Se selecciona la fruta grande por su uniformidad de tamaño y lo adecuado de su manejo para pelar y separar con facilidad las secciones.

Seguidamente presentamos algunas variedades de jugo obtenidos en la actualidad:

a) Jugos enlatados

La fruta de varios tambores se mezclan para lograr la producción de un artículo uniforme, se lava antes de pasar a los extractores de jugo, la fruta se separa mecánicamente en tres o cinco tamaños. Esto promueve la eliminación de una cantidad óptima de jugo sin que haya presión excesiva sobre la cáscara o se deforme la fruta mas de lo necesario durante la extracción.

b) Jugos fríos

Los jugos fríos se envasan de manera semejante a los enlatados, excepto que se utilizan recipientes de vidrio en lugar de latas y el producto se mantiene bajo refrigeración a 10° C ó menos.

c) Concentrado congelado de jugo de naranja:

Este producto ha enajenado la imaginación de muchos científicos de alimento. Fue el primer concentrado de jugo que tuvo aceptación como equivalente del jugo normal. El mercado para este producto sigue expandiéndose. (Desrosier, 1995).

3.5.4. Requerimiento mínimo de la fruta cítrica bajo diversas modalidades

La fruta destinada a la producción de jugo concentrado debe reunir los siguientes requisitos:

- a) **Aspecto exterior:** La cáscara debe ser limpia. Libre de insectos y daños por enfermedades, golpes, etc. La fruta bien cuidada soporta, mejor el manipuleo a que es sometida en las diversas fases del proceso y hace posible, que la fábrica trabaje con mayor eficiencia, mayor rendimiento y menores pérdidas.

- b) **Forma y Tamaño:** El tamaño es extremadamente importante para la industria. El diámetro de la fruta debe fluctuar entre 6 y 10 cm. cuando los diámetros están fuera de ese rango causan una baja en el rendimiento de extracción, además de producir jugo de menor calidad; esto se debe a la mayor incorporación de componentes sólidos provenientes de la pulpa.

- c) **Consistencia y Espesor de la Cáscara:** Las variedades de cáscara blanda por ejemplo mandarinas obligan a tomar precauciones especiales en el sistema de correas transportadoras y equipos extractores de jugo.

- d) **Rendimiento de Jugo:** Es uno de los factores de mayor importancia; el contenido de jugo puede variar entre 40 a 45% del peso del fruto.

- e) **Color:** Factor de particular interés en el caso de naranja. Los consumidores prefieren los jugos de color anaranjados oscuros. Algunas variedades del sabor y aroma excelente, dan jugos de color pálido y otras se comportan exactamente a la inversa; mezclando esos jugos en proporciones adecuadas se consigue establecer un equilibrio aceptable de color y sabor. (Franciosi, 1996).

En el Perú no existen jugos concentrados congelados, limón en polvo y otros productos similares en el mercado. El desarrollo en el mercado no es tarea fácil por disponer de fruta fresca casi todo el año, además los jugos concentrados congelados no hay facilidades de expendio a nivel minorista; lo que debe hacer tomar medidas tendientes a mejorar este problema, ya que

los precios del limón alcanzan niveles elevados en las épocas de menor producción. (Olazábal, 1992).

3.6. CONSERVACIÓN DEL JUGO DE LIMÓN SUTIL POR ACCIÓN DE CONSERVANTES QUÍMICOS

3.6.1. Generalidades:

El empleo de agentes químicos para prevenir o retardar el deterioro de los alimentos se debe, en parte al hecho de que estos compuestos han sido usado con mucho éxito en el tratamiento de enfermedades del hombre, animales y plantas. Esto no significa que cualquier compuesto quimioterápico puede ser utilizado para conservar alimentos. (Tatcher, 1989).

Por otra parte, existen algunos productos químico de interés como conservadores de alimentos, pero que resultan ineficaces o demasiados tóxicos como compuestos quimioterápicos. Aunque se ha puntualizado que una gran cantidad de agentes químicos son activos en la conservación de alimentos, solamente se ha permitido añadir a éstos un número relativamente pequeño de ellos. Esto es debido, en gran parte, a las rigurosas normas de seguridad señaladas por la Food and Drug Administration (FDA) de los EE.UU., y en menor proporción, el hecho de que no todos los compuestos que presentan actividad antimicrobiana la conserva cuando se añaden a determinados alimentos. (Jay, 1989).

3.6.2. Productos Químicos en Preservación de Alimentos

La mayoría de los alimentos se presentan por procesamiento térmico, congelación, secado, fermentación o refrigeración. Algunas veces se utilizan también los preservantes químicos:

- Cuando al producto no puede dársele un tratamiento terminal adecuado.
- Como un suplemento a otro método de preservación para reducir la intensidad del tratamiento con una mejoría en textura y calidad organoléptica o cualquier otra propiedad. Los preservantes químicos comunes incluyen sal, azúcar y ácidos que se han utilizado desde la antigüedad. Se han empleado muchos otros y algunas son aceptables para su uso. (Desrosier, 1995).

A continuación se muestra en el cuadro N° 12. Los conservadores químicos y su tolerancia máxima:

CUADRO N° 12: Resumen de los conservadores químicos de los alimentos

CONSERVADORES	TOLERANCIA MAXIMA
Ac. propiónico y propionatos ^a	0.32 %
Ac. sórbico y sorbatos ^a	0.2 %
Ac. benzoico y benzoatos ^a	0.1 %
Dióxido de azufre, sulfitos ^a bisulfitos, metabisulfitos.	200-300 p.p.m
Oxido de etileno y propileno ^b	700 p.p.m
Diacetato sódico ^a	0.32 %
Ac. dihidroacetico ^a	65 p.p.m
Clor y oxitetracilcina ^c	7 p.p.m
Polimixina B	15 p.p.m
Nitrito sódico ^a p.p.m	200
Ac. caprílico ^a	---
Diacetil pirocarbonato ^c	200 p.p.m ^d
CIN α azucares	ninguna
Formiato de etilo ^a	15-200 p.p.m ^e

Fuente: Jay, 1994

a- en la lista GRAS (Genrally y Recognized As Saffe) muchos aditivos se encuentran en revisión.

b- Puede producir mutagénesis y/ o carcinogénesis.

c- Actualmente esta prohibido en EE.UU.

d- No debe hallarse presente 5 días después de embotellada.

e- Como ácido fórmico.

a) Ácido Benzoico y Benzoatos

El ácido benzoico (C_6H_5COOH) se emplea generalmente como la sal de sodio ($C_7H_5NaO_2$). el benzoato de sodio fue el primer conservador químico de alimentación permitido la Food and Drug Administration, se ha utilizado durante varios años como aditivo antimicrobiano y hoy en día se utiliza en un gran numero de alimentos. (Jay, 1994).

La actividad antimicrobiano de estos compuestos está relacionada con el pH, de tal forma que ésta es mayor, cuanto menor es el valor del pH. La actividad antimicrobiano reside en la molécula no disociada. La molécula no disociada está basada en el hecho de que estos compuestos son más activos cuanto, más bajo sea el pH de los alimentos, y prácticamente ineficaces en valores neutros. En alimentos de alta acidez, esta acidez elevada es suficiente para impedir el crecimiento de bacterias en estos alimentos aunque no se consigue inhibir levaduras y mohos. El benzoato sódico actúa fundamentalmente en los alimentos ácidos como inhibidor de levaduras y mohos. (Jay, 1994).

Se cree que el cloruro de sodio tenga un efecto sinérgico con el benzoato de sodio. El benzoato no se acumula en el cuerpo humano, sino se desintoxica conjugándose con la glicina para formar ácido hipúrico, el cual se excreta por la orina. Los niveles permitidos son 0.2 y 0.3 % pero, en la práctica, con frecuencia sólo se adiciona 0.05 ó 0.1 % de benzoato de sodio a los alimentos y bebidas. (Desrosier, 1995).

b) Sacarosa

Los azúcares como la glucosa, sacarosa, lactosa y otros, se agregan a ciertos alimentos como edulcorantes. Si la concentración de estos materiales es lo bastante alta, como en los dulces, los jarabes, la leche condensada, las jaleas, las mermeladas y la miel. Actúan como preservantes. El efecto preservativo de los azúcares se debe a que: a) reduce la actividad de agua del alimento hasta el punto en que es imposible el crecimiento microbiano y b) aumentan la presión osmótica de la solución provocando la plasmolisis de las células microbianas. Aunque es imposible el crecimiento algunos microorganismos con sus esporas pueden sobrevivir durante periodos prolongados en altas

concentraciones de sacarosa, especialmente si hay poco o nada de agua presente. Ciertos microorganismos en particular las levaduras y los hongos pueden crecer en superficies de alimentos muy azucarados, en especial cuando la variación de temperatura produce la acumulación de humedad sobre la superficie que puede tener un contenido de sacarosa inferior al del producto. Los organismos que son capaces de crecer a altas concentraciones de sacarosa se denominan osmófilos. Mientras que los microorganismos osmodúricos son aquellos incapaces de proliferar pero que resisten elevados niveles de sacarosa. Ciertas levaduras osmofílicas, como *Saccharomyces rouxii* pueden crecer en presencia de concentraciones de azúcar extremadamente altas. (Jay, 1994).

Se puede decir entonces que los conservantes químicos son utilizados con los siguientes propósitos:

1. Mantener la calidad nutritiva del alimento.
2. Mejorar la calidad de manutención o la estabilidad que da como resultado una reducción en pérdidas de alimentos.
3. Hacer que los alimentos sean atractivos para el cliente en tal forma que no den lugar a un rechazo.
4. Proporcionar ayudas esenciales en el procesado de alimentos. (Desrosier, 1995)

3.7. CONSERVACIÓN DE JUGO DE LIMÓN SUTIL POR ACCIÓN DE BAJAS TEMPERATURAS

Conservación por bajas temperaturas en escala industrial se hizo factible con el desarrollo de los frigoríficos después de 1870 y desde entonces su progreso continúa.

La aplicación del frío comprende dos tipos de procesado:

- Refrigeración
- Congelación

3.7.1. Refrigeración: es el enfriamiento a temperaturas próximas a 0° C que aumenta la vida útil de los alimentos como productos frescos unas diez veces con respecto a la temperatura de 20 a 25° C.

3.7.2. Congelación: el congelado se considera por debajo de -25° C (otros consideran por debajo de - 18°C).

Los alimentos refrigerados y congelados pueden sufrir, durante el almacenamiento en frío, daños por lentas reacciones enzimáticas; químicas o cambio en sus vitaminas.

Dentro de los alimentos existen dos tipos importantes de agua:

- El agua libre
- El agua ligada o unida

El agua libre es el que comienza a cristalizarse como hielo a partir de 0° C, produciéndose como consecuencia de ellos una migración de sales o soluciones mas concentradas.

El agua ligada o unida es el que no cristaliza a ninguna temperatura. También se define el agua ligada como el que se mantiene sin congelarse a -20° C.

En la mayor parte de las frutas y vegetales hay menos del 6% de congelables. (C.I.P.I., 1996).

3.7.3. Tratamientos Previos al Congelado

Además de los métodos generales se requiere de tratamientos especiales para evitar el deterioro por acción de enzimas, microorganismos, etc. que podrían provocar alteraciones en los caracteres organolépticos y valor nutritivo del alimento.

- a) **Las frutas:** pueden ser blanqueadas, otras necesitan aditivos que inhiben la actividad enzimática, impidiendo el pardeamiento. El añadido de azúcares y jarabes también puede cumplir esta función.

Por congelado se produce una marcada disminución de microorganismos vivos. Sobreviven pocos, atenuados, y su número está en relación con el presente antes del proceso, de allí la importancia de seleccionar productos sanos. Poco contaminados. (C.I.P.I., 1996).

La utilización de bajas temperaturas en la conservación de alimentos se basa en el hecho de que las actividades de los microorganismos transmitidos por los alimentos se pueden retardar y/o inhibir a temperaturas inmediatamente por encima de la congelación y, en general detener a temperaturas de subcongelación. La razón es que todas las reacciones metabólicas de los microorganismos son catalizadas por enzima y que el ritmo de estas reacciones depende de la temperatura. Cuando la temperatura se eleva, aumenta el ritmo de la reacción. (Stone y Col, 1994)

Interesa también recordar que la temperatura está interrelacionada con la humedad relativa (HR.) y que las temperaturas por debajo de la congelación afectan a la H.R., así como al pH y es posiblemente, a otros parámetros asociados al crecimiento microbiano. (Witting, 1991)

De otro lado, al menos existen dos distintas zonas de bajas temperaturas dentro de las cuales los alimentos se pueden conservar. Temperaturas frescas son las que se encuentran entre las de refrigeración y ambiente, frecuentemente entre 10 a 15°C. Estas temperaturas son adecuadas para el almacenamiento de ciertas frutas y hortalizas, por ejemplo, pepinos, patatas, limones mexicanos, etc. Temperaturas de refrigeración, situada entre 0, 2, 5 y 7°C, son adecuadas para el almacenamiento de un gran número de alimentos, perecederos y semiperecederos. (Jay, 1994).

3.7.4. Conservación de los cítricos por el frío

La conservación de los cítricos en estado fresco, para el consumo directo, tiene un límite relativamente, corto pero es apreciable la resistencia de estos frutos al transporte y almacenamiento.

Es importante la regularidad de la temperatura y el porcentaje de humedad del almacén, este es aproximadamente 80%. Algunas variedades se conservan mejor a 4 y 5°C.

En cuanto a la conservación del limón, diremos que depende mucho de su estado de madurez. Los que tienen un tono verde oscuro puede durar hasta medio año, pero los amarillos, pocas veces duran más de un mes. La temperatura del local de almacenamiento es bastante elevada, y va de los 8 a 15° C, siendo esta última la más favorable para una larga conservación, aunque favorezca los ataques de los mohos, por otra parte se puede defender el fruto con adecuados tratamientos químicos. La renovación del aire se hace a razón de 9 metros cúbicos por hora y tonelada; este aire es depurado en un lavador que lo lleva al grado higrométrico de 85 a 88% y por último el parafinado permite reducir las pérdidas por evaporación, lo mismo de los limones que de los pomelos. Martínez (1993), una vez que la fruta cítrica a sido cosechada va evolucionando hacia la senescencia con pérdidas progresivas de la calidad debida a distintos factores; pérdida de peso por transpiración, aumento del índice de madurez, pérdida de sabor y aroma, disminución del contenido de vitamina C aparición de alteraciones fisiológicas, podredumbres, etc.

La conservación en frío bien aplicada puede contribuir eficientemente a disminuir la velocidad de los procesos que conducen al envejecimiento del fruto.

Las podredumbres causadas por hongos es un factor de mayor incidencia en la pérdida de fruta; los principales hongos responsables de esas pérdidas son: *Penicillun italicum* (Moho azul) y *penicillun digitatun* (moho verde); *alternaría Sp.*, *Diplodia natalenses*, etc. (Franciosi, 1996).

3.7.5. Problemas presentados durante la Conservación de la Fruta

Las bajas temperaturas de conservación, aún siendo superiores al punto de congelación, pueden producir “daños por frío” en el fruto con sintomatología variada. Las alteraciones más conocidas son las siguientes:

- El “picado” que se caracteriza por depresiones en las cáscaras de 0.5 a 1.0 cm. de diámetro que finalmente adquieren un color marrón.

- El “escaldado superficial” afecta a pequeñas o grandes áreas de la cáscara en forma de manchas marrones, irregulares y difusas. Son muy susceptibles aquellos frutos que se llevan a la cámara estando muy maduros.
- El “ennegrecimiento” de las glándulas oleíferas bastante común en toronjas y algunas mandarinas.

Los daños anteriormente mencionados no suelen aparecer hasta transcurrido un mínimo de 2 a 3 semanas de refrigeración. En cualquier caso, la conservación de las distintas especies y variedades no deben realizarse nunca a temperaturas inferiores a las recomendadas; así mismo la fruta debe conservarse cuando ha alcanzado su estado óptimo de madurez.

3.7.6. Otros cambios producidos en la Fruta Refrigerada

Durante el proceso de refrigeración la fruta sufre pérdidas de peso por transpiración que pueden ser superiores a las causadas por podredumbre.

Una técnica muy utilizada para reducir éstas pérdidas de peso mejorando al mismo tiempo la apariencia final del fruto, es la utilización de ceras como recubrimiento de la cáscara. Las hay de diversas marcas y características específicas para cada caso, por lo que la elección del tipo adecuado debe ser hecha por un especialista en la materia. (Vargas, 1998).

Cuando no se utilizan las ceras, las pérdidas de peso de la fruta pueden variar entre 6 y 10%.

Finalmente debe mencionarse que durante la conservación en frío disminuye la textura de la fruta, aumenta el índice de madurez, tiende a disminuir el índice de formol y el contenido de vitamina C. Las cualidades organolépticas van también deteriorándose conforme avanza el tiempo de refrigeración. (Franciosi, 1996).

Las temperaturas, H.R. y tiempo aproximado de almacenamiento recomendados para frutas, se aprecia en el Cuadro N° 13.

Cuadro N° 13: Factores de almacenamiento del jugo de limón

FRUTA	T° DE ALMACENAMIENTO	% H.R.	TIEMPO APROXIMADO DE ALMACENAMIENTO
Limones	12.7 - 14.4	85-90	1 a 4 meses
Limones	8.8 - 10.0	85-90	6 a 6 semanas
Naranjas	0.0 - 1.1	85-90	8 a 12 semanas
Limones	12 - 14°C	88-92	1 a 4 meses

Fuente: Jay, 1994

Según, Silvis (1996) señala que la variedad de Limón Sutil, ha sido objeto de extensos estudios en lo que se refiere a su cultivo, ecología, taxonomía, etc, mientras que lo que se ha publicado sobre investigación post-cosecha con respecto a almacenamiento (empleo de refrigeración y/o congelación) y manipuleo ha sido poco.

El mismo autor, en su estudio realizado determina que durante los 2 meses de almacenamiento a 8° C y 90% de H.R. los limones cambian de color, de verde a pintón y amarillo intenso. Los porcentajes de contenido de acidez y jugo que son índices de calidad en limones, tenemos que el porcentaje de acidez disminuye significativamente durante el almacenamiento tras que el contenido de jugo (% en peso) varió poco. (Silvis, 1996).

3.8. CONSERVACIÓN DEL JUGO DE LIMÓN SUTIL POR ACCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (A_w)

En los alimentos, al igual que en todos los sistemas biológicos, el agua es uno de los componentes más importantes. Como disolvente, el agua sirve para poner en contacto las diferentes moléculas que interaccionan. Más aún, la reactividad de muchas sustancias depende de la disociación iónica y de la configuración molecular, y por consiguiente, del grado de hidratación. El agua misma es a menudo uno de los reactivos o de los productos de la reacción.

La influencia del agua en la velocidad de los procesos enzimáticos y no enzimáticos en los alimentos ha sido reconocida empíricamente desde hace muchos años. La posibilidad de retardar el deterioro enzimático, microbiológico o químico mediante la simple reducción en el contenido de agua de los alimentos era una técnica ya conocida por las antiguas civilizaciones. (Braverman, 1998).

3.8.1. Actividad del Agua (A_w)

La presencia del agua en los alimentos y su concentración determinan en alto grado su sabor y digestibilidad, así como la estructura física y la capacidad de manejo técnico del material. Sin embargo, lo que es más importante, casi todos los procesos de deterioro que se realizan en los alimentos reciben influencia, en una u otra forma, de la concentración y movilidad del agua en este alimento. Como una orientación aproximada, podría decirse que independientemente de la composición de los materiales alimenticios, cuando hay una concentración alta de agua, la descomposición será causada por el crecimiento y desarrollo de bacterias y mohos en los alimentos y por reacciones enzimáticas y no enzimáticas; a concentraciones bajas de agua, las pérdidas de calidad se producen principalmente por reacciones autooxidativas y de deterioro físico. (Rangana, 1993).

$$a_w = (P_{\text{producto}}/P_o)$$

Donde:

P : presión de vapor de agua del producto.

P_o : presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

La a_w del agua de cualquier producto depende de la composición química del mismo, del estado de agregación de sus constituyentes, del contenido de agua y de la temperatura del producto. (Desrosier, 1995).

Como se ve, la actividad es una relación entre dos magnitudes de las mismas dimensiones y por consiguiente constituye una medida relativa por relación a un estado "Standard", tomado como término de comparación y el estado Standard escogido es el agua para cuya actividad se fija, como normal, igual a la unidad, con lo que la a_w de una solución o de un alimento siempre es inferior a uno. Se

puede explicar este descenso de actividad física - química, diciendo que los constituyentes químicos presentes movilizan parcialmente el agua y disminuyen así su capacidad a vaporizarse y probablemente su reactividad química. (Cheftel, 1998).

$$P = X P_o = (1 - C) P_o$$

Donde:

X : es la concentración de agua y

C : la concentración total de solutos, ambos expresados en fracción molar.

Esta relación describe razonablemente bien el comportamiento de los alimentos de alto contenido de humedad, tales como hortalizas, frutas, jugos, bebidas, leche y carne fresca.

En los sistemas alimentarios, parte del agua se halla fuertemente adsorbida sobre la superficie de sustancias poliméricas (proteínas, carbohidratos macromoleculares). Esto resulta evidente a partir del hecho de que la presión de vapor del agua sobre un alimento con un contenido bajo o intermedio de humedad es considerablemente menor que la predicha por la ley de Raoult. El agua que se encuentra en esta forma recibe el nombre de "agua ligada". (Braverman, 1998).

Una gráfica del contenido de agua en un producto en relación a su actividad a una determinada temperatura se conoce como Isotermas de Sorción. Por la Isoterma de Sorción (I.S.) puede caracterizarse el estado termodinámico del agua en un producto alimenticio; los materiales que enlazan cantidades relativamente altas de agua a valores bajos de la actividad, se conocen como higroscópicos. (Desrosier, 1995).

En la Figura N° 4 se ilustra una isoterma de adsorción típica en muchos alimentos. Se cree que a niveles muy bajos el contenido de humedad (región A de la isoterma) toda el agua se encuentra ligada a los sitios polares expuestos de los componentes macromoleculares (hidroxilos en los carbohidratos, uniones peptídicas y grupos polares laterales en las proteínas).

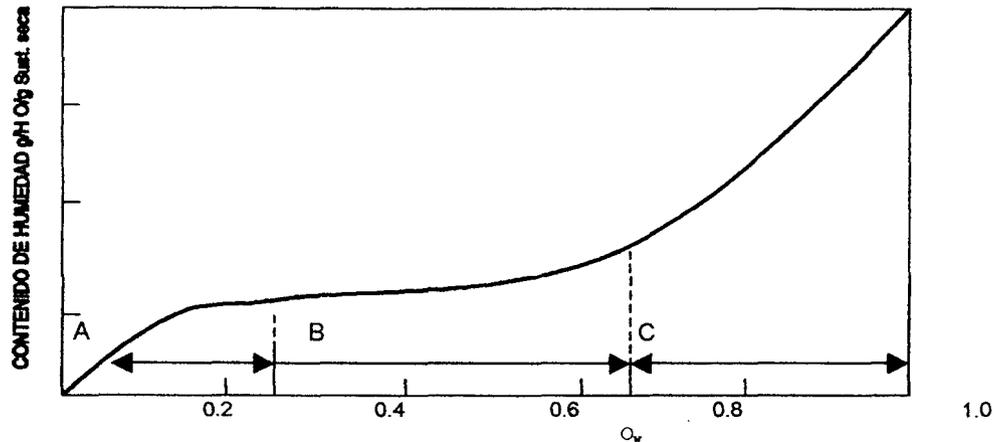


FIGURA N° 4: Isoterma de adsorción típica

Una cantidad definida de agua se requiere para ocupar tales sitios y formar una "monocapa". Esta se conoce comúnmente como la monocapa de BET. Los valores de la monocapa de BET para la mayor parte de los alimentos se halla en el intervalo de 1 - 10 g de agua por cada 100 g de sustancia seca. Una vez que se completa la monocapa, la actividad del agua aumenta bruscamente frente a un aumento en el contenido de humedad (región A). Sin embargo, la a_w es aún menor que el valor correspondiente a la concentración, según la ley de Raoult. Uno de los motivos de este efecto es el hecho de que el agua libre se halla parcialmente atrapada en la estructura porosa del alimento y por consiguiente se ve expuesta a la acción depresiva sobre la presión de vapor que producen los capilares (región B). A mayores niveles de contenido de humedad (región C) el sistema se comporta de hecho como una solución acuosa. En realidad la concentración molar de los solutos suele ser tan baja que la a_w pronto alcanza un valor cerca no a la unidad. La disponibilidad de agua, medida como a_w , posee una fuerte influencia sobre la velocidad de las reacciones enzimáticas, es decir, sobre la actividad enzimática. En general, la actividad enzimática es muy baja con contenidos de humedad menores que el valor de la monocapa. La actividad enzimática aumenta con el contenido de "agua libre". Esta relación se encuentra no sólo en las reacciones hidrolíticas, en las que el agua es evidentemente uno de los reactivos, sino también en las reacciones no hidrolíticas. (Braverman, 1998).

El interés de las isotermas de adsorción para la tecnología alimentaria son muchas, dentro de ellas las más importantes son:

- Las Isotermas permiten preveer la a_w de mezclas de diversos ingredientes, más o menos húmedos.
- Las Isotermas de adsorción dan la posibilidad de preveer el comportamiento de un alimento después de su tratamiento o almacenamiento en unas condiciones distintas a las que se estudió experimentalmente. (Cheftel, 1998).

Generalmente, el incremento bacterial es imposible cuando la a_w reducida a menos de 0.90; por debajo de este valor también se impide la producción de toxinas. La mayoría de los hongos y levaduras se encuentran reprimidos por valores de a_w comprendidos en 0.80 y 0.88. Sin embargo, algunas levaduras osmofílicas son capaces de desarrollar valores tan bajos como a_w de 0.60. (Pearson, 1996).

Aunque el incremento de los microorganismos se halla principalmente influenciado por la a_w , la naturaleza de los solutos también intervienen. La estabilización de los alimentos disminuyendo la a_w se halla muy difundida y es la base de la preservación de granos, por ejemplo. Además de la deshidratación, la disminución de la a_w puede lograrse agregando un soluto, tal como se hace en la preservación con sal o azúcar, también es posible una combinación de deshidratación parcial y adición de solutos (mermeladas, jaleas, embutidos secos -salchichas. etc.). (Navarro, 1991).

El aminoramiento de la actividad del agua a través de la adición de sustancias solubles o deshidratación posee por si mismo una acción bactericida variable. La hidrólisis de la protopectina, la transformación de la clorofila a feofitina por Loncin (1997) y la espontánea hidrólisis autocatalítica de los triglicéridos también se halla fuertemente influenciados por la actividad del agua.

3.8.2. El deterioro de los Alimentos y la actividad de agua (a_w)

Se ha esbozado que la a_w tiene una gran influencia sobre el deterioro de los productos y, por lo tanto, sobre la vida en el almacenamiento. Puesto que la

reducción de la a_w de un producto alimenticio por deshidratación no solo mejora su capacidad para ser almacenado sino también afecta su estado físico-químico y, por ende, su sabor y el costo del proceso de deshidratación, es necesario seleccionar muy cuidadosamente la a_w en los productos que van a ser almacenados. Los factores que influyen sobre el nivel de la que a requerido en un producto seco antes de que sea almacenado son: el tiempo de rotación, la rapidez del deterioro de la calidad y la situación del costo de los procesos de deshidratación y empaque, incluyendo el material de empaque. (Fisher, 1998)

Los valores del a_w que se obtienen tomando en cuenta estos factores, son en general, superiores al valor de la a_w que permite el tiempo de almacenamiento máximo. El factor limitante en cualquier caso es la aceptación que el cliente dé al producto cuando la calidad de éste no está a la altura de las exigencias del cliente. Desrosier (1995). Tal como se muestra en el cuadro N°14.

CUADRO N° 14: Actividad de agua de diversos alimentos:

Alimento	a_w
Frutas	} 0.97
Legumbres	
Jugos de frutas	
Huevos	
Carnes	
Quesos	} 0.93 a 0.96
Pan	
Salchichón seco	
Mermeladas	0.82 a 0.94
Frutas secas	0.72 a 0.80

Fuente: Cheftel, 1998

Es evidente que los alimentos frescos con una a_w elevada son los más expuestos a la proliferación microbiológica; pero las cifras que acabamos de citar indican que incluso es posible con a_w de 0.60 a 0.65. Zona en la que se sitúan los alimentos de contenido medio de agua. (Cheftel, 1998).

Tipos especializados de microorganismos como son las levaduras osmofílicas. Puesto que el deterioro puede ser causado por diversos tipos de reacciones, no puede establecerse una relación general entre la a_w y el tipo de deterioro son dominantes pueden establecerse intervalos para la a_w Desrosier (1995). Tal como se muestra en el cuadro N° 15.

CUADRO N° 15: Intervalos de a_w y sus reacciones deteriorativas

Intervalo de A_w		Tipo de reacción deteriorativa dominante	Tipo de posible reacción deteriorativa
1 -	0.8	Crecimiento de microorganismos.	Reacciones enzimáticas.
	0.91	Bacterias	
	0.88	Levaduras	
	0.8	Mohos	
0.8 -	0.65	Reacciones enzimáticas (descomposición de grasas y reacciones de oscurecimiento).	Oscurecimiento no enzimático
	0.75		Crecimiento de microorganismos, bacterias halofílicas).
	0.7		Levaduras osmofílicas.
	0.65		Mohos xerofílicos.
0.65 -	0.3	Reacciones de oscurecimiento no enzimáticas (Reacción de Maillard).	Reacciones enzimáticas autooxidativas.
0.3 -	0.0	Autooxidación, cambios físicos.	Reacciones de decoloración no enzimática, reacciones enzimáticas.

Fuente: Desrosier, 1995

3.8.3. Deterioro por microorganismos:

El crecimiento de los microorganismos se favorece entre los valores de a_w de 1 y 0.65 en tanto que a valores de 0.75 a 0.65 sólo pueden crecer ciertos tipos especializados de microorganismos como son las levaduras osmofílicas.

En el caso de deterioros por microorganismos, el factor tiempo es de mayor importancia, ya que después de un periodo de iniciación de 3 ó 4 días, puede observarse el crecimiento de microorganismos en los productos alimenticios con

una elevada a_w cuando la a_w llega a un nivel de 0.8, se requieren de 4 a 5 semanas para que el producto sea dañado por los microorganismos y en el área de 0,7 y valores inferiores, este tiempo es del orden de meses. (Desrosier, 1995).

3.8.4. Reacciones de Deterioro Químico

a) Reacciones enzimáticas: Las reacciones enzimáticas se llevan a cabo prácticamente a cualquier nivel de a_w sin embargo, son prominentes en valores superiores a 0.3. Las enzimas que causan las reacciones enzimáticas son enzimas intrínsecas del producto o enzimas extrañas, por ejemplo, de microorganismos. Las reacciones enzimáticas más importantes son la descomposición de las grasas por la acción de lipasas, fosfolipasas y lipoxidasas en los materiales que contienen grasas y las reacciones enzimáticas de oscurecimiento del color de frutas y verduras provocadas por las peroxidasas y fenoloxidasas. La acción de las enzimas durante el almacenamiento puede evitarse o disminuirse por un proceso de bloqueo al que se expone el material, casi siempre antes del proceso de deshidratación. (Desrosier, 1995).

b) Reacciones no enzimáticas: Las reacciones no enzimáticas de oscurecimiento que también se llaman reacciones de Maillard, ocurren prácticamente a cualquier nivel de a_w ; sin embargo, tienen un máximo muy acentuado en los valores medios, 0.4 a 0.6. La característica de la reacción, es una decoloración del tono café del producto, que casi siempre se relaciona con la presencia de un sabor amargo. Los cambios se deben a la reacción de los carbohidratos, de los grupos aminos de los aminoácidos y proteínas. Los alimentos sensibles a la reacción de Maillard deben conservarse a niveles de a_w inferiores a los correspondientes al intervalo peligroso. (Desrosier, 1995).

c) Autooxidación: A bajos niveles de a_w el tipo más importante de deterioro es la autooxidación de los lípidos, que se presentan a causa de reacciones de radicales libres entre el oxígeno y los lípidos no saturados. La protección de un material seco que contenga grasas, contra el ataque de oxígeno es, por lo tanto, en muchos casos, más importante que su protección contra el agua. (Desrosier, 1995).

3.8.5. Deterioro Físico y Físico - químico

Si los materiales que contienen proteínas y almidones se secan hasta valores muy bajos de la a_w se presentará un proceso irreversible de desnaturalización. La desnaturalización es causada por una interacción de los sitios reactivos y dá como resultado cambios de textura, principalmente en alimentos ricos en proteínas. (Desrosier, 1995).



3.8.6. Alimentos de Humedad Intermedia (IMF)

Los alimentos de humedad intermedia se caracterizan por poseer un contenido de humedad del 15 al 50% y una a_w entre 0.60 y 0.85 ver cuadro N° 16. Son alimentos, que se conservan a temperatura ambiente por períodos de tiempo variables. Si bien durante los primeros años de la década de 1960 se comercializaron por vez primera alimentos de humedad intermedia para perros, los alimentos para el consumo humano que cumplen los criterios básicos indicados para esta clase de alimentos se han producido desde hace muchos años. (Harper, 1992).

CUADRO N° 16: Algunos alimentos tradicionales de humedad intermedia

PRODUCTOS ALIMENTICIOS	RANGOS DE A_w
Frutas desecadas	0.60 - 0.75
Pasteles y pastas	0.60 - 0.90
Alimentos congelados	0.60 - 0.90
Azúcares, jarabes	0.60 - 0.75
Algunos dulces	0.60 - 0.65
Pastas rellenas comerciales	0.65 - 0.71
Cereales (algunos)	0.65 - 0.75
Pastel de frutas	0.73 - 0.83
Miel	0.75
Zumo de frutas concentrados	0.79 - 0.84
Mermeladas	0.80 - 0.91
Leche condensada azucarada	0.83
Embutidos fermentados	0.83 - 0.87
Jarabe arce	0.90
Quesos fermentados (algunos)	0.96
Salchicha de hígado	0.96

Fuente: Jay, 1994

- a) **Procesos de fabricación de alimentos IMF:** Puesto que *S. aureus*, es la única bacteria de importancia sanitaria que crece en valores de a_w próximos a 0.86 el procesado de un alimento IMF se consigue mediante; 1) formulado el producto de manera que su contenido en humedad se halle entre 15 y 50%; 2) ajustando la a_w por debajo de 0.86 mediante el empleo de humectantes, y 3) adicionando un agente antifungico con el que inhibir levaduras y mohos cuyo crecimiento está cerca de valores de a_w por encima de 0.70 se consigue una estabilidad adicional en la conservación desminuyendo el pH. Aunque esencialmente éstas son las bases para producir alimentos IMF, el proceso real y la estabilidad en la conservación del producto son considerablemente más complicadas. (Carrillo, 1993).

De esta ecuación se puede disponer para resolver el numero de moles de soluto requeridos a un valor dado de a_w . Lo que precede es correcto;; sin embargo, está enormemente simplificado, ya que los sistemas alimentarios son complejos como consecuencia de los ingredientes entre ellos por mecanismos difíciles de predecir. Por ejemplo, la sacarosa disminuyendo la a_w más de los que puede esperarse de lo antes expuesto, por tanto los cálculos basados en la ley de Raoult pueden ser no reales. Varios investigadores han desarrollado técnicas y métodos que predicen con mayor seguridad la a_w de los alimentos IMF, Jay (1994) han hecho una amplia valoración de los instrumentos y técnicas para medir la a_w .

- b) **Aspectos microbiológicos de los Alimentos IMF:** Los márgenes en la a_w de los productos alimenticios IMF hace improbable que puedan proliferar bacterias gram negativas o bacterias gram positivas a excepción de los cocos, algunos esporulados y lactobacilos. Son inhibidores de la actividad microbiana la a_w , la interacción del pH. En (potencial óxido/reducción). Conservadores añadidos (comprendiendo algunos de los humectantes), microflora competitiva, temperatura de conservación, generalmente a bajas temperaturas la pasteurización y otros tratamientos térmicos aplicados durante la elaboración.

En relación con los mohos en los sistemas de alimentos IMF, tales productos podrían hacerse completamente estables si la a_w disminuye alrededor de 0.70, con el inconveniente en este caso de fabricar un producto de tipo seco. Un gran número de mohos pueden crecer a 0.80 y la estabilidad de los alimentos IMF para animales se ve limitadas, por el crecimiento de dichos microorganismos. La interacción de varios parámetros IMF en la inhibición de los mohos ha sido demostrada. (Jay, 1994).

- c) **Conservabilidad de los Alimentos IMF:** En los alimentos IMF las alteraciones químicas indeseables son semejantes a las de los alimentos desecados. La oxidación de los lípidos y la coloración parda de Maillard tienen su óptimo en la zona de a_w y en los porcentajes de humedad general de los alimentos IMF. Sin embargo, un trabajo reciente indica que la velocidad máxima para la coloración parda de Maillard se produce en el intervalo de 0.4 a 0.5 de a_w sobre todo si se utiliza como humectante la glicerina. (Jay, 1994).

La conservación de los alimentos IMF en condiciones apropiadas de humedad es obligada para prevenir el desarrollo de mohos y conservar su estabilidad. La medida de la humedad relativa (EHR) de equilibrio tiene importancia en este aspecto.

Un alimento en ambiente húmedo intercambia agua hasta que la presión parcial de equilibrio a dicha temperatura es igual a la presión parcial del agua en el aire húmedo, de manera que el valor EHR es una medida directa si la humedad es absorbida o desorbida. En el caso de los alimentos envasados o envueltos en materiales impermeables a la humedad, la humedad relativa de la atmósfera encerrada con el alimento se determina por el EHR del producto, que a su vez está controlado por la naturaleza de los sólidos disueltos presentes, la relación de los sólidos a la humedad, etc. Tanto los productos alimenticios IMF tradicionales como los más modernos tienen una estabilidad de conservación mayor en condiciones de EHR de equilibrio más bajas. (Calzada, 1992).



Además del efecto directo del envasado sobre el EHR, los envases impermeables a los gases afectan el EHR de los productos envasados, con los consiguientes efectos inhibidores sobre el crecimiento de los microorganismos aerobios. (Jay, 1994).

3.9. EVALUACIÓN SENSORIAL DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN ESTADO LÍQUIDO

La Evaluación Sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre. Este, desde su infancia, y de forma más o menos conciente acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con la sensación que experimenta al observarlos y/o al ingerirlos. Este aspecto de la calidad de los alimentos, el que incide directamente en la reacción del consumidor, es lo que se denomina Calidad Sensorial. (Costell, 1991).

Los problemas del mantenimiento del carácter y calidad de un producto regular son más o menos contemporáneos con la industria de alimentos. Sin embargo recientemente se han formulado estos problemas explícita y científicamente acometidos. En otra época estos problemas fueron manipulados de manera empírica, y nos resulta difícil evaluar que tan malos fueron. (Kramer, 1990).

Las evaluaciones sensoriales que no se basan en un fundamento científico se han conocido desde muchas centurias, lográndose, por ejemplo para la clasificación de vino, una certeza fantástica. Catadores de vino no sólo son capaces de establecer en que distrito ha sido cultivada la vid, si no también en que viña y en que año se produjo el vino. (Núñez, 1996).

El comité de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnología de Alimentos publicó en 1964 una "Gula" de examen sensorial para evaluación de alimentos y bebidas por un panel". La mencionada gula ha sido mejorada y publicada por el I.F.T. (1992 para incluir procedimientos, métodos de evaluación, aplicaciones y referencias actuales. (Jurán, 1993).

Cuando se quiere evaluar la calidad sensorial de un alimento, es decir, el resultado de las sensaciones que el hombre experimenta al ingerirlo, parece que el camino más sencillo es preguntárselo a él mismo. La necesidad de que la respuesta humana sea precisa y reproducible es lo que ha impulsado el nacimiento y desarrollo de lo que hoy se conoce como Análisis Sensorial. De una forma general, este tipo de análisis, puede definirse como el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos. (Costell, 1991).

3.9.1. Características Organolépticas de los Alimentos

Independientemente de su calidad nutritiva, los productos alimenticios, se consumirán en cantidades adecuadas al resultar apetecibles. Por ejemplo, la calidad organoléptica de la carne depende de factores tales como el aroma, el sabor, el color o aspecto, la blandura y la jugosidad.

En los últimos años se han llevado a cabo muchas investigaciones para aislar e identificar las sustancias que determinan el aroma y el sabor de los alimentos. Núñez (1996).

El sabor y el aroma de los alimentos resultan de la estimulación simultánea, por un gran número de constituyentes de los alimentos, de receptores situados en la boca y en la cavidad nasal.

La naturaleza y estructura de estos constituyentes, las cantidades presentes en los alimentos, la intensidad y naturaleza de las percepciones sensoriales que provocan ya sea solos o en asociación, constituyen la base de numerosas investigaciones cuyo objetivo final es la mejora del llamado internacionalmente "Flavor" (mezcla de sensaciones olfativas y gustativas percibidas degustando el alimento) de los alimentos. (Cheftel, 1998).

Los elementos que caracterizan la calidad de un producto alimenticio se pueden dividir en propiedades cualitativas de orden ético, estético y tecnológico.

Calidad Ética	:	Pureza Carácter genuino Capacidad de conservación Producir higiénicamente
Calidad Estética	:	Sabor, olor, aspecto envase atractivo
Calidad Tecnológica	:	Propiedades físicas composición química Propiedades bacteriológicas Valor nutritivo.

De estas consideraciones se desprende que la calidad estética está determinada por evaluaciones sensoriales, mientras que la calidad Tecnológica se controla por medición física, química y bacteriológica.

La calidad de un producto terminado dependerá en cierto grado de la calidad de las materias primas, de aquí la importancia de controlar éstas. (Núñez, 1996).

3.9.2. Evaluación y Medidas Sensoriales de los Alimentos

La Evaluación correcta de las propiedades organolépticas de los productos fabricados, tiene una gran importancia comercial para la industria alimentaria. En efecto, se necesita asegurar un cierto nivel de calidad y frecuentemente poner a punto nuevos productos que correspondan a los gustos del consumidor.

La mayoría de las empresas utilizan equipos de degustadores constituidos por un gran número de personas poco entrenadas, o bien un equipo mucho más pequeño de degustadores entrenados. En este último caso los participantes se seleccionan primero según sus capacidades: agudeza gustativa satisfactoria; umbral de detección de ciertos sabores; umbral de identificación; umbrales diferenciales (la mínima variación de intensidad que motiva la percepción de una diferencia). Aptitud para reconocer un cierto número de olores familiares. Aptitud para descomponer y analizar las sensaciones recibidas y describirlas utilizando un vocabulario preciso. Se verifica la fiabilidad de las respuestas y sólo se utilizan personas que manifiesta interés por estos problemas. A continuación los

miembros del jurado de degustadores se someten a un entrenamiento para mejorar su capacidad y hacerles comprender las diversas pruebas de evaluación organoléptica. Cheftel (1998), En la Figura N° 5, se representa esquemáticamente lo que se entiende como Calidad Sensorial. Según el esquema éste aspecto de la calidad no es una característica propia del alimento, sino el resultado de la interacción ente el alimento y el hombre, y se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento. Esta sensación depende por tanto, no solo de la clase e intensidad del estímulo, sino también de las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupos de personas que evalúa. En principio, su medida y análisis debe realizarse sensorialmente, ya que los métodos químicos e instrumentales sólo son útiles para cuantificar y controlar las características o propiedades de los alimentos que originan el estímulo percibido por el hombre. (Costell, 1991).

3.10. AGENTES DETERIORANTES DEL JUGO DE LIMÓN SUTIL

3.10.1. En el Limón Sutil

- a) Daños Mecánicos:** Los daños mecánicos observados se refieren a cortes, rotura de piel, hendiduras y magulladuras que pueden ser causadas durante el proceso de comercialización y con menor frecuencia en la chacra. Entre los daños causados en las chacras pueden mencionarse: La manipulación deficiente durante la recolección. Falta de reposo, una vez cosechados los frutos, que a través de esta purga se le da mayor resistencia al transporte, por pérdida de humedad de la corteza y permite hacer una mejor selección desechando los frutos lesionados cuyo defecto aparece después de éste periodo.

Durante la comercialización los daños mecánicos pueden ser causados por los envases y métodos de empaque poco apropiados, igualmente por la manipulación poco cuidadosa a nivel del comercio al por mayor y detallistas. Por otro lado, las presiones que se desarrollan entre javas durante el transporte y el mal estado de las vías originan considerables daños mecánicos.

Estos daños contribuyen a dar una mala presentación al producto y podrían ser evitados por el mejoramiento de algunas funciones de mercadeo, principalmente el transporte y empaque.

b) Daños Fungosos: Generalmente la infección se inicia don de una herida en la cáscara permite la entrada de esporas de hongo. Esto provoca pudriciones, lo que impide su consumo en cualquier forma, además esta clase de daños por contaminación ataca rápidamente al limón que tiene daños mecánicos y aún al producto sano. Sus causas son numerosas entre las cuales pueden mencionarse:

- El empleo de envases húmedos o cajones usados.
- Empacar limón húmedo.
- La falta de selección apropiada durante el acondicionamiento del limón y el empaque de frutos atacados por plagas y enfermedades.

Los principales daños biológicos o enfermedades fungosas que se observan durante la comercialización, dando mal aspecto al producto, impidiendo su venta son:

- "Moho verde" (*Penicillum digitatun*)
- "Moho azul" (*Penicillum italicum*)

Los dos son muy similares diferenciándose por el color de la masa de esporas que desarrollan.

c) Daños por Insectos y Acaros: El producto con este tipo de daño indudablemente desmejora su calidad por mala presentación y a la vez contribuye al desarrollo de daños fungosos que fácilmente se originan en frutos atacados.

Las causas principales y que recaen directamente sobre los agricultores son:

- Cultivo llevado bajo un mal sistema de Control de plagas.
- Descuido en la selección y empaque de frutos atacados o infestados por insectos.

Las principales plagas observadas en el mercadeo son las “Querezas y Ácaros” que según la magnitud del daño puede alterar en forma más o menos notable la presentación de la fruta, pero su incidencia sobre la calidad interna es mínima.

- d) **Daños Fisiológicos:** Estos daños no tienen un agente patógeno y se atribuyen a desarreglos de los procesos fisiológicos. La “mancha acuosa” (water stop) desorden de este tipo producido en la corteza del fruto, es el de mayor importancia y prácticamente el único desorden fisiológico encontrado, que puede causar serios problemas económicos porque además contribuye al desarrollo de daños fungosos. (Olazábal, 1992).

3.10.2. En los Jugos y Concentrados

Son muchos los agentes que afectan la calidad dentro de éstos tenemos los principales:

- a) **Fermentación:** Se debe a las levaduras que se han introducido en el jugo durante el intervalo comprendido entre la operación de cortado del fruto en dos mitades y el momento en que aquel es envasado. Para evitar esto el jugo debe tener un adecuado pH (el óptimo es 3.0) y debe haber sido sujeto a pasteurización.
- b) **Formación de mohos:** los frutos llevan en su superficie diferentes cantidades de esporas de diversos mohos los que pueden desarrollarse en el producto envasado, especialmente cuando en el vacío del recipiente queda suficiente oxígeno para favorecer el crecimiento.
- c) **Alteración en el aroma:** Se producen cuando durante la extracción se incorporan al jugo aceites esenciales de la cáscara, luego el aceite se descompone y desarrolla aromas extraños que se deben muy probablemente a su alteración o hidrólisis en el medio ácido del jugo y a la polimerización de sus terpenos.

- d) **Alteración en el sabor:** Los cambios en el aroma son una de las causas de las alteraciones en el sabor. También se deben a la acción de las enzimas que descomponen las proteínas, proceso que va seguido por un sabor característico desagradable.

- e) **Pérdida de vitamina C:** La pérdida se debe a la oxidación del ácido ascórbico y depende más de la temperatura del almacenaje que del tiempo que éste dure, almacenado durante un año a la temperatura de 10° a 18°C queda intacto del 73 al 77% a 36°C se retiene el 31%. (Braverman, 1998).

- f) **Alteración en el color:** El principal proceso que afecta el color de los jugos es el pardeamiento que afecta principalmente a los concentrados y cuyo origen es la descomposición del ácido ascórbico.

El ácido ascórbico es transformado en ácido dehidroascorbico y posteriormente en furfural con formación de CO₂; posteriormente el furfural se polimeriza para dar pigmentos de color marrón. La teoría de degradación del ácido ascórbico ha sido confirmada por Morin (1991), quien demostró que el pardeamiento se produce en presencia o ausencia de oxígeno.

Este proceso depende básicamente del pH y del grado de concentración; así los concentrados de toronja y limón que tienen un pH de 2.9 y 2.15 respectivamente son más susceptibles a este tipo de deterioro que el concentrado de jugo de naranja que tiene pH entre 2 a 3.5. A la vez se ha comprobado una relación directa entre pardeamiento y grado de concentración. (Braverman, 1998).

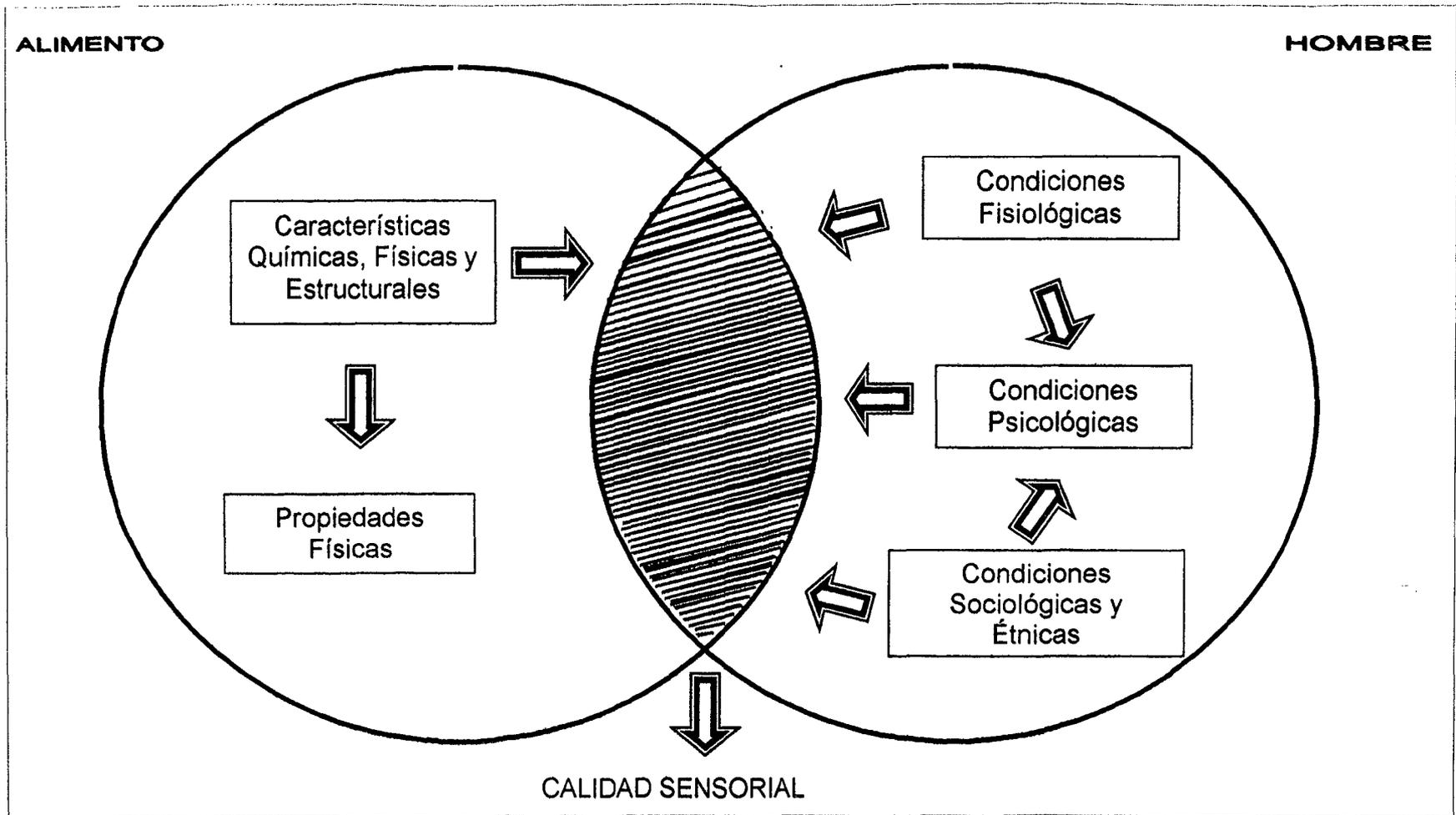


FIGURA N° 5: Esquema del concepto actual de la calidad sensorial

Fuente: Costell, 1991

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales para extraer y almacenar el jugo de limón sutil se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), los análisis microbiológicos se efectuaron en el Laboratorio de Microbiología y Fermentaciones, y los análisis Sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de Productos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la UNSM durante los meses de Julio a Diciembre del 2004.

4.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Para el presente estudio se utilizó:

- ◆ **Limón Sutil (*Citrus aurantifolia*):** En estado de maduración pintón, adquirido en el Mercado N° 2 de la ciudad de Tarapoto; el cual procedía de la provincia de Lamas, departamento de San Martín.
- ◆ **Sacarosa (Azúcar blanca comercial):** la cual se utilizó en las cantidades necesarias para alcanzar y obtener muestras de 60° Brix, 62.5° Brix, 65° Brix y 67.5° Brix; reduciéndose con ello la actividad de agua del producto.
- ◆ **Benzoato de sodio:** conservador químico que actúa principalmente en los alimentos ácidos inhibiendo levaduras y mohos. Se agregó de 0.01 - 0.15% en los niveles que están dentro de los rangos permitidos.

4.3. MATERIALES

- Materiales de vidrio (necesarios para cada determinación).
- Frascos de vidrio (color ámbar) para almacenar.
- Vasitos de plástico.
- Pipetas, buretas, vasos de precipitación.
- Servilletas.
- Azafates.
- Tarjetas de Evaluación Sensorial

4.4. EQUIPOS

- Mesa de acero inoxidable.
- Extractor de jugo (manual).
- Balanza triple barra: Marca OHAUS.
Cap. 2610 gr.
- Balanza: Sauter Balmise Srl.
Cap. 1,000 g
Div. 0.1 g
- pH Metro. Marca Crison
pH-Meter Digit 505
- Cámara con temperatura controlada. (Refrigeradora)
- Refractómetro de ABBE: cuyo rango de escala está comprendido de 0 - 100° Brix.
- Estufa de rango de 0 - 50°C

4.5. REACTIVOS

- Ácido clorhídrico 0.1N.
- Solución de Hidróxido de Sodio 0.1N.
- Solución Buffer, para pH: 4.
- 2,6 Diclorofenolindofenol Grado reactivo.
- Ácido oxálico (grado reactivo).
- Ácido ascórbico (grado reactivo).
- Medios de cultivo para determinación de Mohos y Levaduras.
- Indicador de Fenolftaleina.

4.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la obtención del jugo de limón, se siguió el flujo de procesamiento que se muestra en la Figura N° 6; a continuación se describen las operaciones desarrolladas:

4.6.1. Materia Prima

La materia prima fue el limón sutil en estado pintón (cáscara verde amarilla), adquirido en el Mercado N° 2 de la ciudad de Tarapoto.

4.6.2. Selección y Clasificación

4.6.2. Selección y Clasificación

El limón se seleccionó y clasificó como limón pintón. Se trabajó con frutos sanos, que reunían buenas condiciones para el trabajo, de calidad Primera, según lo indicado en la Norma ITINTEC (Frutas: Limón Sutil 011.006, 1995). El diagrama es mostrado en la Figura N° 6.

4.6.3. Lavado

Se realizó por inmersión en agua potable a temperatura ambiente con la finalidad de eliminar las suciedades adheridas a la superficie del limón y otros agentes microbianos que podrían alterar al jugo obtenido durante los procesos posteriores.

4.6.4. Desinfección y Enjuague

Con la finalidad de eliminar gran parte de mohos, levaduras y otros microorganismos que se acumulan en la cáscara, se procedió a la desinfección de la fruta con una solución desinfectante de Hipoclorito de Sodio a una concentración de 100 ppm de cloro residual. (Lees, 1999).

4.6.5. Cortado de la Fruta

La fruta lavada y desinfectada se procedió a cortar manualmente con un cuchillo de acero inoxidable, en dos mitades con la finalidad de facilitar la extracción del jugo.

4.6.6. Extracción del Jugo

La fruta cortada, (en mitades) se pasó a un extractor de jugo manual, el cual al aplicarle presión permite la salida del jugo contenido en los pequeños sacos que conforman el mesocarpio.

Con el fin de eliminar la mayor cantidad posible de pulpa y restos de semilla, se procedió a refinar el jugo utilizando una malla fina N° 20 (es decir, con agujeros de 0.02 pulgadas de diámetro).

Paralelamente a la extracción del jugo se procedió a la adición de sacarosa (azúcar blanca comercial) y Benzoato de Sodio en las concentraciones que se muestra en la Figura N° 7.

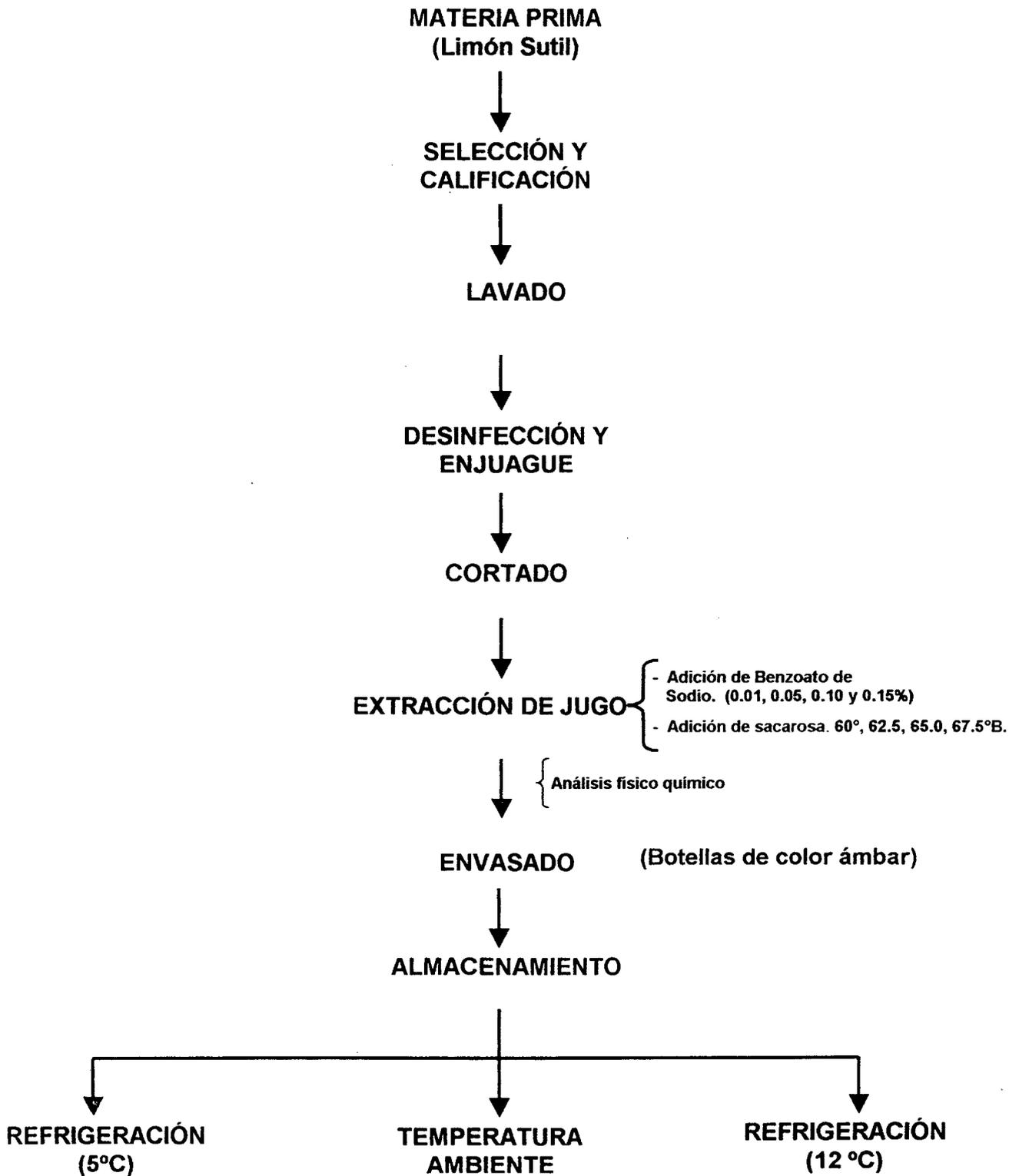


FIGURA N° 6: Diagrama de flujo para obtener el jugo de limón base para preparar limonada natural

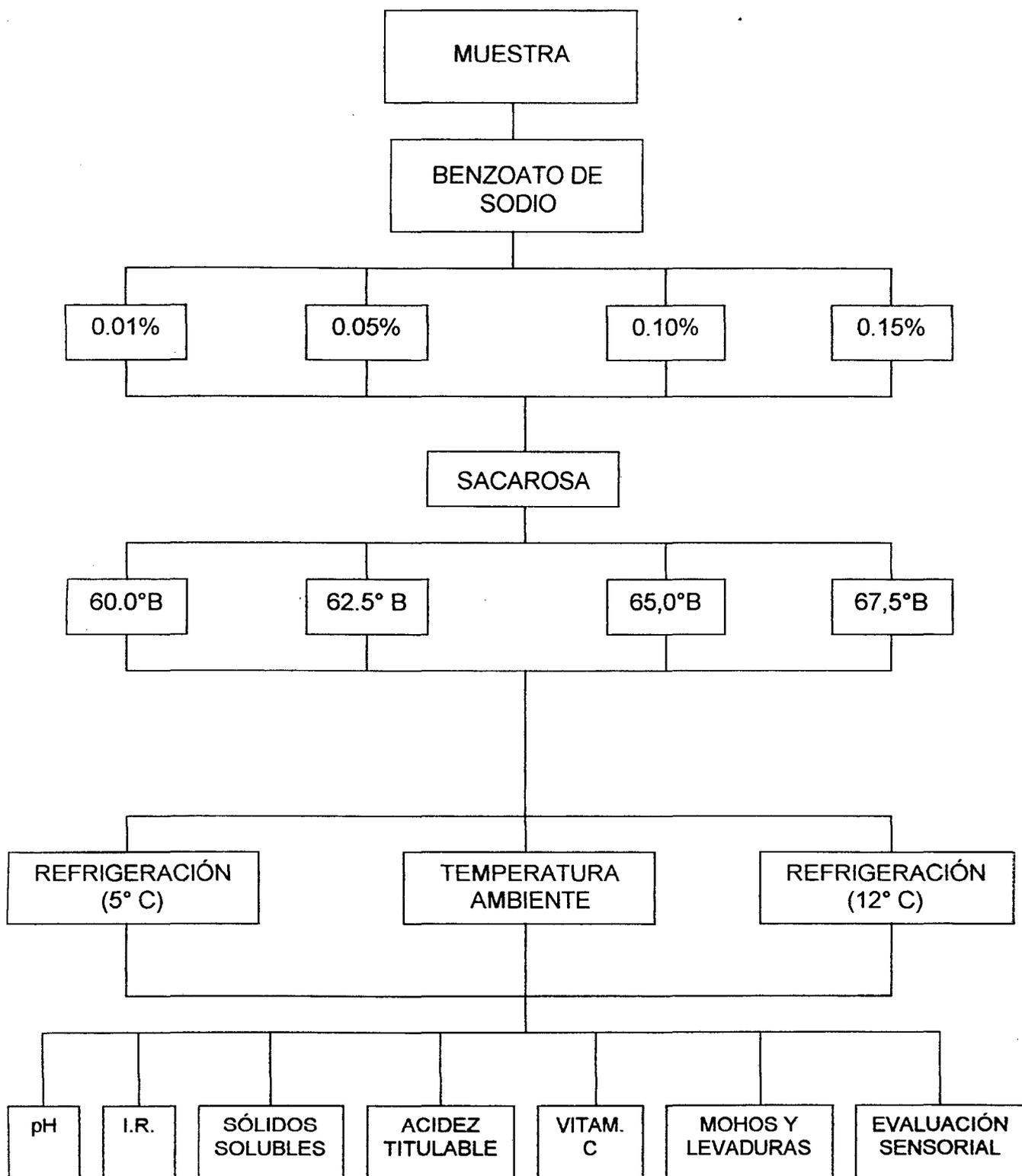


FIGURA N° 7: Metodología para la evaluación del jugo de limón base durante el almacenaje

4.6.7. Envasado

Los jugos obtenidos y concentrados se envasaron en botellas de vidrio color ámbar, para evitar el deterioro de éste por acción de la luz, la cual puede afectar el sabor original del producto y la desnaturalización de la vitamina C.

4.6.8. Almacenamiento

De cada producto obtenido se prepararon 3 muestras (3 botellas de aproximadamente 200 ml c/u) y también una muestra patrón para controlar la calidad durante el almacenamiento.

El almacenamiento se efectuó a tres condiciones distintas de temperatura: Refrigeración (5°C y 12°C), T° ambiente (30°C), y a todas las muestras durante un periodo de 60 días.

4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental del presente estudio comprendió:

- Extracción del jugo de limón, determinación de la concentración óptima de Benzoato de Sodio y sacarosa para obtener el jugo de limón base.
- Almacenamiento del jugo de limón base.
- Elaboración de la limonada.
- Evaluación organoléptica de la limonada.

4.7.1. Pruebas Preliminares

a) Extracción y Obtención del Jugo de Limón Base

Se extrajo el jugo de limón en buenas condiciones, y a este jugo obtenido se adicionó Benzoato de Sodio a concentraciones de 0.01 a 0.15%; sacarosa a concentraciones de 60° Brix a 67° Brix, la cual cumple los requisitos físicos químicos de la Norma ITINTEC 207.002,1995.

La concentración óptima de sacarosa en el jugo, sirvió como base para el preparado de la limonada con sólo agregar una cantidad adecuada de agua hervida fría.

Esta preparación base de jugo de limón fue sometida a análisis físicos químicos y microbiológicos, para conocer las características iniciales del producto. Estas pruebas fueron:

Acidez titulable (% de ácido cítrico), sólidos solubles, pH, determinación de vitamina C, determinación de mohos y levaduras.

b) Almacenamiento del Jugo de Limón Base

Estas concentraciones que en total fueron 48 muestras de 100 ml cada frasco (unidad experimental) de color ámbar, se sometieron a almacenamientos durante un periodo de 2 meses, analizándose cada 15 días, los cambios físico químicos, microbiológicos y sensoriales del jugo de limón en estudio.

De éstas 48 muestras se irán descartando las muestras que presentan defectos físico químicos y sensoriales, lo cual indicará que el conservante y la sacarosa tengan un efecto limitante en cuanto a sus concentraciones quedando al final una sola muestra que cumpla con los requisitos del jugo de limón natural a las concentraciones que el análisis determine.

4.7.2. Elaboración de la Limonada

Después del tiempo de almacenamiento (60 días) el jugo de limón que obtuvo las mejores cualidades físico químicas y organolépticas con los aditivos almacenados, se elaboraron la limonada del jugo de limón base para lo cual se preparó 3 diluciones con agua hervida fría en proporciones de 1:3; 1:5 y 1:7, también se evaluó el jugo de limón patrón almacenado siendo la dilución de ésta 1:9 con dilución de sacarosa a 12° Brix.

4.7.3. Evaluación Organoléptica

Se evaluó mediante un panel semi-entrenado el producto con las diferentes concentraciones (sacarosa más Benzoato de Sodio), almacenados bajo las tres temperaturas mencionadas anteriormente cada 15 días, durante dos meses.

El panel de evaluación, estuvo conformado por panelistas semi entrenados, el cual determinó la muestra o muestras que presentaron la mejor aceptabilidad, utilizando para las evaluaciones, tarjetas de evaluación que se muestra en el

anexo 1 que es una escala no estructurada de 10 cm. La prueba sensorial utilizada fue una prueba descriptiva de Perfil de Sabor.

4.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS

Para el desarrollo del presente estudio se utilizaron los siguientes métodos:

4.8.1. En la Materia Prima

A. Análisis Biométrico

- Determinación del diámetro y altura.
- Determinación del peso.
- Determinación del % de jugo.
- Determinación de bagazo

B. Análisis Físico-químico

- Determinación de la acidez titulable.
- Determinación del pH. (pH-metro).
- Determinación de sólidos solubles.
- Determinación del índice de refracción.
- Determinación de vitamina C.

4.8.2. El Jugo de Limón con Benzoato de Sodio y Sacarosa, almacenados a diferentes temperaturas

- Determinación de sólidos solubles. (Refractómetro de ABBE).
- Determinación del Índice de refracción.
- Determinación de la acidez titulable.
- Determinación del pH (pH-metro).
- Determinación de vitamina C.
- Determinación de Mohos y Levaduras (Métodos recomendados por Mossel, 1997).
- Evaluación Sensorial. (Prueba del Perfil del Sabor). (Costell 1991)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue el de establecer el flujo de procesamiento para obtener el jugo de limón sutil concentrado, que no requiera de aplicación de calor, determinando la concentración adecuada de conservante y azúcar. Esta concentración de azúcar serviría como base para elaborar la limonada natural en los meses de escasez del limón, en el Perú.

Según la metodología que se describe en la Figura N° 7 del capítulo 4 (Materiales y Métodos) se obtuvo lo siguiente:

5.1. DE LA MATERIA PRIMA

A. Análisis Biométrico del Limón: Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 17.

CUADRO N° 17: Análisis Biométricos del limón promedio de 10 unidades.

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIOS
Diámetro	42 mm
Altura	46 mm
Peso	45.3 gramos
Volumen de Jugo	18 ml
Bagazo	17.0
Peso cáscara	10.3 gramos

El limón sutil utilizado en la presente investigación tiene un peso promedio total de 45.3 gramos que está dentro de los rangos citados por Olazábal (1992) correspondiendo a una clase comercial de Extra. Así mismo presenta un diámetro de 42 mm y una altura promedio de 46 mm siendo esto un poco superior a lo reportado por Olazábal (1992), que es de 46.82 mm; esta variación se debe a la época de cosecha, suelo, clima que son factores que influyen en los rendimientos y en las características biométricas. El volumen medio de jugo del limón es de 18 ml siendo esto un buen índice para fines comerciales que esta por encima por lo reportado por Olazábal (1992). En consecuencia el limón utilizado presenta buenas características comerciales y tecnológicas.

B. Análisis físico químicos del jugo de limón.- Los resultados obtenidos se aprecia en el Cuadro N° 18.

**CUADRO N° 18: Análisis físico químico del jugo de limón
(Materia Prima)**

COMPONENTES	PORCENTAJES (%)
Acidez titulable (ácido cítrico)	6.8
pH	2.8
Sólidos solubles (° Brix)	9.7
Índice de refracción	1.3457
Vitamina C (mg/100)	28.4

El jugo de limón presenta una acidez titulable expresado en ácido cítrico de 6.8% y un pH de 2.8, el cual indica que es una materia prima difícilmente alterable por los microorganismos, especialmente por las bacterias, por ésta alta acidez aun puede conservarse mejor por periodos largos. Sin embargo presenta sólidos solubles bajos de 9.7° Brix, entendiéndose que éste no es debido específicamente a la presencia de sacarosa que también es un sólido soluble sino a otros constituyentes considerados como °Brix entre ellos los ácidos orgánicos, pero si es una buena fuente de vitamina C cuyo contenido es de 28.4 mg/100.

5.2. DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LOS ANÁLISIS

5.2.1. Tratamientos Preliminares

El diseño que se siguió en la preparación de las muestras que fueron sometidas a diferentes concentraciones de sacarosa y benzoato de sodio, para luego ser almacenadas a diferentes temperaturas, tal como se muestra en el cuadro N° 19.

CUADRO N° 19: Diseño experimental de muestras de jugo de limón para ser almacenados a diferentes temperaturas

JUGO + CONSERVANTE	CONCENTRACIÓN DE SACAROSA	TOTAL MUESTRAS
Jugo de limón + Bz de Sodio (0.01%)	60° Brix	4
	62.5° Brix	
	65° Brix	
	67° Brix	
Jugo de limón + Bz de Sodio (0.05%)	60° Brix	4
	62.5° Brix	
	65° Brix	
	67° Brix	
Jugo de limón + Bz de Sodio (0.10%)	60° Brix	4
	62.5° Brix	
	65° Brix	
	67° Brix	
Jugo de limón + Bz de Sodio (0.15%)	60° Brix	4
	62.5° Brix	
	65° Brix	
	67° Brix	
		16

La reducción de la cantidad de 16 muestras se hizo mediante una evaluación sensorial utilizando para ello el método afectivo de una escala de 5 puntos como se aprecia en el anexo 01. los atributos evaluados fueron el color, sabor y apariencia general, ya que son los que más repercuten en la aceptabilidad del producto. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 20.

Cuadro 20: Evaluación Sensorial de jugo de limón mezclado con Benzoato de Sodio y Sacarosa Comercial

Tratamiento	Color										Sabor										Apariencia General									
	Jueces										Jueces										Jueces									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X
Jugo + 0.01 Bz + 60° Brix	4	3	4	3	3	4	4	4	29	3.6	3	3	2	3	3	4	4	3	25	3.1	4	3	4	4	4	4	3	4	30	3.8
Jugo + 0.01 Bz + 62.5° Brix	3	3	2	3	4	4	3	4	26	3.2	3	3	3	2	3	3	3	2	22	2.8	2	3	3	3	4	3	4	3	26	3.2
Jugo + 0.01 Bz + 65° Brix	3	4	3	2	4	3	3	3	25	3.1	3	4	3	2	4	3	3	2	24	3.0	3	4	3	4	2	3	3	3	25	3.1
Jugo + 0.01 Bz + 67.5° Brix	2	3	3	3	4	3	4	3	26	3.2	3	2	2	3	3	2	3	2	20	2.5	3	3	3	4	3	2	4	3	25	3.1
Jugo + 0.05 Bz + 60° Brix	4	3	3	2	3	4	3	3	25	3.1	4	2	3	3	3	4	3	3	25	3.1	2	3	3	3	4	3	4	3	25	3.1
Jugo + 0.05 Bz + 62.5° Brix	4	4	4	3	3	4	4	4	30	3.8	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4	4	4	3	4	4	4	3	3	29	3.6
Jugo + 0.05 Bz + 65° Brix	2	3	3	3	3	3	4	4	25	3.1	3	3	2	3	4	3	3	4	25	3.1	3	2	3	4	3	3	4	4	26	3.2
Jugo + 0.05 Bz + 67.5° Brix	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4	3	3	3	2	4	3	4	3	26	3.2	3	3	4	2	3	3	4	4	26	3.2
Jugo + 0.10 Bz + 60° Brix	3	3	3	4	3	2	4	3	25	3.1	2	3	4	3	3	3	3	3	24	3.0	4	3	4	3	3	3	3	4	27	3.4
Jugo + 0.10 Bz + 62.5° Brix	2	3	3	4	3	3	3	4	25	3.1	4	3	3	3	3	2	4	3	25	3.1	3	3	3	4	2	3	4	3	25	3.1
Jugo + 0.10 Bz + 65° Brix	4	4	3	4	4	4	3	3	29	3.6	4	3	4	3	3	3	3	4	27	3.4	4	3	3	3	3	4	4	4	28	3.5
Jugo + 0.10 Bz + 67.5° Brix	4	3	3	3	3	3	2	4	25	3.1	3	3	3	4	2	3	4	3	25	3.1	2	3	3	3	4	3	4	3	25	3.1
Jugo + 0.15 Bz + 60° Brix	2	3	3	3	3	4	4	3	25	3.1	1	3	3	4	3	2	3	3	22	2.8	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4
Jugo + 0.15 Bz + 62.5° Brix	2	3	3	3	4	3	4	3	25	3.1	3	3	3	4	3	2	4	3	25	3.1	4	3	3	3	3	4	4	4	28	3.5
Jugo + 0.15 Bz + 65° Brix	3	2	3	4	3	3	4	4	26	3.2	3	3	3	2	4	3	4	3	25	3.1	4	3	3	3	2	3	4	4	26	3.2
Jugo + 0.15 Bz + 67.5° Brix	4	4	3	4	3	4	3	4	29	3.6	3	3	4	4	4	4	4	4	30	3.8	3	3	4	4	4	4	4	4	30	3.8

Donde el tratamiento que consistió en jugo de limón mezclado al 0.01% de Benzoato de Sodio y con la adición de Sacarosa a 60° Brix es el que resultó con buena aceptabilidad en cuanto a los tres atributos antes mencionados teniendo un puntaje promedio en cuanto al color y apariencia general de 3.6 y 3.8 respectivamente, correspondiendo en la escala de evaluación a una sensación de gustó ligeramente, mientras que las demás muestras estaban cercanas a la sensación de indiferencia, es decir de que no les gustó ni les disgustó, teniendo similar aceptación por parte de los jueces las muestras de jugo de limón combinados con 0.05% de Benzoato de Sodio y Sacarosa 62.5° Brix, como también las de 0.10% de Benzoato de Sodio con Sacarosa a 65° Brix y las de 0.15% de Benzoato de Sodio con 67.5° Brix, donde los puntajes obtenidos están en la zona de gustos por encima de la indiferencia.

Para ser almacenados se trabajaron con estas muestras aceptadas por los jueces más la muestra testigo, las mismas que fueron sometidas bajo 3 niveles de temperatura de almacenamiento como se aprecia en el Cuadro 21.

CUADRO N° 21: Diseño experimental de muestras de jugo de limón para ser almacenados a diferentes temperaturas

JUGO + CONSERVANTE	CONCENTRACIÓN DE SACAROSA	TEMPERATURA	TOTAL MUESTRAS
Jugo de limón + 0.01% Benzoato de Sodio	60° Brix	5° C	3
		12° C	
		T° Amb.	
Jugo de limón + 0.05% Benzoato de Sodio	62.5° Brix	5° C	3
		12° C	
		T° Amb.	
Jugo de limón + 0.10% Benzoato de Sodio	65° Brix	5° C	3
		12° C	
		T° Amb.	
Jugo de limón + 0.15% Benzoato de Sodio	67.5° Brix	60° Brix	3
		62.5° Brix	
		65° Brix	
Muestra Patrón sin conservante ni sacarosa		5° C	3
		12° C	
		T° Amb.	
			15

En el cuadro anterior se aprecia quince muestras, las cuales fueron sometidas a temperaturas de almacenamiento de 5°C, 12°C y Temperatura ambiente, durante dos meses.

Luego de quince días de almacenamiento se hizo una reducción de muestras hasta cinco, mediante una evaluación sensorial utilizando para ello el método afectivo de una escala de 5 puntos como se aprecia en el anexo 3. Los atributos evaluados fueron el color, sabor y apariencia general, ya que son los que más repercuten en la aceptabilidad del producto. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 22.

Según los resultados del análisis sensorial que se muestran en el cuadro N°22, los tratamientos que consistían de la muestra testigo almacenado a temperatura ambiente y la muestra que consistía de jugo de limón mezclado con 0.05% de Benzoato de Sodio, con la adición de Sacarosa al 62.5° Brix y almacenado a temperatura de 5°C, resultaron con buena aceptabilidad en cuanto a los tres atributos antes mencionados teniendo un puntaje promedio de 3.5, correspondiendo en la escala de evaluación a una sensación de gusto ligeramente, mientras que las demás muestras que salieron seleccionadas estaban cercanas al puntaje promedio; con 3.4 se muestra en el cuadro a la muestra que consistía de jugo de limón mezclado con 0.15% de Benzoato de Sodio, con la adición de Sacarosa a 67.5° Brix y almacenado a temperatura ambiente, a la muestra que consistía de jugo de limón mezclado con 0.01% de Benzoato de Sodio, con la adición de Sacarosa a 60° Brix y almacenado a temperatura ambiente y la muestra que consistía de jugo de limón mezclado con 0.10% de Benzoato de Sodio, con la adición de Sacarosa a 65° Brix y almacenado a temperatura de 12°C.

Las muestras seleccionadas a partir del cuadro N° 22 se muestran en el cuadro N° 23, las cuales han sido evaluados cada quince días por un periodo de dos meses, mediante análisis físico-químicos, microbiológicos y sensorialmente al finalizar el periodo de almacenamiento.

Cuadro 22: Evaluación Sensorial de jugo de limón mezclado con Benzoato de Sodio y Sacarosa almacenados a diferentes temperaturas, después de 15 días

Tratamiento	Color										Sabor								Apariencia General											
	Jueces										Jueces								Jueces											
	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	X
Jugo limón a 5°C	4	4	3	4	4	3	4	4	30	3.8	2	3	3	4	3	3	3	2	23	2.9	4	3	3	4	3	3	3	4	27	3.4
Jugo limón a 12°C	3	3	4	4	3	3	4	4	28	3.5	4	3	3	4	3	2	4	2	25	3.1	4	3	3	4	4	3	3	4	28	3.5
Jugo limón a T° ambiente	4	4	4	4	4	4	4	3	31	3.9	2	3	3	4	3	3	3	4	25	3.1	4	4	3	3	3	3	4	4	28	3.5
Jugo + 0.01 Bz + 60° Brix a 5°C	3	3	3	4	3	2	4	4	26	3.3	4	3	4	3	3	4	4	3	28	3.5	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4
Jugo + 0.01 Bz + 60° Brix a 12°C	4	3	4	3	2	4	3	3	26	3.3	3	3	3	4	3	3	3	4	26	3.3	3	3	3	3	4	3	4	3	26	3.2
Jugo + 0.01 Bz + 60° Brix a T. A.	4	4	3	4	4	3	3	3	28	3.5	3	4	3	4	4	3	3	4	28	3.5	3	3	3	4	4	3	3	3	26	3.2
Jugo + 0.05 Bz + 62.5° Brix a 5°C	4	4	3	4	3	4	4	3	30	3.8	4	4	4	3	3	4	3	4	29	3.6	3	3	3	2	3	4	4	3	25	3.1
Jugo+0.05 Bz + 62.5° Brix a 12°C	4	3	3	4	4	4	3	3	28	3.5	3	4	3	4	3	4	4	3	28	3.5	4	3	3	3	3	3	3	3	25	3.1
Jugo+0.05 Bz + 62.5° Brix a T. A.	3	3	4	3	3	4	4	4	28	3.5	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4	3	4	3	4	3	3	3	3	26	3.2
Jugo + 0.10 Bz + 65° Brix a 5°C	3	4	3	3	3	2	3	4	25	3.1	4	4	4	3	4	4	3	4	30	3.8	2	4	3	4	3	3	3	4	26	3.2
Jugo + 0.10 Bz + 65° Brix a 12°C	4	3	3	3	3	4	3	4	27	3.4	3	4	3	4	4	3	4	3	28	3.5	3	3	4	3	3	3	4	4	27	3.4
Jugo + 0.10 Bz + 65° Brix a T. A.	3	3	3	4	3	2	4	3	25	3.1	4	3	4	4	3	4	3	4	29	3.6	4	3	4	3	3	3	3	4	27	3.4
Jugo + 0.15 Bz + 67.5° Brix a 5°C	3	4	3	2	3	3	4	3	25	3.1	4	3	3	4	4	4	4	3	29	3.6	3	3	3	3	3	3	4	3	25	3.1
Jugo + 0.15 Bz + 67.5° Brix 12°C	3	3	3	4	3	3	3	4	26	3.3	4	3	3	4	3	3	3	4	27	3.4	4	3	3	4	4	3	3	4	28	3.5
Jugo+ 0.15 Bz + 67.5° Brix a T. A.	4	3	3	4	3	3	3	4	27	3.4	4	3	3	4	4	3	3	4	28	3.5	4	4	3	4	3	3	3	4	28	3.5

CUADRO N° 23: Muestras de jugo de limón seleccionadas para las pruebas finales

JUGO + CONSERVANTE	CONCENTRACIÓN DE SACAROSA	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	TOTAL MUESTRAS
Muestra Patrón sin conservante ni sacarosa		Temperatura Ambiente	1
Jugo de limón + 0.01% Benzoato de Sodio	60° Brix	Temperatura Ambiente	1
Jugo de limón + 0.05% Benzoato de Sodio	62.5° Brix	5°C	1
Jugo de limón + 0.10% Benzoato de Sodio	65° Brix	12°C	1
Jugo de limón + 0.15% Benzoato de Sodio	67.5° Brix	Temperatura Ambiente	1
			5

La temperatura ambiente observada durante el tiempo de almacenamiento fue en promedio de 30°C. Éste promedio fue obtenido de una serie de mediciones realizadas a las 8 am, 1 p.m. y a las 6 p.m., horas en las cuales suele registrarse un cambio de temperatura; estas mediciones fueron efectuadas durante el tiempo que duró el almacenamiento (dos meses).

5.2.2. Análisis Físico-químicos de las Muestras de Jugo de Limón seleccionadas para las pruebas finales

La cantidad de azúcar añadido, para llegar al porcentaje de sólidos solubles deseados se muestran en el cuadro N° 24, en el cual se da la relación de Brix en función de la adición de sacarosa, teniendo que para la primera concentración (60° Brix) se necesitaron 122.18 g. de sacarosa para la 2da. (62.5° Brix) se precisaron 132.08 g.; 141.96 g. y 151.84 g. para la 3ra. y 4ta. Respectivamente; se aprecia entonces que la diferencia de sacarosa a adicionar para obtener cada concentración con una diferencia de 2.5° Brix entre cada una es de aproximadamente 10 g (9.9 g) para cada 100 ml.

CUADRO N° 24: Sólidos solubles en función de la adición de sacarosa, en el jugo de limón base

°BRIX DEL JUGO DE LIMÓN BASE	CANTIDAD DE SACAROSA (g/100ml)
59.5	122.18
61.0	132.08
63.5	141.96
66.5	151.84

De la 1ra, a la 2da. Concentración hay una leve disminución en el aumento de los Brix, que alcanzó sólo 1.5° Brix entre ambas, para el resto se cumple exactamente una proporción de 2.5° Brix entre cada muestra. Este efecto puede visualizarse mejor en la Figura N° 8 en donde se observa que entre las dos primeras cantidades de sacarosa adicionadas desvían la línea recta que se cumple para las otras muestras.

1) pH.

En el cuadro N° 25 se observa el pH del patrón y muestras concentradas de jugo de limón base durante el tiempo que duró el almacenamiento, así se tiene que desde los cero días hasta el final del estudio (60 días) éste permanece inalterable y constante (2.5) para todas.

El pH indica la concentración de los iones (H) por lo tanto da una idea totalmente diferente de acidez. El pH de los jugos cítricos es más o menos constante durante la maduración. El jugo cítrico es un buffer, de modo que una dilución del pH permanece constante. (Herrera, 1998).

Es por esta característica de comportarse como buffer que el pH es igual a 2.5 durante la experimentación del presente trabajo. Este efecto se muestra en la Figura N° 9.

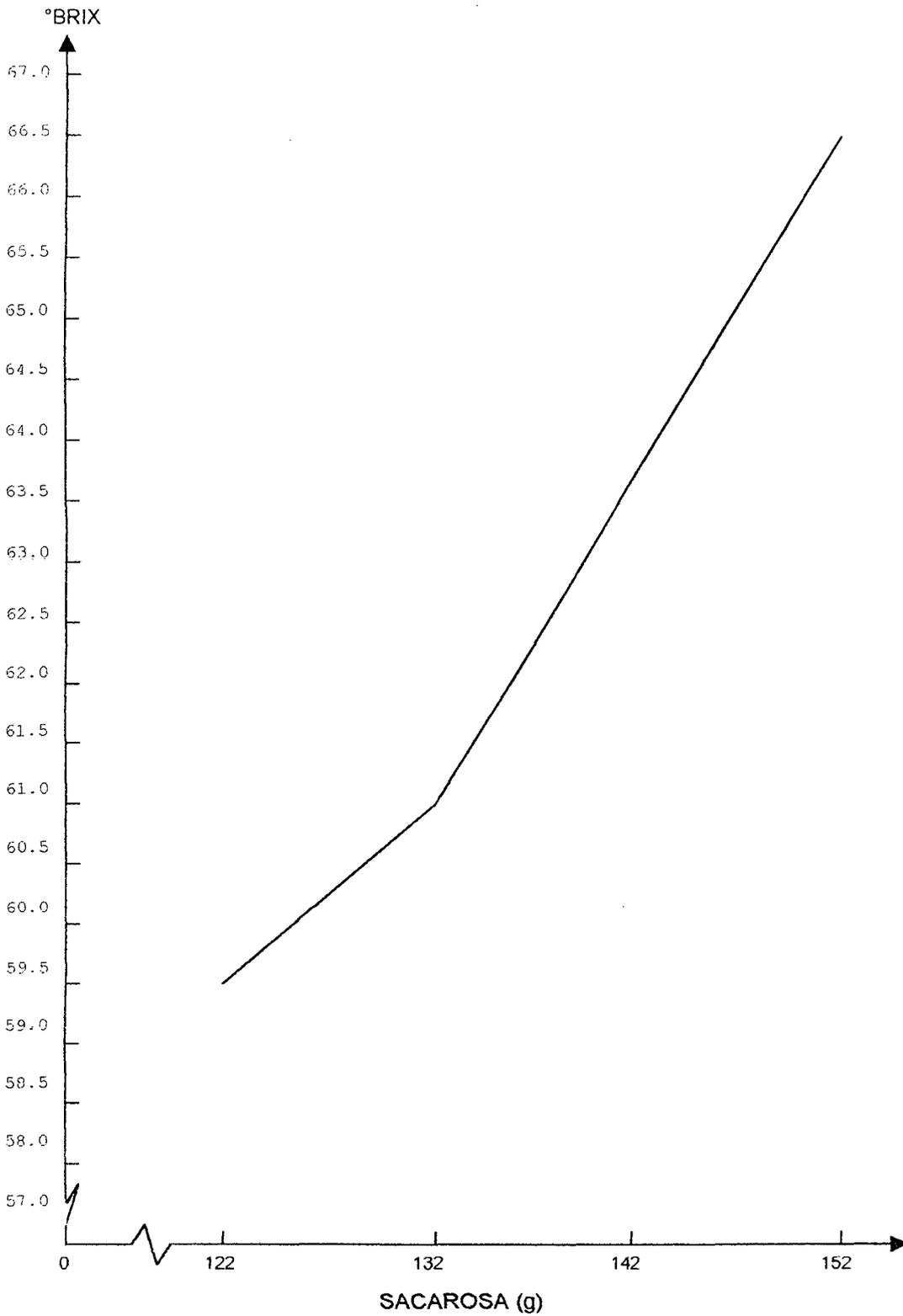


FIGURA N° 8: Relación de °Brix en función de la adición de sacarosa en el jugo de limón base

CUADRO N° 25 pH de las muestras del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

Días de almacenamiento	Análisis de pH de Muestras Almacenadas				
	Muestra Patrón T° ambiente (pH)	60° Brix + 0.01% Benzoato de Sodio T° ambiente (pH)	62.5° Brix + 0.05% Benzoato de Sodio T° 5°C (pH)	65° Brix + 0.10% Benzoato de Sodio T° 12°C (pH)	67.5° Brix + 0.15% Benzoato de Sodio T° ambiente (pH)
0 Días	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
15 Días	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
30 Días	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
45 Días	2.5	fermentado	2.5	2.5	2.5
60 Días	2.5	fermentado	2.5	2.5	2.5

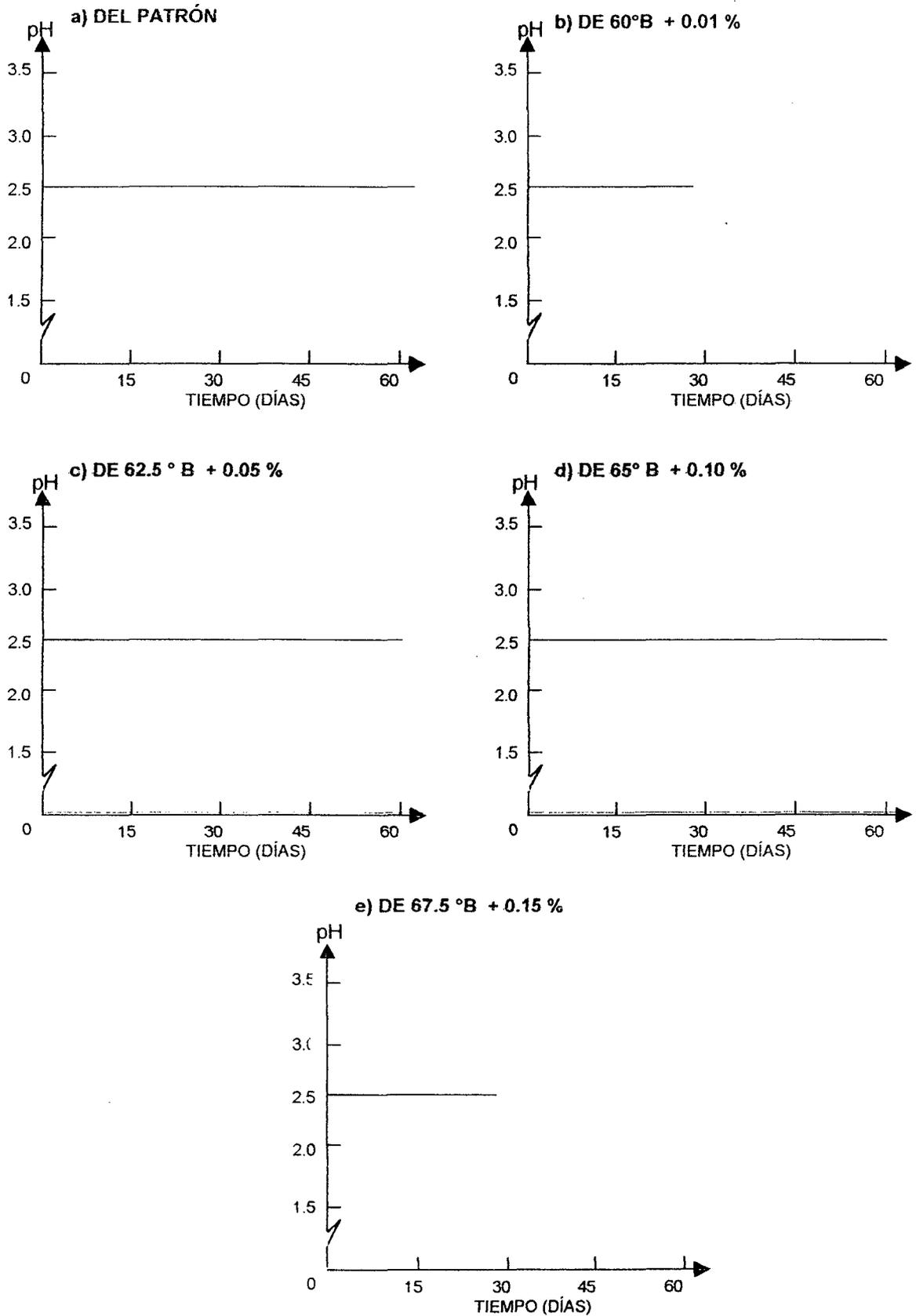


FIGURA N° 9: Relación del pH del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

2) SÓLIDOS SOLUBLES

El jugo de los cítricos contienen en solución principalmente azúcares (sacarosa y glucosa) con pequeñas cantidades de ácidos orgánicos (principalmente cítricos) esto es particularmente cierto en naranjas e inverso en limones, y en adición, algunas materias minerales solubles o cenizas con muy pequeñas cantidades de otras sustancias orgánicas, tales como vitaminas, enzimas, etc. Colectivamente estas sustancias son nominadas como "sólidos solubles totales". (Becerra, 1998).

En el cuadro N° 24 se muestran los sólidos solubles determinados en las diferentes muestras durante el tiempo de almacenamiento (en °Brix) donde al analizar los datos de la segunda columna que corresponde al patrón almacenado a temperatura ambiente se observa que a los cero días se registraron en 8.4° Brix, pero a partir de los 15 días hasta el final del estudio estos bajaron a 7° Brix. la explicación de esta disminución puede ser debido a un error en la determinación porque al final el comportamiento es lineal.

Esto es cierto si se explica que en los limones, el contenido de sólidos solubles en el zumo es casi constante durante la maduración, pero la acidez aumenta mucho en cantidad y concentración y se corresponde con un descenso en azúcares y otros sólidos solubles. Es de destacar que estos cambios continúan durante el almacenamiento, después de la recolección. (Primo, 1997).

Como los sólidos disueltos no son sólo sacarosa, sino que hay otros azúcares, ácidos y sales, en el zumo de limón, un grado Brix no equivale a una concentración de sólidos disueltos de un g/100 ml. Los grados Brix son, por tanto, un índice comercial, aproximado, de esta concentración, que se acepta convencionalmente, como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa. (Primo, 1997).

En las columnas 3, 4, 5 y 6 del cuadro N° 23 se observa que para las muestras de 60°Brix, 62.5°Brix, 65°Brix y 67.5°Brix respectivamente inalterables, lo que demuestra que la temperatura no tuvo influencia en éstos; aún cuando se

determinaron en la muestra de 60°Brix a los 30 días de experimentación, fecha en la que ya se había producido el proceso de fermentación, posteriormente ya no se continuó determinando para quedar descartada ésta.

En las Figuras N° 10 y 10.1 se grafican estos resultados.

CUADRO N° 26: Sólidos solubles del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en °Brix)

ANÁLISIS (SS) DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	PATRÓN T° AMB.	60°B+0.01%B ₂ T° AMB.	62.5°B+0.05%B ₂ T° ± 5°C	65°B+0.10%B ₂ T° ± 12°C	67.5°B+0.15%B ₂ T° AMB.
0 DÍAS	8.4 °B	59.5 °B	61.0 °B	63.5 °B	66.5 °B
15 DÍAS	7.0 °B	59.5 °B	61.0 °B	63.5 °B	66.5 °B
30 DÍAS	7.0 °B	59.5 °B	61.0 °B	63.5 °B	66.5 °B
45 DÍAS	7.0 °B	—	61.0 °B	63.5 °B	66.5 °B
60 DÍAS	7.0 °B	—	61.0 °B	63.5 °B	66.5 °B

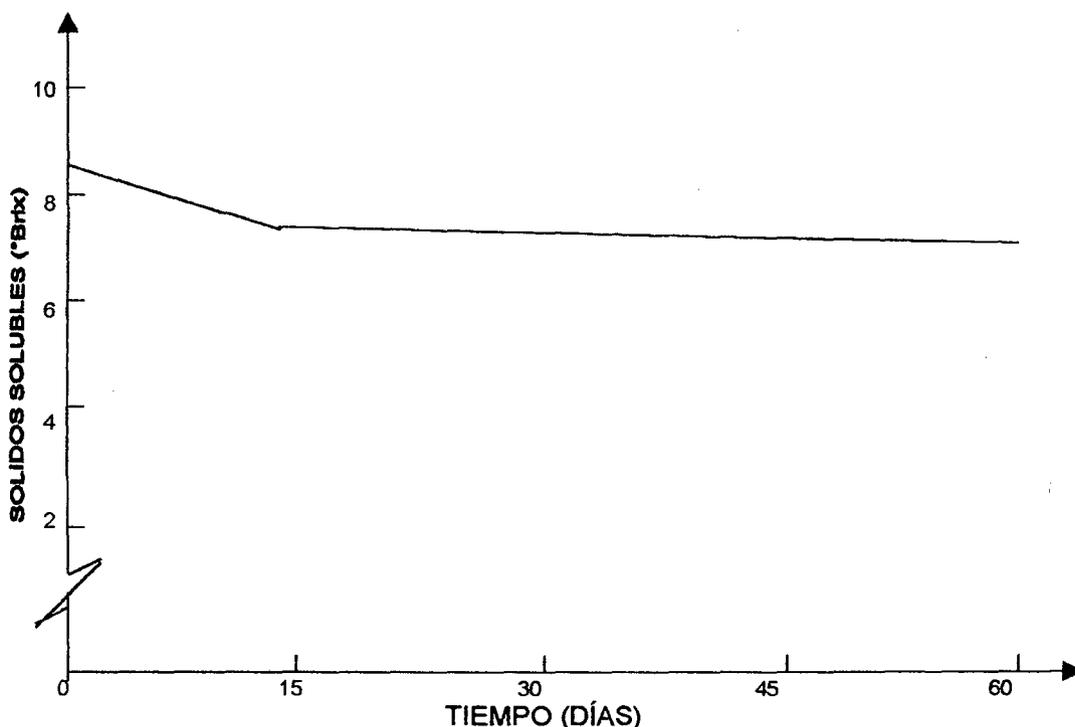


FIGURA N° 10: Relación de sólidos solubles del jugo de limón en función del tiempo de almacenamiento

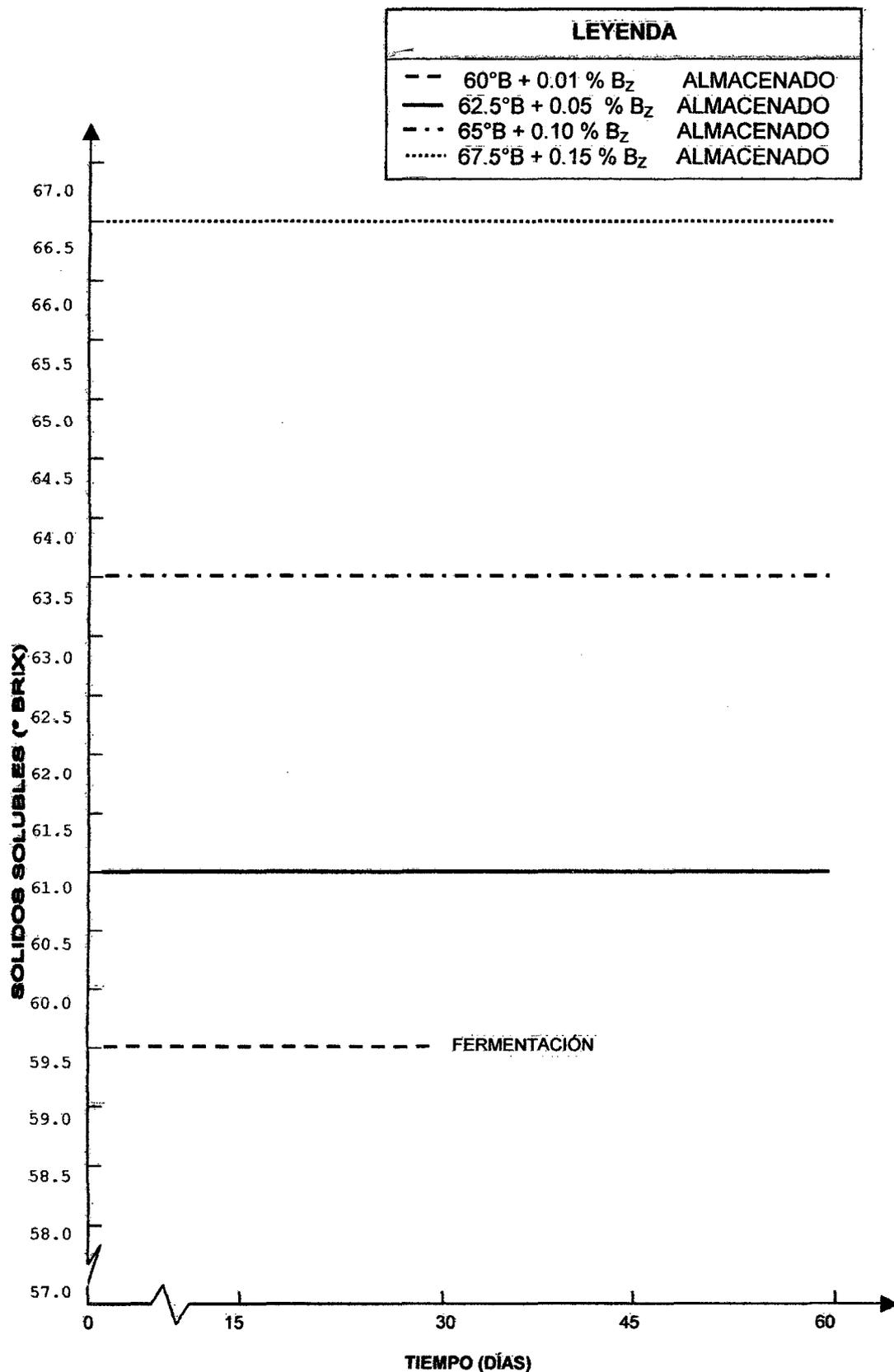


FIGURA N° 10.1: Relación de los sólidos solubles del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

3) ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Al mantenerse constantes los sólidos solubles de las distintas muestras, es lógico que el Índice de Refracción también lo sea, tal como se aprecia en el Cuadro N° 27 y Figura N° 11, también aquí hay una variabilidad en el Patrón (T° ambiente) entre los cero y 15 días disminuyendo de 1.345 (a 0 días) hasta 1.343 (a 15 días) el resto del tiempo permanece constante.

Originalmente, los °Brix son una medida de densidad. 1° Brix es la densidad que tiene a 20°C una solución de sacarosa al 1/100 y a esta densidad corresponde también un determinado Índice de Refracción.

CUADRO N° 27: Índice de refracción del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento

ANÁLISIS ÍNDICE DE REFRACCIÓN DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	PATRON T° AMB.	60°B+0.01%B _Z T° AMB.	62.5°B+0.05%B _Z T° 5°C	65°B+0.10%B _Z T° 12°C	67.5°B+0.15%B _Z T° AMB.
0 DÍAS	1.345	1.441	1.444	1.450	1.457
15 DÍAS	1.343	1.441	1.444	1.450	1.457
30 DÍAS	1.343	1.441	1.444	1.450	1.457
45 DÍAS	1.343	FERMENTADO	1.444	1.450	1.457
60 DÍAS	1.343	FERMENTADO	1.444	1.450	1.457

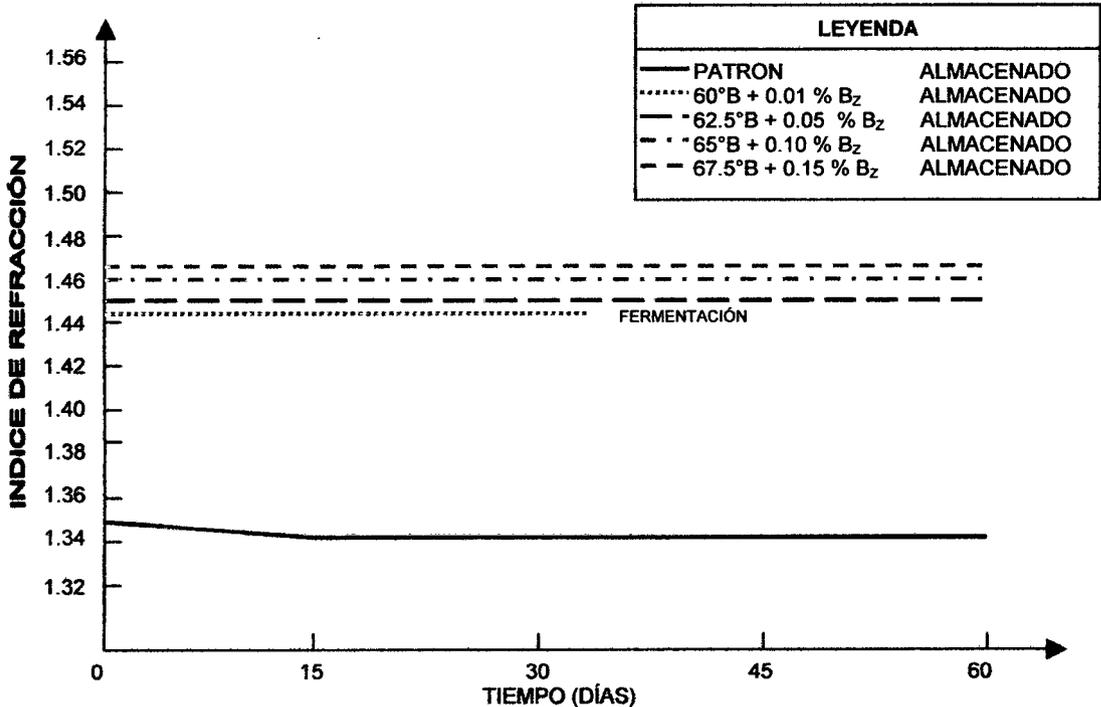


FIGURA N° 11: Relación del índice de refracción del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

4) ACIDEZ TOTAL TITULABLE

Al analizar el cuadro N° 28 donde se encuentra el porcentaje de acidez (expresado en ácido cítrico) de las diferentes muestras durante el tiempo de almacenamiento (en g %) se aprecia que para ninguna de las muestras la acidez se mantiene constante; la variabilidad es mucho mayor en el Patrón mantenido a T° ambiente en donde al inicio del estudio muestra un 6.884 g % de acidez total, a los 15 días sufre una baja considerable hasta llegar a 5.99 g % para, la mitad del almacenamiento (30 días) subir a 6.84 g % de acidez total, transcurren 15 días más (llegando a los 45 días) y esta acidez vuelve a bajar hasta el límite de 5.34 g %, finalmente a los 60 días ésta tiende a subir considerablemente hasta llegar a 6.796 g % de acidez total.

Para interpretar mejor estos cambios, también se aplicó el análisis de Regresión Lineal por el método de mínimos cuadrados para todos los puntos y todas las muestras, este método de mínimos cuadrados tiene la naturaleza de ajuste de curvas. Dada la dependencia lineal entre Y y X y no pares de observaciones (Y_i , X_i), éste método produce estimadores paramétricos a y b; de tal forma que $Y : a + bx$. La razón del criterio de mínimos cuadrados es que escoge valores para a y b que minimizan la suma de cuadrados de las diferencias entre los valores realmente observados Y_i y los valores estimados Y; a es la ordenada en el origen Y de la muestra, el valor medio de Y dado que X; a y b es la pendiente de la regresión de la muestra, el cambio en el valor medio de Y por cambio unitario en el valor de X. (Chou – Lun, 1997).

Los valores obtenidos en el Patrón para a: 6.53521 y b: -0.005507; al ser b negativo tenemos una línea de regresión de pendiente negativa y descendente.

Esto hace ver que a medida que el tiempo transcurre, la acidez va disminuyendo progresivamente, lo cual tiene implicancia en la calidad del jugo obtenido por los cambios que se originarán a partir de este fenómeno como se explicará más adelante.

Observando la Figura N° 12 se aprecia claramente los cambios originados en el porcentaje de acidez, y esto es que la acidez muestra variación ascendente o

descendente, debido a la inestabilidad de la molécula del ácido cítrico, en algunos casos los radicales hidroxilos permanecen libres aumentando la concentración de iones hidrogeniones; en otros casos se asocia con otras moléculas de azúcares o base disminuyendo la acidez Braverman (1998), esto es particularmente cierto en el caso de la muestra Patrón en donde las variaciones son muy marcadas, en las demás muestras también se cumple pero en este caso en menor grado.

CUADRO N° 28: % de acidez (exp. en ácido cítrico) del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en g %).

ANÁLISIS DE % AT DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	PATRÓN T° AMB. (30°C)	60°B+0.01%B ₂ T° AMB.	62.5°B+0.05%B ₂ T° 5°C	65°B+0.10%B ₂ T° 12°C	67.5°B+0.15%B ₂ T° AMB.
0 DÍAS	6.884	3.11	3.14	3.14	2.838
15 DÍAS	5.99	3.72	3.33	3.26	2.86
30 DÍAS	6.84	3.57	3.67	3.44	3.16
45 DÍAS	5.34	FERMENTADO	3.61	3.467	3.19
60 DÍAS	6.796	FERMENTADO	3.398	3.33	2.982



FIGURA N° 12: Relación de la acidez titulable del jugo de limón base (Muestra Patrón) en función del tiempo de almacenamiento

Al describir para cada muestra la tendencia en la variación del % de acidez se tiene que para la muestra A la tendencia era similar al comportamiento del Patrón, al menos en los primeros 30 días de almacenamiento, a pesar de que aquí se tiene que hablar del efecto que ejerce el conservante que en este caso fue el Benzoato de Sodio en una cantidad de 0.01%, parece ser que era inferior a la necesaria para lograr conservarla también se relaciona el azúcar (menos °Brix que las demás) y la T° ambiente que a diferencia de la T° de refrigeración, ésta; estaba sujeta a las fluctuaciones que durante el día se registraban (dando en promedio una T° ambiente de 30°C); todos estos factores y los que se explicaron anteriormente fueron causantes del deterioro de las muestras a la mitad del estudio. Este deterioro no ocurrió en las muestras de igual concentración que ésta (60°Brix), pero que se mantuvieron en refrigeración a dos temperaturas diferentes (5°C y 12°C) durante el almacenamiento, determinando para la de 5°C a 45 días de experimentación una acidez de 3.6755g% y para la de 12°C ésta fue de 3.5368g% de acidez total.

Esto hace afirmar que el conservador utilizado (benzoato de sodio) ejerce una acción de sinéresis (del benzoato con la acidez del jugo y el azúcar, y por que no decirlo, también con la temperatura) cuando está al máximo. El benzoato con incremento de 0.01% (muestra A), 0.05% (muestra B), 0.10% (muestra C) y 0.15% (muestra D) la acción conservadora se manifiesta en la conservación del jugo de limón base. Por eso con mayor cantidad de benzoato se va conservando mejor el jugo de limón base (en este caso muestra C, con 0.10%) siempre que no exceda el máximo permitido que es 0.15%.

Se aprecia mejor esta afirmación si se sigue analizando la Figura N° 12 y 12.1 en donde la muestra B y la muestra C a pesar de iniciar ambas con el mismo % de acidez (3.14g% de acidez total), la primera de ellas sufre un incremento acelerado hasta los 30 días de experimentación, a partir de entonces comienza a bajar en igual proporción; en cambio en la 2da, muestra el incremento en la acidez es paulatino hasta los 45 días de almacenamiento, sólo entonces y a los 60 días se registra una disminución de la misma.

Para la muestra D ésta empieza el período de almacenamiento con un bajo % de acidez (2.838 g %), sólo a los 45 días la acidez es algo más elevada que la registrada en los primeros días por las anteriores muestras; volviendo a caer a límites inferiores (2.982 g%) no registradas por las otras. Se toman en cuenta la acidez observada por las muestras de igual concentración pero que se almacenaron a T° 5°C y 12°C (Ver Cuadro N° 26) a los 45 días los valores no difieren significativamente.

Cabe destacar entonces el efecto conservador del benzoato de sodio cuya acción es más eficaz al nivel de 0.10% lo cual está relacionado también con la concentración de azúcar en la cual actúa; porque cuando se ha tratado de conservar el jugo con sólo el benzoato de sodio destruye la estabilidad por acción de la enzima Pectinesterasa. (Torres, 1996).

Al realizar el análisis estadístico para las muestras B, C y D todas presentan una línea de regresión con pendiente positiva en todos los casos, siendo esta pendiente menor en la muestra C que en los demás.

5) VITAMINA C

Se determina la Muestra Patrón y muestras concentradas el contenido de vitamina C (en mg % de ácido. ascórbico) que se muestra en el cuadro N° 21; donde tenemos que para la muestra Patrón a cero días tiene una cantidad de 32.625 mg% (lo que constituye el % de vitamina C en la Materia Prima transcurridos los primeros 15 días de almacenamiento se determina un 74.08% de ésta, con una pérdida del 25.92% (ver cuadros N° 22 y 23), la pérdida es constante y gradual, de tal modo que al final del estudio sólo contenía 12.57 mg% de vitamina C lo que representa apenas un 38. 53% del total, con una pérdida de 61 .47% (más de la mitad).

Para la muestra A mantenida a T° ambiente sólo se determinaron valores para cero y 15 días, debido, como se explicó, que en esta fecha se fermentó, por lo tanto, no tenía interés seguir determinándola ya que era un producto que no se podía consumir; aún así se aprecia que en los primeros días de almacenamiento ya había perdida un 60.74% de ésta vitamina.

Para la muestra B almacenada a T° 5°C la cantidad inicial es de 16.92 mg% de vitamina C; aquí también la pérdida es constante llegando a registrar, terminado el periodo de experimentación un porcentaje de 30.38% con pérdida del 69.62%. Todos estos porcentajes que se dan y que se muestran en los cuadros N° 22 y 23 están calculados en base a los mg determinado inicialmente para la materia prima (32.625 mg%).

En la muestra C a T° de 12°C se tiene inicialmente 16.675 mg% de vitamina C, transcurrido el periodo de almacenamiento se conserva hasta tener un contenido de 10.63 mg% lo que representa un 32.58% con pérdida de 67.42%.

Lo que sucede en la muestra D a T° ambiente es similar, encontrándose al inicio un contenido de 17.88 mg% de dicha vitamina, para terminar con una pérdida más severa del orden del 77.78% (contenido final 7.25 mg%).

Se analiza comparativamente para tener una idea más clara de cual de las muestras sufre un mayor deterioro en esta vitamina y si se observan las figuras N° 14, 15 y 16, se aprecia que tomando como base los 32.625 mg% de vitamina C hallados a los cero días en la muestra patrón (lo que representaría el 100%), todas las muestras concentradas a cero días de almacenamiento sufren una pérdida considerable (casi del 50%) (Cuadro N° 26), a los 15 días, son las muestras C y D las que registran un mayor porcentaje de pérdida 61.47% y 62.97% respectivamente. Sigue el proceso de degradación, pero a los 45 días la muestra C es la que se conserva mejor (sólo 66.65% de pérdida), para terminar el estudio siendo la que mayor % en vitamina C registraba 32.58% (10.63 mg%) contra 30.38% y 22.22% de las muestras B y D respectivamente.

Al mencionar que a los cero días la pérdida de vitamina C para las muestras concentradas era ya del orden del 50% (promedio 48%) esto dio motivo para decir que esto se debe principalmente al tiempo transcurrido desde la preparación de la muestra hasta su procesamiento, es por esto que dicha merma fue diferente para cada caso, a pesar de que se tuvo especial cuidado de ir extrayendo el jugo y concentrar inmediatamente para evitar mayores pérdidas de esta vitamina.

Resultados similares fueron obtenidos por Méndez (1992) en su ensayo de Deshidratación por rociada del jugo de limón sutil.

Así mismo, estos resultados difieren de los resultados obtenidos por Torres, (1996) quién descubrió que se retenía el ácido ascórbico a un promedio de 98.3% durante el procesamiento del jugo de naranja y a un promedio del 75% durante el almacenamiento de 12 meses a T° ambiente.

Pero serian similares si se tomaría como 100% la cantidad encontrada inicialmente después de concentrar cada una de las muestras; en cuyo caso la retención de vitamina C sería para la muestra B:58.57%, muestra C:63.75% y muestra D:40. 55%.

Sea la primera o la segunda forma de determinar el porcentaje de retención, es la muestra C la que conserva mejor el ácido ascórbico.

Cheftel (1998) señala que los concentrados de zumos de frutas son sumamente sensibles a las oxidaciones, así como el pardeamiento no enzimático. Este último origina no sólo oscurecimiento del color, sino también una pérdida de vitamina C así como una producción de anhídrido carbónico.

**CUADRO N° 29: Contenido de vitamina C en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento
(Exp. en mg% de Ác. Ascórbico)**

ANÁLISIS DE VITAMINA C DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	PATRÓN T° AMB.	60° B + 0.01% BZ T° AMB.	62.5° B + 0.05% BZ T° + 5° C	65° B + 0.10% BZ T° + 12° C	67.5° B + 0.15% BZ T° AMB.
0 Días	32.625	15.71	16.92	16.675	17.88
15 Días	24.17	12.81	14.02	12.57	12.08
30 días	22.72	fermentado	12.08	11.84	9.67
45 Días	20.06	fermentado	10.63	10.88	7.73
60 Días	12.57	fermentado	9.91	10.63	7.25

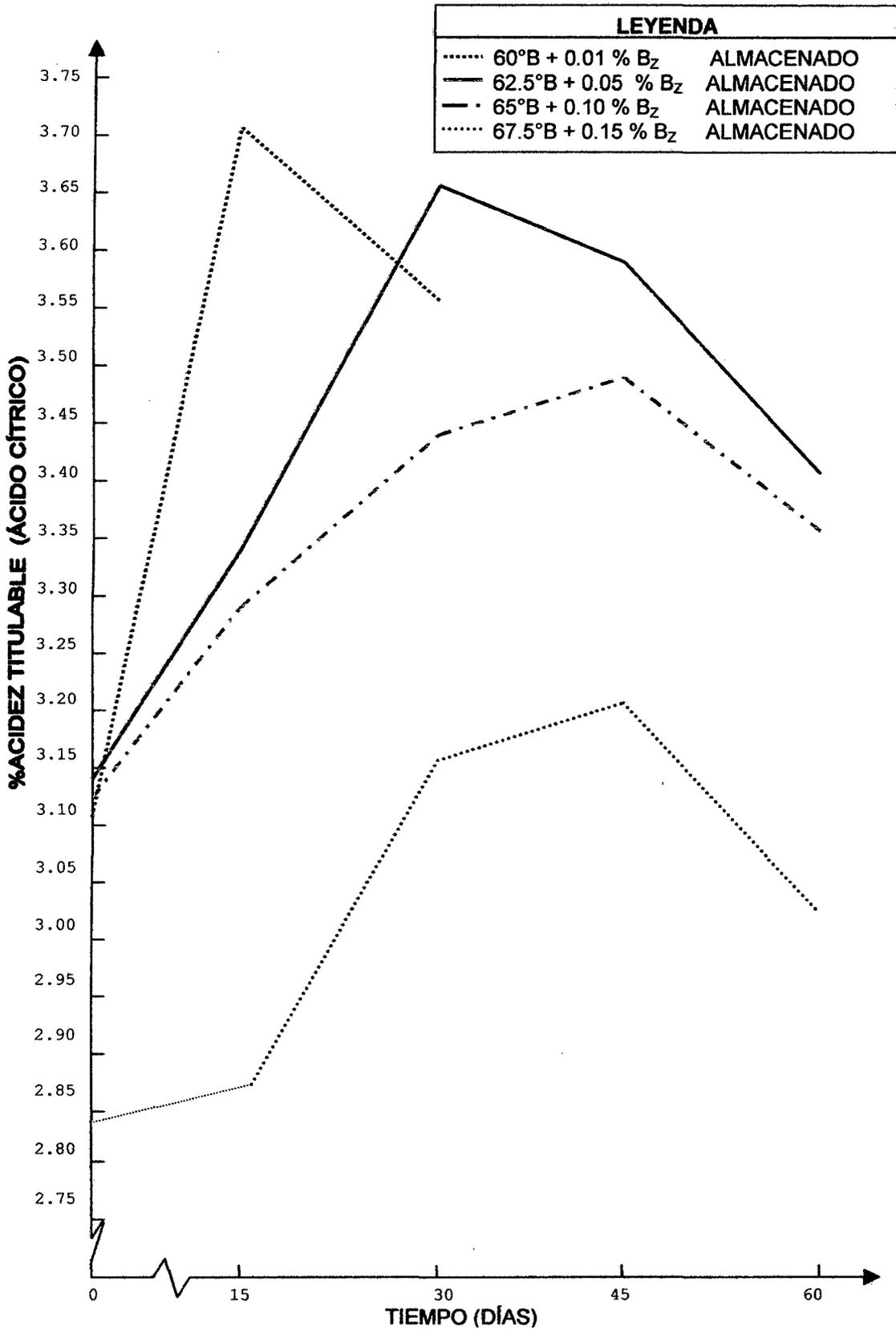


FIGURA N° 12.1: Relación de la acidez titulable del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

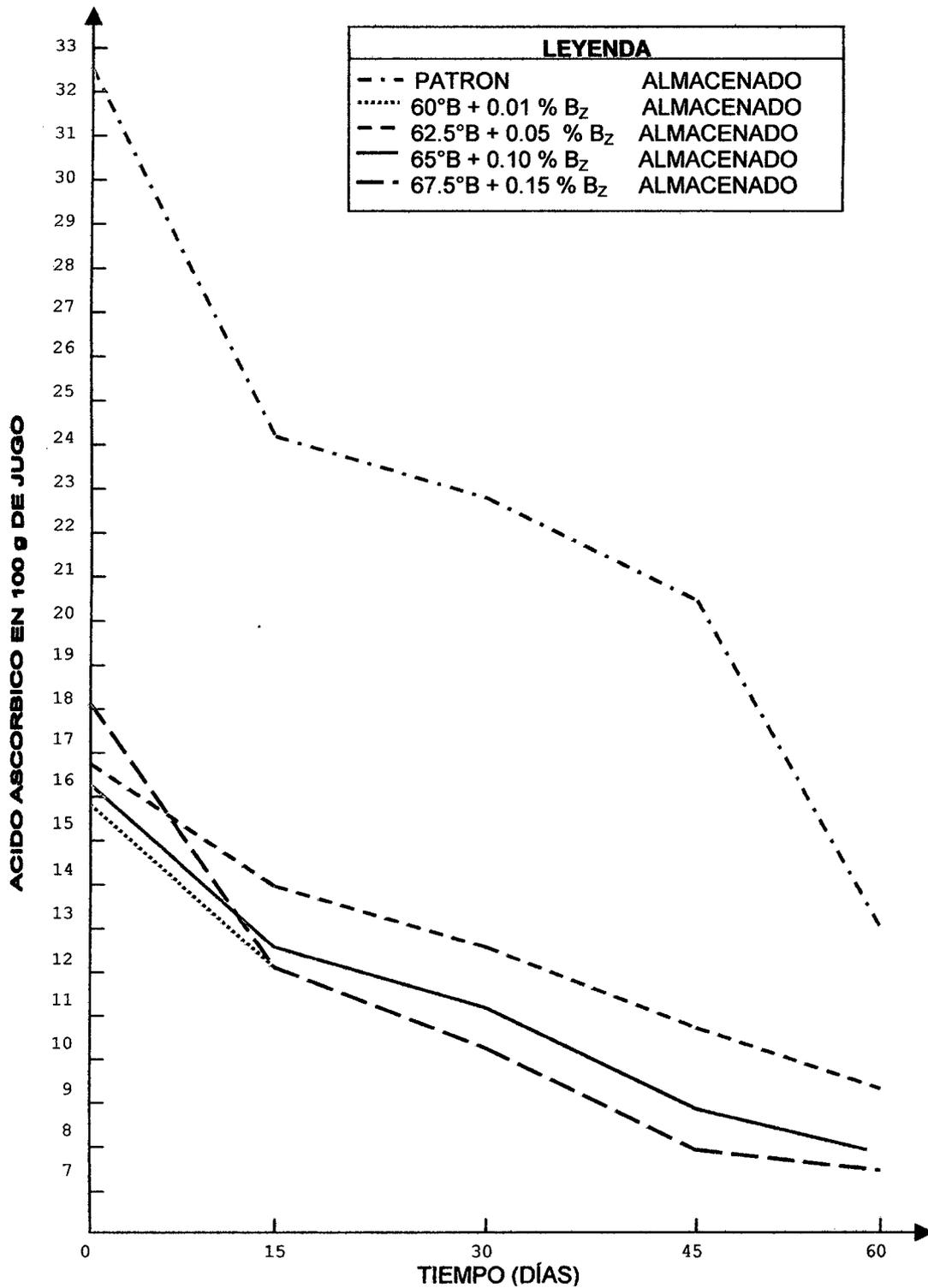


FIGURA N° 13:

Relación de vitamina C del jugo de limón base en función del tiempo de almacenamiento

CUADRO N° 30: % de vitamina C hallado en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en %)

DETERMINACIÓN DEL % DE VIT. C DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	PATRÓN T° AMB.	60°B+0.01%B _Z T° AMB.	62.5°B+0.05%B _Z T° 5°C	65°B+0.10%B _Z T° 12°C	67.5°B+0.15%B _Z T° AMB.
0 DÍAS	100.0	48.15	51.86	51.11	54.80
15 DÍAS	74.08	39.26	42.97	38.53	37.03
30 DÍAS	69.64	FERMENTADO	37.03	36.29	29.64
45 DÍAS	61.49	FERMENTADO	32.58	33.35	23.69
60 DÍAS	38.53	FERMENTADO	30.38	32.58	22.22

* En base a 32.625mg % determinados en el jugo de limón recién extraído

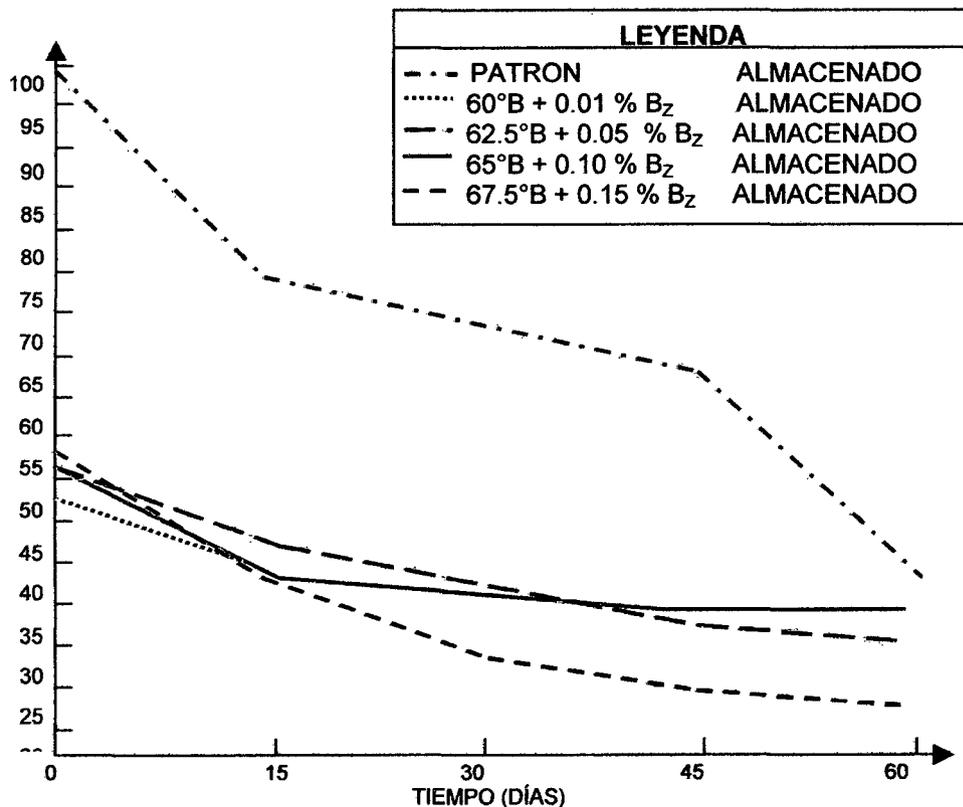


FIGURA N° 14: % de vitamina C determinado en las muestras de jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento

CUADRO N° 31: % de pérdida de vitamina C en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento (en %)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS				
	% DE PÉRDIDA DE VITAMINA C				
	PATRÓN T° AMB.	60°B+0.01%B _Z T° AMB.	62.5°B+0.05%B _Z T° 5°C	65°B+0.10%B _Z T° 12°C	67.5°B+0.15%B _Z T° AMB.
0 DÍAS	0	51.86	48.14	1.450	45.2
15 DÍAS	25.92	60.74	57.03	1.450	62.97
30 DÍAS	30.36	FERMENTADO	62.97	1.450	70.36
45 DÍAS	38.51	FERMENTADO	67.42	1.450	76.31
60 DÍAS	61.47	FERMENTADO	69.62	1.450	77.78

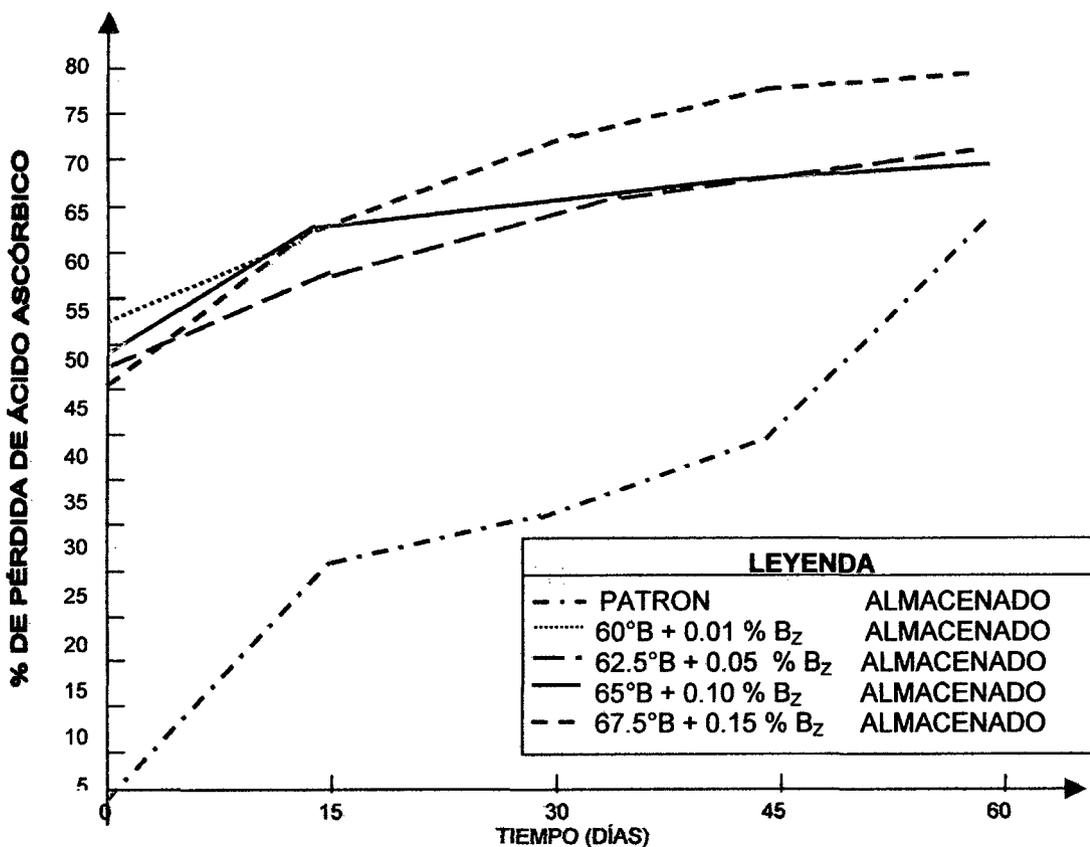


FIGURA N° 15: % de pérdida de vitamina C en el jugo del limón base durante el tiempo de almacenamiento (en %)

6) ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico del presente estudio, se orientó sólo a la determinación de hongos y levaduras; así en el cuadro N° 32, se muestra el contenido de éstos (determinados en ufc/ml) en las muestras en estudio durante el tiempo de almacenamiento. Cabe destacar que estas determinaciones sólo se realizaron al inicio del estudio (0 días) y al final (60 días) para establecer el efecto de los tratamientos en la incidencia de estos microorganismos.

Se observa, que para la muestra Patrón a los cero días contaba con una cantidad inicial de levaduras de 4.3×10^3 ufc/ml, sufriendo un incremento bastante considerable al final del estudio el cual fue de 4.3×10^4 ufc/ml. La determinación de hongos fue negativa en ambas fechas. En la muestra B sólo se encontraron levaduras, al inicio del estudio se tenía 1.5×10^4 ufc/ml para luego bajar a 4.6×10^2 ufc/ml. En la muestra C las levaduras inicialmente estuvieron en un orden de 1.1×10^4 ufc/ml para decrecer hasta 2.5×10^2 ufc/ml (representando sólo 2.27%; y para la muestra D se tenía 3.8×10^3 ufc/ml y al final 1×10^2 ufc/ml.

Comparativamente, se observa, que mientras en el Patrón durante el tiempo de almacenamiento se registró un incremento del orden del 93% de la cantidad de levaduras, en todas las muestras concentradas (a excepción de la muestra A que no se determinó por el proceso de fermentación) se registró una marcada disminución, siendo la muestra C la que mostró un mejor efecto conservador dado que el % final era del 2.27% contra 3.06% y 2.63% de las muestras B y D respectivamente al finalizar la experimentación (Ver Figuras N° 16 y 16.1). Aquí se manifiesta claramente lo que se mencionó anteriormente respecto al conservante utilizando; Benzoato de sodio, su mejor efecto conservador se muestra a niveles superiores, en este caso al 0.10%.

Las cantidades elevadas que se presentaron al inicio en todas las muestras estudiadas, se debe posiblemente a la carga microbiana inicial que todo producto alimenticio lleva consigo, a pesar que se observaron estrictas medidas de higiene durante todo el proceso de elaboración.

CUADRO N° 32: Contenido de mohos y levaduras en el jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento

ANÁLISIS DE MOHOS Y LEVADURAS DÍAS DE ALMACENAMIENTO	MUESTRAS ALMACENADAS									
	PATRÓN T° AMB.		60° B + 0.01% Bz T° AMB.		62.5° B + 0.05% Bz T° 5° C		65° B + 0.10% Bz T° 12° C		67.5° B + 0.15% Bz T° AMB.	
	Mohos	Levaduras	Mohos	Levaduras	Mohos	Levaduras	Mohos	Levaduras	Mohos	Levaduras
0 Días	Ausente	4.3x 10 ³ Ufc	Ausente	4.3 x 10 ³	Ausente	1.5 x 10 ⁴	Ausente	1.1 x 10 ⁴	Ausente	3.8 x 10 ³
30 Días	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
60 Días	Ausente	40 x 10 ⁴	Ausente	Ausente	Ausente	4.6 x 10 ²	Ausente	2.5 x 10 ²	Ausente	1.0 x 10 ²

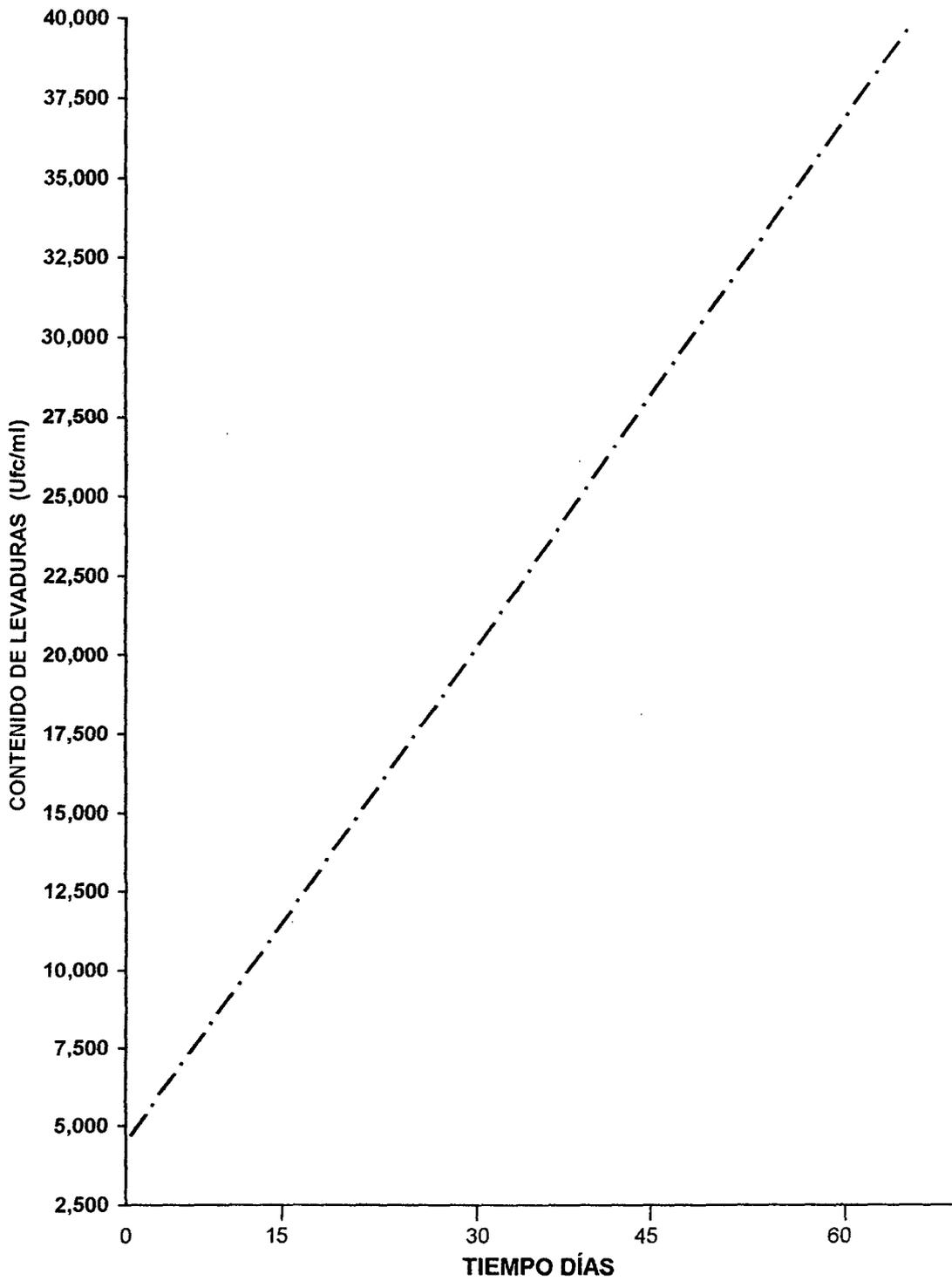


FIGURA N° 16: Contenido de levaduras en la muestra patrón del jugo de limón durante el tiempo de almacenamiento.

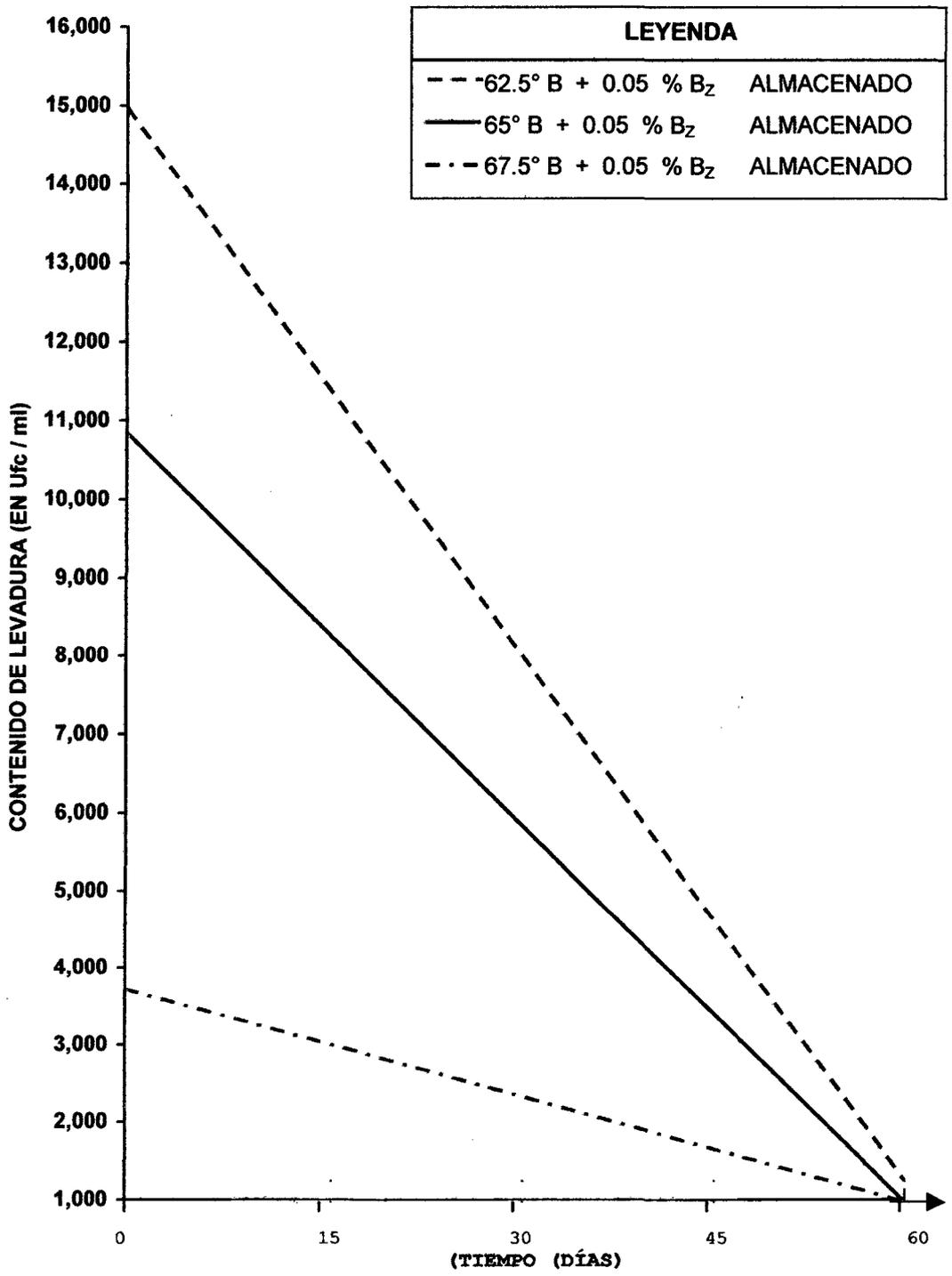


FIGURA N° 16.1: Contenido de levaduras en las muestras del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento.

7) EVALUACIÓN SENSORIAL

Esto sumó 8 evaluaciones sensoriales realizadas en las muestras, a excepción de la de 60° Brix que sólo reunió 5 evaluaciones debido al proceso de fermentación que se presentan, lo cual hizo que se quedara fuera de la evaluación.

Estas diluciones fueron realizadas para determinar cual era la mejor proporción de dilución con agua y luego poder comparar entre cada muestra de diferente concentración.

Para todas las muestras concentradas, salvo pequeñas diferencias en la calificación de algunos de los atributos, fue la dilución 1:3 la que presentaba mejor aceptabilidad general, y por tanto fue la dilución una de las otras que nos serviría para comparar, posteriormente cada muestra.

Cabe destacar que a partir de la muestra de 65° Brix las otras dos diluciones le siguen muy de cerca a la dilución 1:3 y esto es lógico, desde que estas muestras tienen un mayor grado de concentración.

También se debe mencionar que además de los puntajes asignados para cada atributo por los panelistas, también se incluyeron las observaciones, en los cuales ponían opiniones que ellos pensaban no se reflejaban con sólo asignar un puntaje a cada atributo, dado esto fue la muestra de 67.5° Brix la que mayores observaciones ha tenido, como por ejemplo, que la dilución 1:7 es un poco amarga, muy diluida, sabor a producto químico, desabrido, insípido, desagradable, entre otras calificaciones.

Una vez determinadas la dilución ganadora para cada muestra de jugo de limón base concentrado, se procedió a graficar el Perfil del sabor entre muestras de diferentes concentraciones, incluido el patrón, para evaluar cual de ellas según los panelistas era la que se conservaba mejor (en comparación con un patrón inicial, evaluado a 0 días de experimentación), (ver cuadro N° 33) y por ende la de mayor aceptabilidad general.

Para observar la variación que ha podido ocurrir durante el tiempo de almacenamiento se procedió de la siguiente manera:

1° Perfil del sabor....., a 5 días de almacenamiento.

2° Perfil del sabor....., a 30 días de almacenamiento.

3° Perfil del sabor....., a 60 días de almacenamiento.

Que vendría a ser al inicio, a la mitad y al final del tiempo de almacenamiento previsto.

De los resultados promedios obtenidos en estos días para las muestras B (62.5° Brix a T° 5° C), o (65° Brix a T° 12°C) y D (67.5° B a T° ambiente), ver cuadro N° 34 se confeccionaron los Perfiles del sabor respectivos.

En la Figura N° 17 se observa el perfil del sabor de la evaluación sensorial de las 3 muestras de jugo de limón base a los 5 días de almacenamiento. Se evaluó el aroma, dulzor, acidez, color y aceptabilidad general de los concentrados de 62.5° Brix, 65° Brix y 67.5° Brix

También se compararon las muestras con un patrón evaluado a 0 días para ver el efecto conservador de los tratamientos aplicados y en que medida las muestras diferían de éste.

Se aprecia que el perfil del sabor del patrón supera significativamente a las demás muestras en todos los atributos calificados.

La muestra C presenta la misma tendencia que el patrón y sólo en el aroma hay una gran variación. Pero al comparar ésta con las 2 muestras restantes, es la muestra C la que supera a la B y D.

En la acidez y color el producto B es ligeramente inferior al D, en el resto de atributos es superior y más aún, en la aceptabilidad general.

De los 3 productos concentrados es la muestra C el que supera al resto, pero siempre fue inferior al patrón.

En la Figura N° 18 se muestra el perfil del sabor de la segunda evaluación sensorial a 30 días de almacenamiento. Los perfiles de los 3 productos siguen la misma tendencia que los obtenidos en la primera evaluación.

Para la muestra C (65° Brix) aumenta el puntaje asignado al aroma (en comparación con el primero) en el resto de atributos sufre una ligera variación. A pesar de esto, es superior a las otras muestras y más aún si se habla de la aceptabilidad general.

Le sigue muy cerca el producto B que en este caso aumenta en aroma y acidez pero disminuye marcadamente en aceptabilidad general, llegando a ser inclusive menor que el producto D. En este caso el producto D sigue siendo inferior que los demás.

También se ha incluido el perfil del sabor del patrón almacenado; no estando ya en las condiciones iniciales en la cual mostraba ser el mejor producto en comparación con el resto. Cabe resaltar que el patrón fue almacenado a T° ambiente sin adición de azúcar ni benzoato de sodio. Es por esto que ha sufrido una variación significativa, llegando a ser un producto inferior a los que se encuentran en estudio. Con esto se demuestra la rápida degradación que sufre este producto al no aplicarle un tratamiento conservador.

En la Figura N° 19 se aprecia el perfil del sabor de la tercera evaluación sensorial a los 60 días de almacenamiento.

Se observa que los tres perfiles son similares en cuanto a composición, pues el aroma, dulzor, acidez, color y aceptabilidad general registran el mismo comportamiento. Tal como se observa en el anexo 02.

Con relación al dulzor, la muestra D es ligeramente superior a la muestra B y C.

La muestra B (62.5° Brix) es inferior a las otras y sólo en aceptabilidad general es superior a la muestra D.

Nuevamente se aprecia que en esta última evaluación la muestra C es superior al resto aunque tiene una ligera disminución en el dulzor. Los puntajes asignados a los atributos de la muestra D para el dulzor y acidez son superiores en comparación con la segunda evaluación pero inferiores para aroma, color y aceptabilidad general.

La muestra patrón ha incrementado su aroma, dulzor, acidez y color; pero la aceptabilidad general es la mínima registrada en el estudio (0.55). Este incremento en la calificación de los atributos puede deberse a que como ya el producto está en descomposición hace que los panelistas registren un mayor puntaje, debido a que un producto en tales condiciones tiende a hacer más fuerte sus cualidades, pero es un producto inaceptable.

Analizando las Figuras N° 17, 18 y 19 de los perfiles del sabor se puede decir, que la muestra que mejor sea mantenido o conservado es la de 65° + Brix 0.10% de Benzoato de Sodio almacenada a 12°C (Muestra C), que es la temperatura óptima de conservado del limón como fruto.

CUADRO N° 33: Evaluación sensorial a los 0 días de almacenamiento de la muestra patrón

MUESTRA CARACTERÍSTICAS	PATRÓN T° AMBIENTE					
	PANELISTA 1	PANELISTA 2	PANELISTA 3	PANELISTA 4	TOTAL	PROMEDIO \bar{X}
AROMA: DIL. 1 : 9	9.2	9.5	10.0	9.1	37.8	9.45
DULZOR: DIL 1 : 9	10.0	9.5	8.9	9.8	38.2	9.55
ACIDEZ: DIL 1 : 9	9.8	9.5	9.3	9.2	37.8	9.45
COLOR: DIL 1 : 9	9.5	9.2	9.4	9.0	37.1	9.3
ACEPTABILIDAD GENERAL: DIL 1 : 9	10.0	9.7	9.5	9.6	38.8	9.7

CUADRO N° 34: Resultados promedios de las evaluaciones sensoriales del jugo de limón base durante el tiempo de almacenamiento

MUESTRAS CARACTERÍSTICAS.	1ra. EVALUACIÓN (A 5 DÍAS DE ALMAC.)				2da. EVALUACIÓN (A 30 DÍAS DE ALMAC.)				3ra. EVALUACIÓN (A 60 DÍAS DE ALMAC.)			
	B 62.5° B T° 5° C DIL: 1:3	C 65° B T° 12°C DIL: 1:3	D 67.5° B T° AMB. DIL: 1:3	PATRON T° AMB A 0 DIAS DIL: 1:9	B 62.5° B T° 5° C DIL 1:3	C 65.5° B T° 5° C DIL 1:3	D 76.5° B T° AMB. DIL 1:3	PATRON T° AMB DIL 1:3	B 62.5° B T° 5° C DIL 1:3	C 65° B T° 12° C DIL 1:3	D 67.5° B T° AMB DIL 1:3	PATRON T° AMB DIL 1:9
AROMA	2.35	3.775	1.625	9.45	6.775	7.075	5.575	3.45	5.575	6.4	3.525	5.475
DULZOR	6.875	7.975	6.8	9.55	6.175	6.925	5.375	1.225	6.55	7.95	8.275	2.075
ACIDEZ	5.475	7.35	6.0	9.45	6.275	7.05	3.35	2.875	5.225	5.725	5.6	4.175
COLOR	5.6	6.7	5.675	9.2	3.675	4.375	3.675	1.325	2.875	3.425	3.4	2.875
A. GENERAL	6.275	8.075	4.025	9.7	3.5	7.775	5.725	1.025	5.325	8.3	3.95	0.55

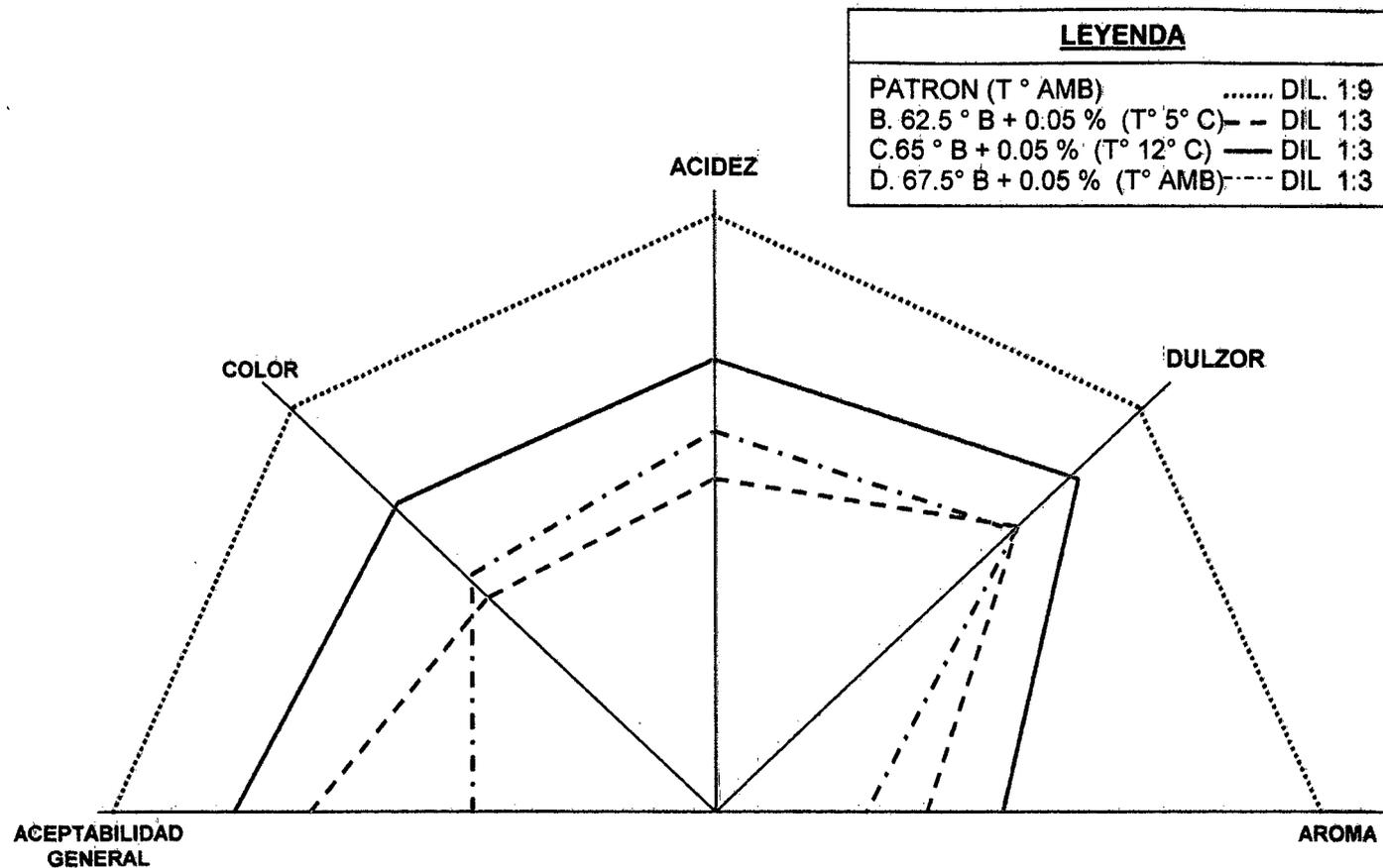


FIGURA N° 17: Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 15 días de almacenamiento

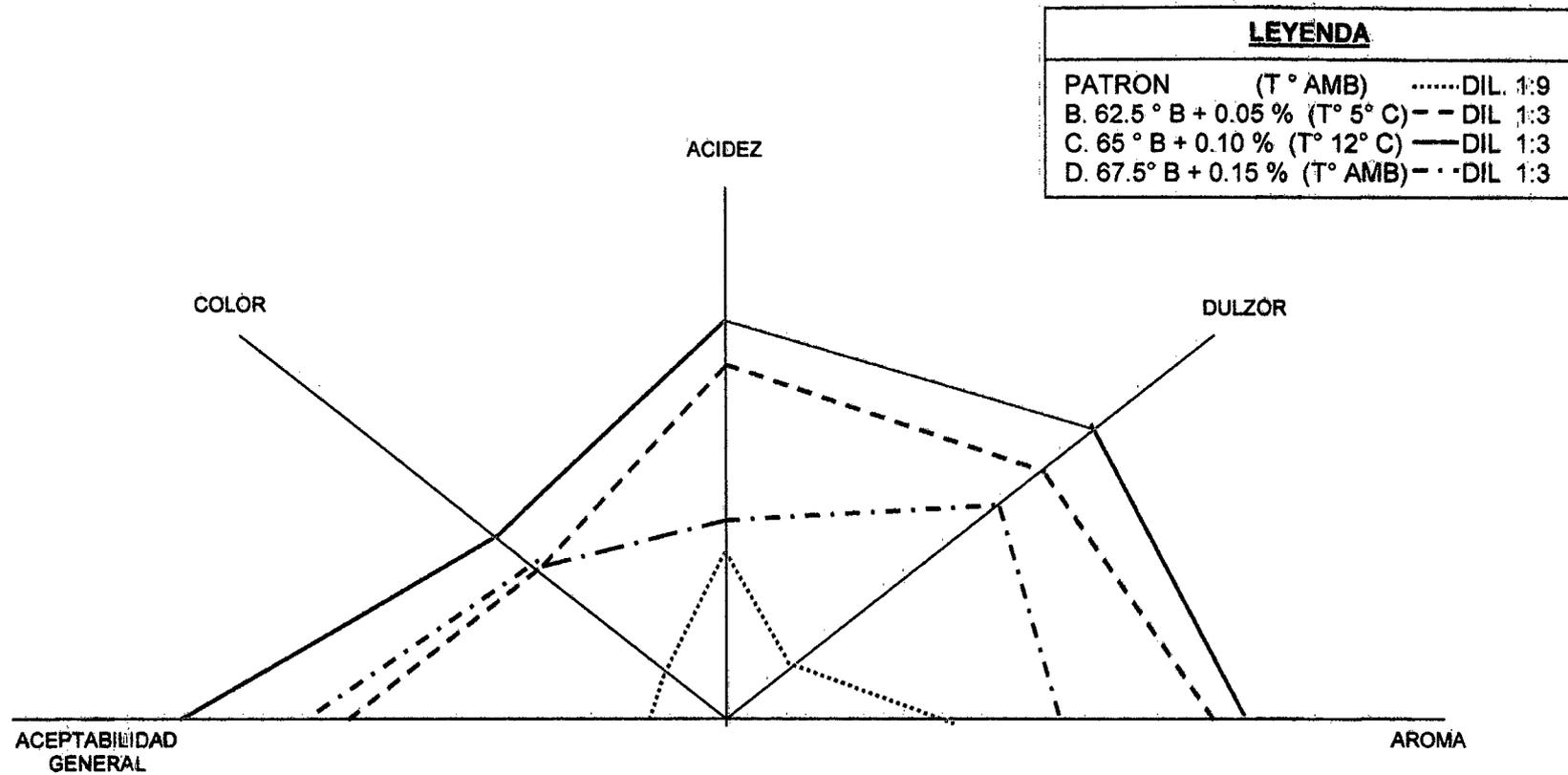


FIGURA N° 18: Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 30 días de Almacenamiento.

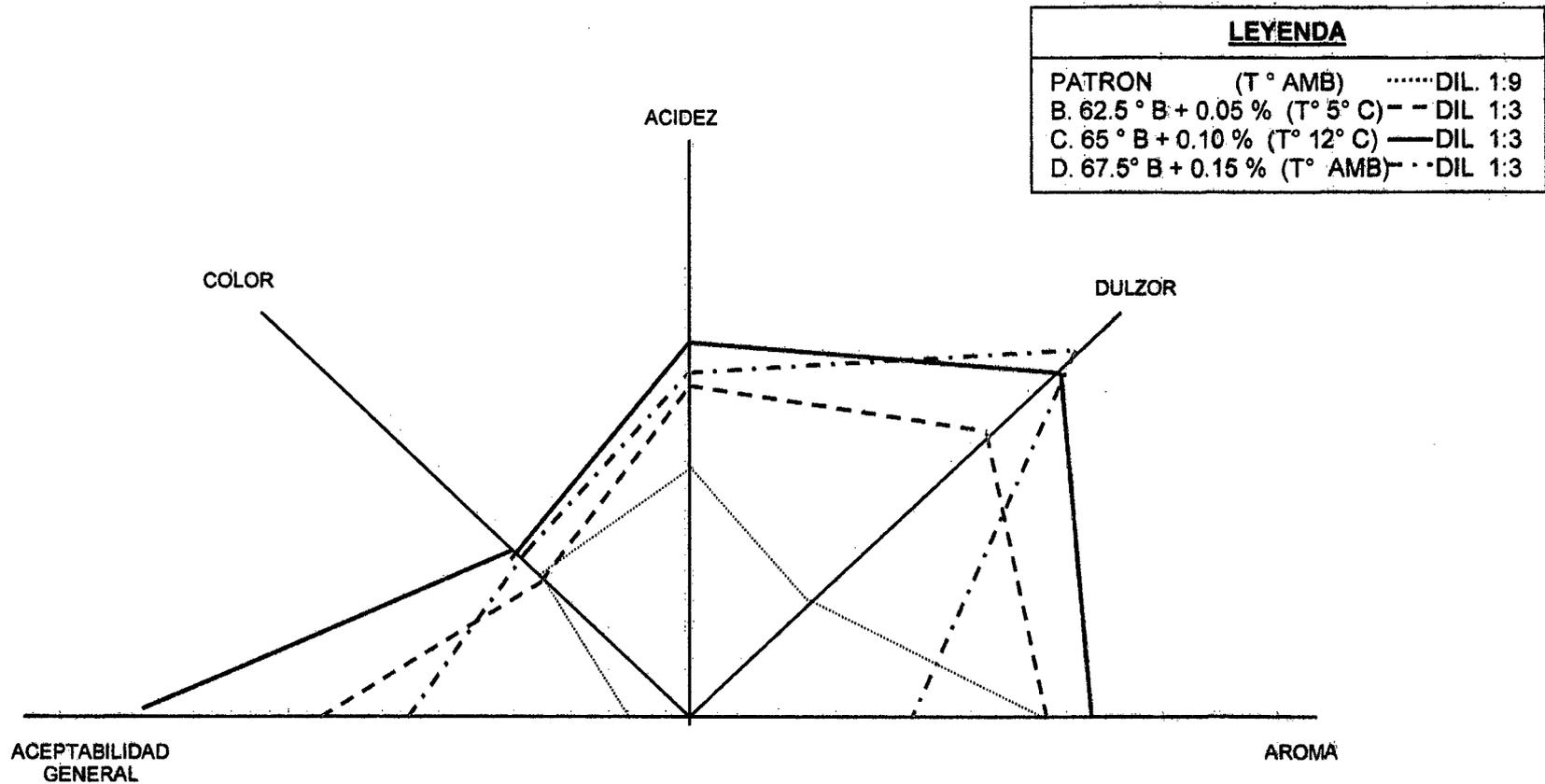


FIGURA N° 19: Perfil del sabor de la evaluación sensorial del jugo de limón base a 60 días del almacenamiento

5.3. FLUJOGRAMA FINAL DEL PRODUCTO TERMINADO

El flujograma definitivo de procesamiento del jugo de limón sutil se aprecia en la figura N° 20.

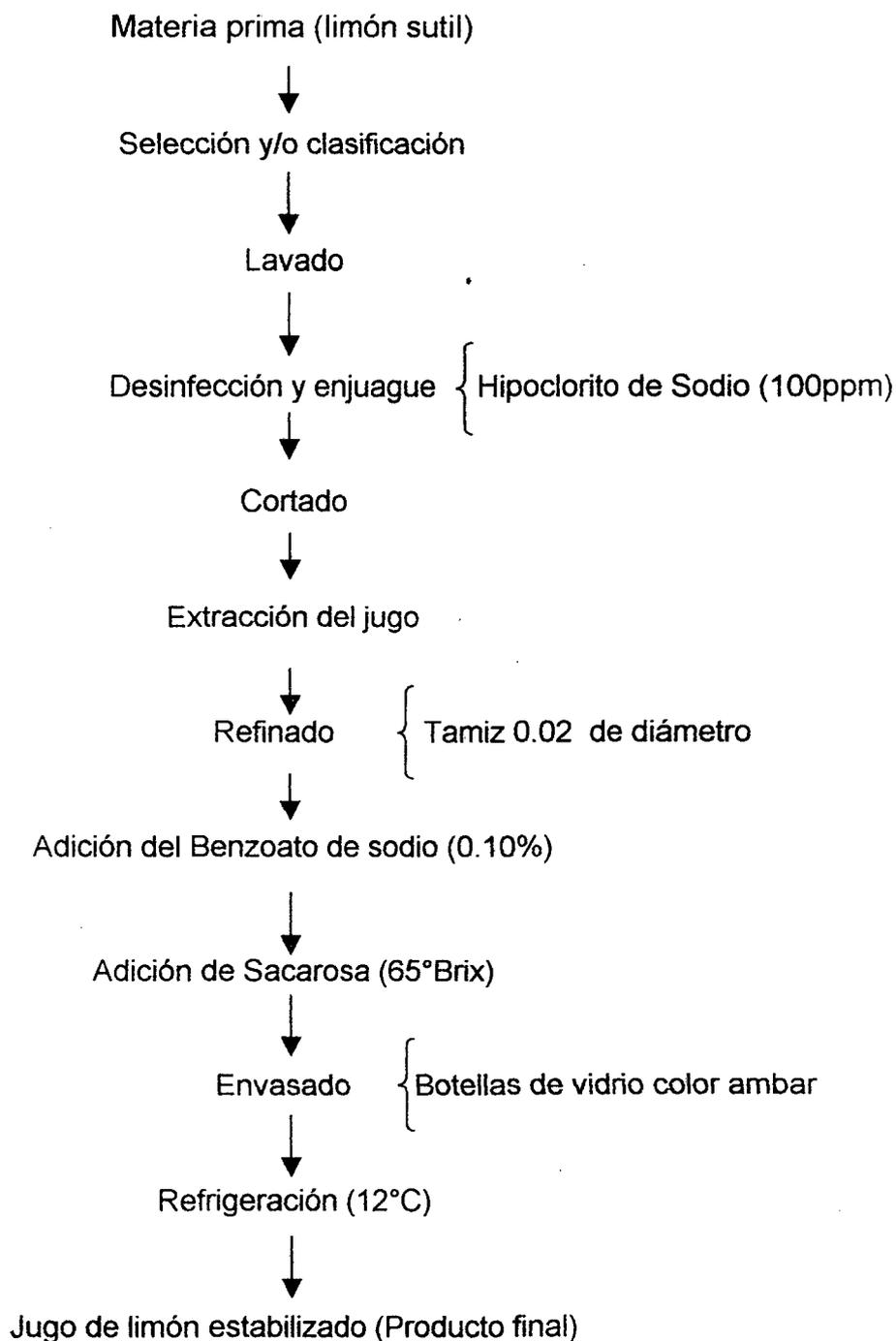


FIGURA N° 20: Flujograma Final del Ensayo de estabilidad del Jugo de Limón

En la figura N° 20, se muestra el diagrama de flujo definitivo del ensayo de estabilidad del jugo de limón investigado, siendo las operaciones unitarias: Selección y clasificación, este proceso se realizó con mucho cuidado y en forma manual, pasando luego al lavado del limón, con agua potable para la eliminación de impurezas que afectarían la calidad final del producto obtenido. Después de la operación del lavado se hizo una desinfección con hipoclorito de sodio a 100 ppm., para reducir más aún la carga microbiana.

En seguida se hizo un cortado y se extrajo el jugo de limón en un extractor manual de jugos, al cual se lo refinó para eliminar partículas groseras del jugo utilizando un tamiz de 0.02 pulg. de diámetro, ya que si no se eliminara esto afectaría el sabor del producto por los alvéolos presentes que contienen la limonena. Después de un tiempo de almacenamiento de dos meses los análisis sensoriales como físico químico reportaron que el agregado de Benzoato de Sodio al 0.10%, dió como mejor resultado como conservante, para estabilizar las cualidades del jugo de limón.

Asimismo el agregado de sacarosa al 65°Brix es el que presentó mejores cualidades en los análisis sensoriales del jugo estudiado. El producto obtenido con agregado con Benzoato de Sodio y Sacarosa en las concentraciones óptimas elegidas, se envasó y se sometió a diferentes temperaturas de almacenamiento a 12°C siendo éstos parámetros los más indicados para estabilizar las cualidades sensoriales del jugo de limón sutil.

VI. CONCLUSIONES

1. Es posible concentrar jugo de limón sutil sin la aplicación de calor, con sólo la adición de azúcar para reducir la a_w a un nivel no menor de 65° Brix, almacenarlo a T° de refrigeración de 12°C y prolongar las cualidades del producto inicial, con la ayuda de un conservante químico, benzoato de sodio en concentración no mayor de 0.10%, donde las características sensoriales y contenido vitamínico del zumo concentrado de limón sutil no experimenta cambios importantes durante el tiempo de almacenamiento.
2. El pH se mantiene constante, aunque la acidez en un periodo inicial tiende a subir ambos valores, a la acción conservadora del benzoato de sodio permiten la conservación del producto, disminuyendo la carga microbiana a niveles muy inferiores de los iniciales.
3. La temperatura de almacenamiento influye decisivamente sobre la evaluación de las características organolépticas del jugo de limón almacenado.
4. La presencia de pulpa en el jugo de limón sutil por falta de un filtrado adecuado ocasiona el desarrollo de sabores extraños.
5. La concentración óptima de jugo de limón sutil tiene buen espectro para reconstituirse.
6. La cantidad de mohos en todo el tiempo de almacenamiento fue ausente y las levaduras experimentan una disminución conforme va aumentando el tiempo de almacenamiento por efecto de los conservantes utilizados.
7. El panel de degustación permitió determinar los cambios de sabor ocasionados por los aditivos y la uniformidad del producto durante el almacenaje; por ende la aceptación de estos productos por los panelistas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar un extractor con tornillo sin fin de acero inoxidable, con malla incorporada, la cual permite que sólo pase el jugo.
2. Realizar un proceso de escaldado rápido con vapor para evitar el deterioro y oxidación de la vitamina C, y también para quitar el sabor amargo del producto antes de la adición del benzoato de sodio.
3. Controlar la estabilidad de la acidez del producto durante el almacenamiento. Cuando la acidez en las muestras empieza a bajar disminuye la calidad del producto, se recomienda controlar éste parámetro para mantener por más tiempo el producto.
4. Para evitar la gelificación de concentrados de jugo antes del agregado del Benzoato de Sodio y Sacarosa se debe despectinizar o eliminar las pectinas mediante enzimas pécticas (Pectinesterasas).
5. Para evitar la oxidación de la vitamina C, cuando se procesan alimentos que la contienen, deben observarse las siguientes precauciones. Debe inactivarse la enzima ascorbinasa, puede lograrse mediante un adecuado escaldado de dichos alimentos. El escaldado con vapor es preferible al escaldado con agua caliente, ya que la vitamina C se pierde en grandes cantidades debido a su extracción en un gran volumen de agua. Debe excluirse la presencia de oxígeno tanto como sea posible durante la preparación y el procesado de los productos alimenticios. En algunos casos puede emplearse antioxidantes para evitar la oxidación.
6. Incentivar la formación de jueces entrenados para los análisis sensoriales de los productos agroindustriales.
7. Dado que la sacarosa en alimentos ácidos se hidroliza progresivamente en glucosa y fructosa, lo cual produce un pardeamiento no enzimático, es necesario realizar análisis de azúcares reductores para determinar la calidad del producto.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. BECERRA DE LA FLOR, J. (1998). "El Análisis de Madurez y la coloración artificial de las Frutas Cítricas". Tesis UNA La Molina.
2. BRAVERMAN, J.B. (1998). "Citrus Products; Chemical composition and Chemical Tecnology". New York Intercience.
3. CALZADA, B.J. (1992). "Métodos Estadísticos para la Investigación". Lima. FM. Milagros S.A.
4. CARRILLO, E. (1993). "Cómo hacer la Tesis y el Trabajo de Investigación Universitario". Lima. 6ta. Edición Ed. Horizonte.
5. C.I.P.I. (1986). "Conservación de Alimentos". Universidad de Lima. Lima -Perú.
6. COSTELL Y DURAN. (1991). "El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos". España. Vol. 21. N° 1. Marzo.
7. CRUZ, (1997). "Estudio sobre Industrialización de Cítricos". Tesis. UNA. La Molina.
8. CHEFTEL - CHEFTEL, (1998). "Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos". Vol. 1 y II. España. Ed. Acribia.
9. CHOU, LUN Y.L. (1997). "Análisis Estadístico". 2da. Edición. México. Ed. Interamericano.
10. DESROSIER, N. (1995). "Conservación de Alimentos". México. Ed. Continental.
11. F.A.O. (1991). "Manual de Control de Calidad". Santiago Chile.

12. FOPEX (2002). "Anteproyecto para Instalar una Planta de Pectinas Semielaborada de Desechos de Limón". Lima.
13. FRANCIOSI, R. (1996). "El Cultivo de los Cítricos en el Perú". Lima. Edición FOPEX.
14. HARPER, HA. (1992). "Manual de Química Fisiológica". 7ma. Edición. México. Ed. Manual Moderno.
15. HART, F.L. FISHER, H.J. (1998). "Análisis Moderno de los Alimentos". Ed. Acribia - España.
16. HERRERA, R.J. (1998). "Envasado de algunas Frutas Tropicales". UNA. Perú.
17. HONING, P. (2001). "Principios de Tecnología Azucarera". Tomo I, II y III. México. Ed. CECOSA.
18. I.F.T. (Institute of Food Technologists) (1992). "Sensory Evaluation Guide for Testing Food and beverage products". In Food Technology - Nov. 1981.
19. ITINTEC (1995). "Normas Técnicas para Frutas: Limón Sutil, 011.006". Lima.
20. JAY, J.M. (1994). "Microbiología Moderna de los Alimentos". España. Ed. Acribia.
21. JURAN, J.M. (1983). "Manual de Control de Calidad". España. 2da. Edición. Ed. Reverte, S.A..
22. KRAMER, A. y TWIGG, B.A. (1990). "Quality control for the food industry". Vol. 1. 3ra. edición. AVI. Publishing. Co. U.S.A.
23. LEES, R. (1999). "Manual de Análisis de Alimentos". España. Ed. Acribia.

24. LONCIN, M.; LARRI, M.R. (1997). "Food Engineering Principles and Selected Applications". Paris. Ed. Academic Press.
25. MARTINEZ, F.J. (1993). "Cultivo del Naranja, Limonero y otros agrios". 5ta. Edición. España. Editorial. Sintesis.
26. MENDEZ, U.C. (1992). "Ensayos de Deshidratación por Rociada del Jugo de Limón Sutil". Tesis UNA - La Molina.
27. MORIN, L.CH. (1991). "La Citricultura en la Costa del Perú". Ministerio de Agricultura. Lima.
28. MOSSEL, D.A. Y QUEVEADC. F. (1997). "Control Microbiológico de los Alimentos. Métodos recomendados". Fac. De Farmacia y Bioquímica de la UNMSM. Lima - Perú.
29. NAVARRO, J.L.; LA FUENTE, B. Y CDL. (1981). "Influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la pérdida de calidad del zumo concentrado de naranja. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos". España. Vol. 21. N^o 4. Dic. p.505-513.
30. NÚÑEZ, S.C. (1996). "Introducción al estudio de la calidad y características de los Alimentos". Perú.
31. OLAZABAL, B.N. (1992). "Producción y Comercialización de Limón Sutil (*Citrus aurantifolia*)". Tesis UNA - La Molina.
32. PEARSON, D. (1976). "Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos". España. Ed. Acribia.
33. PRIMO, Y.E. (1997). "Química Agrícola III. Alimentos". España. Ed. Alhambra. S.A.

34. RANGANA, (1993). "Manual of analysis of fruit and vegetable products". New Delhi. Ed. Mc Graw - Hill.
35. SILVIS, H. (1976). "Almacenamiento en Frío de Limón Sutil". Instituto de Investigaciones Agroindustriales. Lima.
36. SINTES, P.J. (1994). "Virtudes Curativas del Limón". 3ra. Edición. España. Ed. Sinte.
37. STONE Y COL. (1994). "Sensory Evaluation by Cuantitative Descriptive Analysis. In Food Technology U.S.A".
38. TERLEIRA G., E. (1995). Manual de Prácticas "Análisis de los Alimentos". Tarapoto – Perú.
39. THATCHER, F.S. (1989). "Análisis Microbiológico de los Alimentos". España. Ed. Acribia.
40. TORRES, C.A. (1996). "Estudio sobre Industrialización de Jugos enlatados de Cítricos en el Perú". Tesis UNA. La Molina.
41. VARGAS Y VILLALOBOS. (1998). "Ensayos de Producción de Cordial de Limón en Tecnología". Colombia.
42. WITTING, P.E. (1991). "Evaluación Sensorial, una Metodica que mide Calidad. Rey". Alimentos Ciencia, Tecnología, Industria. Chile. Vol. 1 N° 1. p.25-31.

ANEXOS

ANEXO 01

FICHA

Cuestionario para evaluación del grado de satisfacción por medio de escala hedónica

Nombre _____ Fecha: _____

Producto Limonada

Pruebe las muestras de limonada que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas.

Marque con una X el renglón que corresponda a la certificación para cada muestra:

MUESTRAS

ESCALA	375	807	094	477
Me gusta mucho	----	----	----	----
Me gusta ligeramente	----	----	----	----
Ni me gusta ni me disgusta	----	----	----	----
Me disgusta ligeramente	----	----	----	----
Me disgusta mucho	----	----	----	----

Comentarios: _____

GRACIAS

ANEXO 02

TARJETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____
Edad: _____
Fecha: _____

Proyecto: _____ TESIS
Sexo: _____
Prueba N° _____
Perfil del
Sabor

PRODUCTO: _____

Por favor, califique el aroma, dulzor, acidez, color, aceptabilidad general de las muestras, colocando un aspa en la línea horizontal, en el punto que a su criterio describa mejor esa propiedad.

1) Aroma: |-----|
Sin aroma a limón |-----| Muy aromatizado a limón

2) Dulzor: |-----|
Sin dulce |-----| Excesivamente Dulce

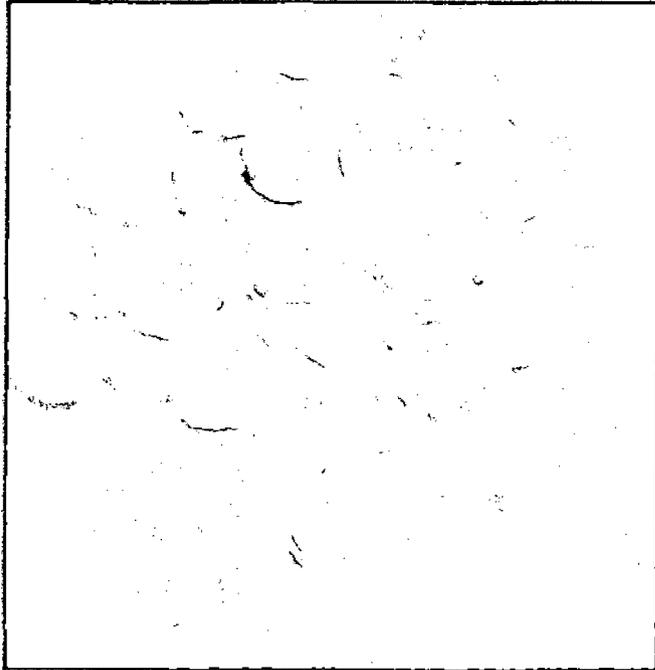
3) Acidez: |-----|
Ausencia de ácido |-----| Excesivamente ácido

4) Color: |-----|
Sin Color |-----| Limonada fresca

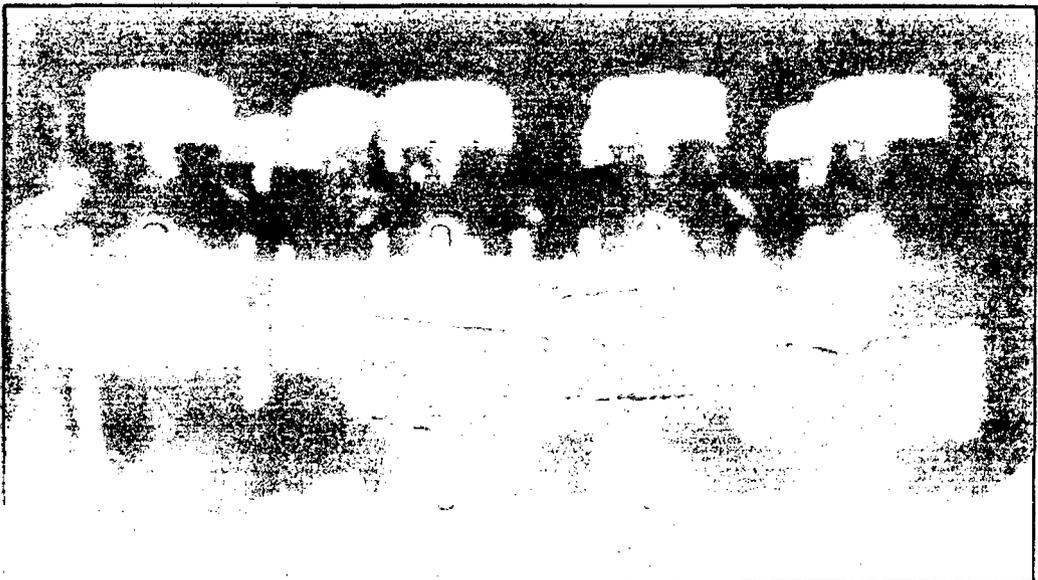
5) Aceptabilidad General : |-----|
Disgusta |-----| Gusta mucho

Observaciones: _____

ANEXO 03



**Frutos de limones (*Citrus aurantifolia*) para ser usados
en la investigación**



**Producto terminado del ensayo de estabilidad
del jugo de limón sutil**