

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA SABORIZADA A PARTIR DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes* H.B.K)**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**JOSÉ LUIS SEGOVIA PAREDES**

jolusepa@hotmail.com

**DIRECTOR: JENNY CUMANDA RUALES NAJERA, Ph.D., Ing.**

jenny.ruales@epn.edu.ec

**Quito, enero 2015**

© Escuela Politécnica Nacional (2015)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, JOSÉ LUIS SEGOVIA PAREDES, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

José Luis Segovia Paredes

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Luis Segovia Paredes, bajo mi supervisión.

---

Jenny Ruales, Ph.D.

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AUSPICIO**

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto de Investigación Semilla No. PIS 13-07 “Valorización de frutas y vegetales no tradicionales con potencialidad comercial y de salud en base a compuestos bioactivos” que se ejecuta en el Departamento de Ciencias en Alimentos y Biotecnología

## AGRADECIMIENTO

Para que la culminación de este proyecto se haya dado con éxito, se necesitó del aporte de muchas personas que mediante este texto quiero dar gracias a quienes me ayudaron y nunca me abandonaron en el camino de mi formación.

En primer lugar a Dios y a la Virgen de Agua Santa, por haberme regalado la vida como el don más preciado, mediante la cual pude desarrollarme como ser humano y como profesional.

Un agradecimiento especial a la Dra. Jenny Ruales por el aporte científico y personal en la realización de esta investigación. Es un verdadero placer trabajar junto a usted y siempre estaré dispuesto a cooperar en la investigación universitaria.

A mis queridos hermanos. Danilo, Eddy, Imelda, Ángel, Gerardo, Carlos, Jimena y Diego. Gracias por siempre apoyarme y estar a mi lado. Son una alegría de mi vida cada uno de ustedes.

Mi gratitud inmensa a mi querida Imelda, por quererme como a un hijo más. Dios me de licencia para nunca abandonarte hermanita. Y a mi querido hermano Angelito, que ha sido como un padre para mí, siempre serás mi ejemplo y tendrás mi respeto y admiración. Gracias por todo querido hermano. Te quiero muchísimo.

Mi más grande agradecimiento a mi hermano Diego y a mi cuñada Patty, por haberme recibido en su hogar y por el apoyo brindado cada uno de los días en que necesite de ustedes. Los tengo siempre en mi corazón. Gracias Patty por demostrarme que las personas buenas existen. Dios le pague por todo, de seguro hay un lugar en el cielo para usted.

A mis cuñados y mi extenso número de sobrinos que de una u otra forma estuvieron a mi lado. Muchas gracias. En especial a Daysi y a Olguer por ese aporte en mis necesidades. Dios les bendicirá en su vida.

A mis amigos Cristhian, Gonzalo, Raúl, Ruth, Gaby, Alex, Verónica, Maribel y William gracias por tan lindos momentos en nuestra vida de estudiantes y el apoyo para cumplir nuestros objetivos, Los llevo en mi corazón. Y en especial a Luis Rodríguez y German Romo, por su ayuda en este estudio. "Ahí está el chontaduro".

Y por último un agradecimiento especial a Norma Gavilánez y a su querida familia. Usted dio la patadita inicial para empezar a caminar en este proyecto. Mi consideración siempre a ustedes.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar todo mi esfuerzo a las personas que más amo en esta vida, mis hermosos padres. Manuel Filiberto y Noemí Lucrecia, ustedes han sido mi luz, mi guía, mi ejemplo, mi todo. Por ustedes soy la persona que está escribiendo estas letras y quiero dedicarles esta profesión a ustedes. Creo todos sus sueños se llegan a cumplir al ver a todos sus hijos realizados. Les amo padres míos, no saben que orgulloso me siento ser hijo de ustedes y el poder decir por donde voy quien soy y de dónde vengo, todo gracias a ustedes mis queridos viejos. Dios les bendiga papitos y les tenga a mi lado siempre.

Una dedicatoria post mortem a mi hermano Wilson Filiberto, a mis abuelos Francisco, Lucrecia R, Gerardo y Lucrecia C, a mi abuelo de corazón Julio Robalino, por esos bellos momentos en sus días antes de cerrar sus ojos y a mi querida Tomasa Margarita. Todos ustedes bellos seres que cuidan de mi vida y sé que están a mi lado siempre. Los recuerdo siempre mis ángeles.

A la flor más bella que adorna mi vida, mi princesa, por ser mi inspiración y mi alegría. Donde quiera que te encuentres siempre estarás en mi corazón y en mi pensamiento. Te amo.

Y a ese hombre especial que tengo en mi vida como hijo, para que sea este el ejemplo y llegues tan lejos como sea posible en tus estudios, para el orgullo de tu madre y seas quien cuide de ella. Te adoro mi rey.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xviii</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 El chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> H.B.K)	1
1.1.1. Localización	1
1.1.2. Taxonomía	2
1.1.3. Descripción botánica	3
1.1.4. Requerimientos edafológicos y climáticos	4
1.1.5. Usos	5
1.2. Utilización de enzimas como pre tratamientos en pulpas para la elaboración de bebidas	9
1.2.1. Generalidades	9
1.2.2. Composición de las frutas	10
1.2.2.1. Agua	10
1.2.2.2. Materia seca	12
1.2.2.3. Celulosa	13
1.2.2.4. Lignina	13
1.2.2.5. Hemicelulosa	14
1.2.2.6. Pectina	15
1.2.3. Enzimas	16
1.2.3.1. Enzimas en el tratamiento de jugo de frutas	17
1.2.3.1.1. Pectinasas	19
1.2.3.1.2. Poligalacturonasa	20
1.2.3.1.3. Xilanasas	21
1.2.3.1.4. Celulasas	21
1.3. Formulación de bebidas	22
1.3.1. Clasificación de las bebidas	23
1.3.2. Proceso de elaboración y formulación de bebidas de frutas	23
1.3.2.1. Composición	24
1.3.2.2. Proceso	27
1.3.2.3. Estabilidad	29
1.3.2.4. Propiedades sensoriales	31
1.3.3. Riesgos en la formulación de bebidas	31
<b>2 PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>33</b>
2.1. Objetivos	33
2.1.1. Objetivo general	33



2.2.2. Objetivos específicos	33
2.2. Materiales	34
2.2.1. Reactivos	34
2.2.2. Equipos	35
2.3. Caracterización de la fruta y la bebida de chontaduro	36
2.3.1. Origen de la muestra de chontaduro	36
2.3.2. Caracterización de la fruta de chontaduro	36
2.3.2.1. Caracterización física de la fruta de chontaduro	37
2.3.2.2. Caracterización química de la fruta de chontaduro	38
2.3.3. Caracterización de la bebida de chontaduro	41
2.3.3.1. Caracterización física de la bebida de chontaduro	42
2.3.3.2. Caracterización química de la bebida de chontaduro	42
2.4. Obtención de la pulpa de chontaduro	44
2.4.1. Hidrolizado enzimático	45
2.4.2. Despulpado	46
2.5. Formulación de la bebida de chontaduro	48
2.5.1. Análisis sensorial	49
2.6. Estudio de estabilidad de la bebida	50
2.7. Diseño de la planta de producción de la bebida de chontaduro	51
2.8. Estudio de pre-factibilidad financiera	52
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>53</b>
3.1 Caracterización de la fruta y la bebida de chontaduro	53
3.1.1. Obtención de la fruta de chontaduro	53
3.1.2. Caracterización de la fruta de chontaduro	54
3.1.2.1. Caracterización física de la fruta de chontaduro	54
3.1.2.2. Caracterización química de la fruta de chontaduro	56
3.1.3. Caracterización de la bebida de chontaduro	59
3.1.3.1. Caracterización física de la bebida de chontaduro	59
3.1.3.2. Caracterización química de la bebida de chontaduro	59
3.2 Obtención de la pulpa de chontaduro	62
3.2.1. Clasificación de la fruta de chontaduro	62
3.2.2. Lavado de la fruta de chontaduro	63
3.2.3. Cocción de la fruta de chontaduro	63
3.2.4. Pelado de la fruta de chontaduro	64
3.2.5. Desintegración del mesocarpio de la fruta de chontaduro	65
3.2.6. Hidrólisis enzimática	65

3.2.6.1.	Evaluación de sólidos insolubles en suspensión (SIS)	65
3.2.6.1.1.	Hidrólisis con la enzima Celubrix®	66
3.2.6.1.2.	Hidrólisis con la enzima Pectinex®	67
3.2.6.1.3.	Hidrólisis con la enzima Rap Vegetable Juice®	69
3.2.6.2.	Evaluación de sólidos solubles	71
3.2.6.3.	Evaluación reológica	72
3.2.6.4.	Evaluación de $\beta$ -carotenos	73
3.2.7.	Despulpado de la fruta de chontaduro	74
3.3.	Formulación de la bebida de chontaduro	74
3.3.1	Selección de la mejor formulación de bebida	75
3.4.	Estudio de estabilidad de la bebida	82
3.4.1.	Análisis de color	82
3.4.2.	Análisis sensoriales	84
3.4.3.	Análisis microbiológico	97
3.4.4.	Análisis de $\beta$ -carotenos	99
3.4.5.	Estimación de vida útil de la bebida saborizada de chontaduro	101
3.5.	Diseño de la planta de producción de la bebida de chontaduro	102
3.5.1.	Definición del producto	103
3.5.2.	Capacidad y localización de la planta	103
3.5.3.	Materia prima e insumos	104
3.5.4.	Proceso tecnológico	104
3.5.5.	Alcance del proyecto	104
3.5.6.	Simbología y abreviaturas de los equipos necesarios para la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro	105
3.5.7.	Descripción detallada del proceso	106
3.5.8.	Balance de energía	108
3.5.9.	Requerimientos de vapor y capacidad del caldero	109
3.5.10.	Diseño básico de la planta	110
3.5.11.	Seguridad en la planta	112
3.5.12.	Cronograma de actividades	113
3.6.	Estudio de pre factibilidad financiera	115
3.6.1.	Inversiones	115
3.6.2.	Costo de operación	118
3.6.3.	Punto de equilibrio, TIR, VAN	120
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>122</b>
4.1.	Conclusiones	122
4.2.	Recomendaciones	124
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>126</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>132</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.1.</b>	Principales destinos de las exportaciones de palmito de Ecuador con sus valores FOB (Libre a Bordo)	6
<b>Tabla 1.2.</b>	Composición química del chontaduro	8
<b>Tabla 2.1.</b>	Minerales cuantificados en harina de chontaduro	41
<b>Tabla 2.2.</b>	Enzimas utilizadas en la hidrólisis de la fruta de chontaduro a diferentes concentraciones	46
<b>Tabla 2.3.</b>	Variaciones de niveles de los factores en la bebida saborizada de chontaduro	48
<b>Tabla 2.4.</b>	Diseño de bloques incompletos balanceados para análisis sensorial	49
<b>Tabla 3.1.</b>	Valores de la caracterización física de la fruta de chontaduro	54
<b>Tabla 3.2.</b>	Valores de los parámetros de color de la fruta de chontaduro	55
<b>Tabla 3.3.</b>	Caracterización química de la fruta de chontaduro	58
<b>Tabla 3.4.</b>	Valores de los parámetros de color de la bebida de chontaduro	59
<b>Tabla 3.5.</b>	Caracterización física y química de la bebida de chontaduro	60
<b>Tabla 3.6.</b>	Rendimiento en la clasificación de la fruta	62
<b>Tabla 3.7.</b>	Solución agua-cloro para el lavado de la fruta	63
<b>Tabla 3.8.</b>	Rendimiento en el pelado de la fruta	64
<b>Tabla 3.9.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Cellubrix <sup>TM</sup> L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark <sup>®</sup>	66

<b>Tabla 3.10.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes®	67
<b>Tabla 3.11.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®	69
<b>Tabla 3.12.</b>	Valores de sólidos solubles (°Brix) en los tres tratamientos de fruta con enzima	72
<b>Tabla 3.13.</b>	Valores de viscosidad en los tres tratamientos de fruta con enzima	72
<b>Tabla 3.14.</b>	Análisis de $\beta$ -carotenos en los tres tratamientos enzimáticos	73
<b>Tabla 3.15.</b>	Rendimientos en el despulpado de fruta a dos condiciones	74
<b>Tabla 3.16.</b>	Análisis de varianza del atributo sabor a vainilla	75
<b>Tabla 3.17.</b>	Análisis de varianza del atributo aroma a vainilla	77
<b>Tabla 3.18.</b>	Análisis de varianza del atributo sabores extraños	78
<b>Tabla 3.19.</b>	Análisis de varianza del atributo textura	79
<b>Tabla 3.20.</b>	Promedio de los valores ponderados por los panelistas para cada atributo	80
<b>Tabla 3.21.</b>	Valor de calidad obtenida a través de la Ec. [2.1] para cada una de las formulaciones	81
<b>Tabla 3.22.</b>	Estabilidad de color de la bebida saborizada de chontaduro durante 15, 30 y 45 días a tres condiciones de temperatura de almacenamiento (6, 20 y 35 °C)	83
<b>Tabla 3.23.</b>	Análisis de varianza de la “aparición de la bebida” a la temperatura de refrigeración (6 °C) a los días 15, 30 y 45	84
<b>Tabla 3.24.</b>	Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45	85

<b>Tabla 3.25.</b>	Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45	86
<b>Tabla 3.26.</b>	Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45	87
<b>Tabla 3.27.</b>	Análisis de varianza del atributo “apariencia” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45	88
<b>Tabla 3.28.</b>	Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45	89
<b>Tabla 3.29.</b>	Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45	90
<b>Tabla 3.30.</b>	Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45	91
<b>Tabla 3.31.</b>	Análisis de varianza del atributo “apariencia” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45	92
<b>Tabla 3.32.</b>	Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45	93
<b>Tabla 3.33.</b>	Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45	94
<b>Tabla 3.34.</b>	Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45	96
<b>Tabla 3.35.</b>	Análisis microbiológico de la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura	97
<b>Tabla 3.36.</b>	Análisis de coliformes totales en la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura	98
<b>Tabla 3.37.</b>	Análisis de hongos en la bebida saborizada de chontaduro	98

	para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura	
<b>Tabla 3.38.</b>	Análisis de levaduras en la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura	99
<b>Tabla 3.39.</b>	Estabilidad de los $\beta$ -carotenos durante 0, 15, 30 y 45 días de almacenamiento a temperatura de refrigeración (6 °C), ambiente y estufa (35 °C)	100
<b>Tabla 3.40.</b>	Cinética de vida útil de la bebida saborizada de chontaduro	102
<b>Tabla 3.41.</b>	Nomenclatura de los equipos para la producción de la bebida saborizada de chontaduro	106
<b>Tabla 3.42.</b>	Requerimiento de energía en la producción de la bebida saborizada de chontaduro	109
<b>Tabla 3.43.</b>	Resumen del dimensionamiento del caldero y la cantidad de vapor y combustible necesarios	109
<b>Tabla 3.44.</b>	Características del área de producción	111
<b>Tabla 3.45.</b>	Características de las áreas complementarias	111
<b>Tabla 3.46.</b>	Descripción de áreas sanitarias	112
<b>Tabla 3.47.</b>	Necesidades de iluminación y ventilación de las áreas de la planta (Casp, 2005, pp. 275-276)	112
<b>Tabla 3.48.</b>	Especificación de la indumentaria de los trabajadores en cada área (Casp, 2005, p. 180)	113
<b>Tabla 3.49.</b>	Diagrama de Gantt para la obtención de la pulpa de chontaduro	114
<b>Tabla 3.50.</b>	Diagrama de Gantt para la obtención de la bebida saborizada de chontaduro	114
<b>Tabla 3.51.</b>	Inversión en terreno y construcciones de la planta	116

<b>Tabla 3.52.</b>	Inversión en maquinaria y equipos	116
<b>Tabla 3.53.</b>	Inversión de otros activos	117
<b>Tabla 3.54.</b>	Costos para la operación de la planta	118
<b>Tabla 3.55.</b>	Costos operacionales y costo del producto	119
<b>Tabla 3.56.</b>	Indicadores financieros de la planta de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro	121
<b>Tabla VII.1.</b>	Valores del log de la concentración de $\beta$ -carotenos a diferentes temperaturas de almacenamiento	152
<b>Tabla VII.2.</b>	Valores de la constante de velocidad a tres temperaturas	154
<b>Tabla VII.3.</b>	Valores de la constante de velocidad a tres temperaturas	155
<b>Tabla XIII.1.</b>	Balance de masa en la recepción de la fruta de chontaduro	178
<b>Tabla XIII.2.</b>	Balance de masa en la obtención de la pulpa de chontaduro	178
<b>Tabla XIII.3.</b>	Balance de masa en la formulación de la bebida saborizada de chontaduro	179
<b>Tabla XIV.1.</b>	Calculo del Cp de la fruta de chontaduro	180
<b>Tabla XIV.2.</b>	Cálculo del Cp para la hidrólisis enzimática	181
<b>Tabla XIV.3.</b>	Cálculo del Cp para la bebida saborizada de chontaduro	182
<b>Tabla XVI.1.</b>	Costos de maquinaria y equipos	185
<b>Tabla XVII.1.</b>	Costos anuales de materia prima e insumos	186
<b>Tabla XVII.2.</b>	Costos anuales de mano de obra directa	186
<b>Tabla XVII.3.</b>	Costos anuales de mano de obra indirecta	187
<b>Tabla XVII.4.</b>	Costos anuales de materiales indirectos	187

<b>Tabla XVII.5.</b> Costos anuales por depreciación	188
<b>Tabla XVII.6.</b> Costos anuales de suministros de operación	188
<b>Tabla XVII.7.</b> Costos anuales de reparaciones y mantenimiento	189
<b>Tabla XVII.8.</b> Costos anuales de seguros	189
<b>Tabla XVII.9.</b> Costos anuales de los imprevistos	189
<b>Tabla XVIII.1.</b> Gastos anuales de ventas	190
<b>Tabla XVIII.2.</b> Gastos anuales administrativos y generales	191
<b>Tabla XVIII.3.</b> Gastos financieros	191
<b>Tabla XVIII.4.</b> Flujo de caja en 10 años de operación de la planta	192



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1.</b> Distribución del cultivo de chontaduro en América Latina	1
<b>Figura 1.2.</b> Planta de chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> ) de la provincia de Napo	3
<b>Figura 1.3.</b> Chontacuro consumido en la provincia del Napo-Ecuador	7
<b>Figura 1.4.</b> Efectos en los alimentos por la actividad de agua ( $a_w$ ). a) Oxidación de lípidos, b) Actividad hidrolíticas, c) Pardeamiento no enzimático, d) Isotherma de adsorción, e) Actividad enzimática, f) Crecimiento de hongos, g) Crecimiento de levaduras y h) Crecimiento de bacterias (Badui, 2006, p. 15).	11
<b>Figura 1.5.</b> Molécula de Celulosa (MIT, 2013)	13
<b>Figura 1.6.</b> Molécula de Lignina (Naceur y Gandini, 2008, p. 217)	14
<b>Figura 1.7.</b> Molécula de Hemicelulosa (Zamora, 2014, p. 3)	15
<b>Figura 1.8.</b> Molécula de Pectina (Pabón, 2004, p. 11)	15
<b>Figura 1.9.</b> Molécula de pectina fragmentada por la acción enzimática de pectinasas (Madden, 2000, p. 9)	19
<b>Figura 1.10.</b> Molécula de pectina fragmentada por la acción enzimática de poligalacturonasa (Madden, 2000, p. 9)	20
<b>Figura 1.11.</b> Diagrama del proceso de elaboración de bebidas de frutas (Modificado de Lamas, 2014, p. 5)	28
<b>Figura 1.12.</b> Representación esquemática de sistemas de coloides en bebidas de frutas (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 3)	30
<b>Figura 2.1.</b> Mapa de la provincia de Napo (Ayrton, 2012, p.1)	36
<b>Figura 2.2.</b> Esquema del proceso para la obtención de la pulpa de chontaduro	47

<b>Figura 3.1.</b>	Finca Tio Libio, Cantón Archidona, lugar de donde se obtuvo la fruta de chontaduro	53
<b>Figura 3.2.</b>	Color de la fruta de chontaduro	56
<b>Figura 3.3.</b>	Mesocarpio de chontaduro (izquierda), cáscara y almendros removidos (derecha)	65
<b>Figura 3.4.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark®	67
<b>Figura 3.5.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes®	69
<b>Figura 3.6.</b>	Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®	71
<b>Figura 3.7.</b>	Representación de diferentes tratamientos del atributo “sabor a vainilla”	76
<b>Figura 3.8.</b>	Representación de diferentes tratamientos del atributo “aroma a vainilla”	77
<b>Figura 3.9.</b>	Representación de diferentes tratamientos del atributo “sabores extraños”	78
<b>Figura 3.10.</b>	Representación de diferentes tratamientos del atributo “textura”	80
<b>Figura 3.11.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariencia” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	85
<b>Figura 3.12.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	86
<b>Figura 3.13.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para	87

	el atributo “aromas extraños” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	
<b>Figura 3.14.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	88
<b>Figura 3.15.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariencia” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	89
<b>Figura 3.16.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	90
<b>Figura 3.17.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aromas extraños” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	91
<b>Figura 3.18.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura ambiente (20 °C)	92
<b>Figura 3.19.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariencia” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	93
<b>Figura 3.20.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	94
<b>Figura 3.21.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aromas extraños” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	95
<b>Figura 3.22.</b>	Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad	96
<b>Figura 3.23.</b>	Efecto del almacenamiento de la bebida a tres temperaturas en la concentración de $\beta$ -carotenos durante 45 días	101

<b>Figura 3.24.</b> Organigrama de la planta de producción de bebida saborizada de chontaduro	115
<b>Figura 3.25.</b> Punto de equilibrio del proceso de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro	120
<b>Figura AII.1.</b> Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Cellubrix <sup>®</sup>	141
<b>Figura AII.2.</b> Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Pectinex <sup>®</sup>	141
<b>Figura AII.3.</b> Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Rap Vegetable Juices <sup>®</sup>	142
<b>Figura VI.1.</b> Cromatograma del estándar de $\beta$ -caroteno en una dilución 1/10 del estándar	148
<b>Figura VI.2.</b> Cromatograma de la muestra de harina de chontaduro hidrolizado con Pectinex <sup>®</sup>	149
<b>Figura VI.3.</b> Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro en el día inicial	149
<b>Figura VI.4.</b> Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro en el día 15 almacenada en refrigeración a 6 °C	150
<b>Figura VI.5.</b> Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro al día 30 almacenada en refrigeración a 6 °C	150
<b>Figura VI.6.</b> Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro al día 45 almacenada en refrigeración a 6 °C	151
<b>Figura VII.1.</b> Gráfico del log [ $\beta$ -carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a 6 °C	153
<b>Figura VII.2.</b> Gráfico del log [ $\beta$ -carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a temperatura ambiente	153

- Figura VII.3.** Gráfico del log [ $\beta$ -carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a 35 °C 154
- Figura VII.4.** Gráfico del ln k vs 1/T para el cálculo del factor de frecuencia ( $k'$ ) y la energía de activación (E) 155

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Método para la determinación de $\beta$ -carotenos por HPLC	133
<b>ANEXO II</b> Gráficas de reología en los tratamientos de hidrólisis	141
<b>ANEXO III</b> Hoja de análisis sensorial para la selección de la mejor formulación de bebida	143
<b>ANEXO IV</b> Hoja de importancia de atributos para la selección de la mejor formulación de bebida	145
<b>ANEXO V</b> Hoja de análisis sensorial para la estabilidad de la bebida	146
<b>ANEXO VI</b> Cromatogramas de los análisis de $\beta$ -carotenos en chontaduro	148
<b>ANEXO VII</b> Cálculos para la estimación de la vida útil de la bebida saborizada de chontaduro	152
<b>ANEXO VIII</b> Diagrama BFD	158
<b>ANEXO IX</b> Simbología de los equipos para el diagrama PFD	159
<b>ANEXO X</b> Diagrama PFD	160
<b>ANEXO XI</b> Especificaciones técnicas de los equipos	161
<b>ANEXO XII</b> Layout y cortes de la planta	174
<b>ANEXO XIII</b> Balance de masa	178

<b>ANEXO XIV</b> Balance de energía	180
<b>ANEXO XV</b> Vapor saturado	183
<b>ANEXO XVI</b> Inversiones	185
<b>ANEXO XVII</b> Costos de operación	186
<b>ANEXO XVIII</b> Costos operacionales	190

## RESUMEN

En este estudio se desarrolló una bebida en base de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K). El chontaduro utilizado en el estudio proviene del Cantón Archidona provincia de Napo-Ecuador. Las frutas fueron clasificadas, lavadas, cocidas y posteriormente peladas para extraer el mesocarpio. El mesocarpio fue desintegrado.

Se estudió el efecto del uso de enzimas para incrementar los rendimientos de extracción de pulpa. Se usaron tres tipos de cocteles enzimáticos Cellubrix<sup>TM</sup>®; Pectinex<sup>®</sup> y Rap Vegetable Juice<sup>®</sup>. Las muestras fueron incubadas con 1 mL de enzima/ kg de pulpa durante 30 min a 30 °C. Para la formulación de la bebida se usó Pectinex<sup>®</sup> (1 mL/ kg de pulpa) por 30 min a 30 °C en una relación de 1:2 fruta-agua. Esta enzima presentó las mejores características en cuanto a rendimiento en pulpa y viscosidad, posteriormente se procedió a despulpar. Se realizaron 9 formulaciones de bebida con la pulpa de chontaduro (25 %, 30 %, 35 %) y esencia de vainilla (0,05 %, 0,10 %, 0,15 %). Mediante análisis químicos y sensoriales se seleccionó la mejor formulación de la bebida la cual contiene 35 % de pulpa, 0,05 % de esencia de vainilla y se completó con agua hasta obtener el 100 % en peso. Además se añadió goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) como estabilizante y preservantes como benzoato de sodio a 200 ppm y sorbato de potasio a 200 ppm de acuerdo a la norma INEN 2074.

La bebida fue estabilizada térmicamente a 70 °C por 5 min para garantizar su inocuidad. Para finalizar se realizó el estudio de estabilidad a 3 temperaturas (6 °C, 20 °C, 35 °C). El efecto de la cocción, la hidrólisis y el tratamiento calórico hacen que el porcentaje de recuperación de  $\beta$ -carotenos sea menor, sin este principio activo deja de estar presente en el producto con un valor de 0,2 mg/100 mL, porcentaje que cubre el 15 % del requerimiento de esta vitamina de una persona en la dieta diaria.



## INTRODUCCIÓN

El chontaduro es una palma nativa de la zona del trópico de América Latina, su cultivo se concentra desde Honduras hasta el sur de Bolivia, en donde se produce de forma silvestre y donde utilizan este fruto como fuente de sustento familiar en el ámbito económico y alimenticio (Erazo, García, 2001, p.81).

Sus frutos pueden consumirse frescos, cocidos o ahumados (para aumentar el tiempo de conservación). Con el fruto es posible preparar la chicha (bebida tradicional). Además se consume el palmito (tallo). Estas características hacen que esta planta se siga cultivando en el Ecuador (Andrade, 2008, p.68).

En el Ecuador, el cultivo de chontaduro de manera técnica data de inicios de 1987 y productos como el chontaduro en lata o “palmito enlatado” han experimentado un crecimiento y se han convertido en productos representativos de las exportaciones no tradicionales del país. Ecuador cuenta con aproximadamente 15 500 ha sembradas de palmito, la producción se concentra en zonas subtropicales y tropicales como: Tena, Macas, Coca, Esmeraldas, Sto. Domingo, Nanegalito, Puerto Quito, etc. (CORPEI, 2009, p.3).

Por otro lado, la biotecnología viene aportando en la alimentación de los seres vivos a través de la producción de un sin número de plantas y animales, los cuales se han ido modificando con el pasar del tiempo hasta tener variedades y especies con alta especificidad como fuente de nutrientes (EFB, 1997, p. 1).

Originalmente no se pensaba que la acción de enzimas y microflora causen fraccionamiento de las moléculas de los polisacáridos, pero ciertos estudios han determinado que hay ciertas hidrolisis que degradan principalmente las pectinas siendo un técnica muy favorable (Badui, 2006, p. 108).

Dentro de la producción de todos los alimentos a nivel mundial, la industria de las bebidas es un subsector muy fuerte en términos de valor agregado, tal es el ejemplo de las bebidas gaseosas, la industria cervecera, el vino y las bebidas hidratantes (Guimaraes, Klabjan y Almada-Lobo, 2011, p. 229).

Existe una amplia gama de bebidas de frutas en el mercado y estas varían de acuerdo al tipo de proceso que se aplique. Las condiciones y el tipo de industrialización de productos y los insumos que se utilicen en la formulación determinan el tiempo de vida útil del producto, tiempo que indica al consumidor el periodo de tiempo en el que se debe tomar este tipo de bebidas para obtener las condiciones y características de la bebida de fruta (Marwaha, 2010, p. 188).

De acuerdo a la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1), se estipula como bebida de fruta a toda dilución que tenga como aporte jugo o pulpa de fruta con un mínimo del 10% (p/p) de sólidos y una adición de edulcorantes, saborizantes y preservantes permitidos.

En este estudio se desarrollará una bebida de chontaduro. El objetivo es proponer una valorización alternativa del chontaduro, alimento nutricionalmente de alta calidad y que es por desgracia una materia prima subutilizada. Se presentará al consumidor la opción de una bebida nutritiva saborizada a partir de una fruta endémica ecuatoriana.

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. EL CHONTADURO (*Bactris Gasipaes* H.B.K)

### 1.1.1. LOCALIZACIÓN

El chontaduro es una palma nativa de la zona del trópico de América Latina, su cultivo se concentra desde Honduras hasta el sur de Bolivia (Erazo, García, 2001, p.81). El ambiente ideal para su desarrollo es el cálido húmedo. Grandes extensiones de esta palma se encuentra en la cuenca del río Amazonas y se presume que las poblaciones nativas de la rivera de este río domesticaron esta especie para su consumo (CORPOICA, 1996, p.3).



**Figura 1.1.** Distribución del cultivo de chontaduro en América Latina

De acuerdo a su lugar de cultivo como se muestra en la Figura 1.1, el chontaduro es conocido por diferentes nombres: pejibaye, pijuayo, cachipay, pixbae, tembe, etc, sin este ser diferente en su alto contenido nutricional e incluso sus valores medicinales por las cuales los pobladores de esa zona del continente lo conservan como una fuente de alimento para sus hogares (Guzmán, 2011, p.1).

### 1.1.2. TAXONOMÍA

La botánica, ciencia especializada en la descripción de las especies vegetales, le ha otorgado a esta planta la siguiente clasificación taxonómica (CORPOICA, 1996, p. 5):

**Nombre científico:** *Bactris gasipaes* H.B.K

**Nombre común:** Chontaduro, Pejibaye, Cachipay, etc.

**Tipo:** Fanerógamas

**Subtipo:** Angiospermas

**Clase:** Monocotiledóneas

**Subclase:** Micrانتinas

**Orden:** Espadiciflorineas

**Familia:** Palmáceas

**Género:** *Bactris*

**Especie:** *gasipaes*

### 1.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA



**Figura 1.2.** Planta de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la provincia de Napo

El chontaduro es una palma de forma cilíndrica como se observa en la Figura 1.2, puede alcanzar los 25 m de alto y el diámetro del tallo va de 15 a 30 cm. Su tallo presenta espinos como sistema de protección ante adversidades del medio ambiente y generalmente produce brotes. Las hojas son de forma pinada, miden de 2 a 4 metros y tienen un raquis espinoso (CORPOICA, 1996, p.5).

Las raíces son fibrosas, predominan en la superficie del suelo aunque son muy extensas, útiles para su fijación en el suelo y el consumo de nutrientes (Hernández-Bermejo y León, 1992, p. 212).

La inflorescencia está dotada de flores masculinas y femeninas, está cubierta por dos brácteas las cuales envuelven la inflorescencia hasta la madurez del fruto (Hernández-Bermejo y León, 1992, p. 212).

La polinización se da por tres métodos: el primero por la intervención de insectos vectores que predominan en la zona, el segundo por la gravedad aunque es muy poco efectivo y el tercer método el cual es anemófilo y se debe a la fecundación producida por las plantas cercanas (Hernández-Bermejo y León, 1992, p. 212).

El fruto se presenta en racimos. En estado inmaduro son de color verde, cuando alcanzan la maduración toman tonalidades que van de amarillo a rojo. Los racimos se presenta en un conjunto de drupas con frutos de tamaño variado que va desde 2,5 a 5 cm (CORPOICA, 1996, p. 6).

#### **1.1.4. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS**

El medio ideal para el cultivo del chontaduro es el clima cálido húmedo con alta tasa de pluviosidad aunque este no soporta los suelos inundados. El suelo que requiere para su adaptación es ligeramente ácido, no muy profundos y no requiere altos contenidos de nutrientes. De acuerdo a bibliografía se resume los siguientes parámetros técnicos para el cultivo de chontaduro (Hernández-Bermejo y León, 1992, p. 212).

<b>Altitud :</b>	0 – 1 000 msnm
<b>Clima:</b>	Cálido-Húmedo
<b>Temperatura:</b>	26 - 28 °C
<b>Precipitaciones:</b>	2 000 a 5 000 mm
<b>pH:</b>	4 – 6
<b>Humedad:</b>	> 80 %

### 1.1.5. USOS

El chontaduro está arraigado en las costumbres de los que habitan en la selva tropical amazónica, su uso está relacionado a diversos factores por lo que los nativos de esta zona de Sudamérica lo utilizan y lo hacen parte de su cotidianidad (Andrade, 2008, p. 68).

Toda la planta de chontaduro es aprovechable, el tallo es utilizado en la construcción de viviendas, sus ramas son afiladas para obtener instrumentos de caza y sus hojas como material para techos (Andrade, 2008, p. 68).

El tallo es parte fundamental de esta planta ya que se puede cultivar el palmito, producto que en el mercado mundial es muy apreciado por su valor alimenticio y el contenido de fibra. El palmito es un producto que se exporta enlatado en condiciones óptimas de frescura, este alimento se encuentra dentro de la gama de productos gourmet, además de ser un buen ingrediente gastronómico (CORPEI, 2009, p. 3).

En el Ecuador existen aproximadamente 15 500 ha de cultivo de palmito (CORPEI 2009, p. 8), que año tras año se va incrementando debido a la demanda que existe a nivel mundial. En la Tabla 1.1 se presentan los principales mercados de las exportaciones de palmito.

**Tabla 1.1.** Principales destinos de las exportaciones de palmito de Ecuador con sus valores FOB (Libre a Bordo)

<b>PRINCIPALES 15 DESTINOS DE LAS EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE PALMITO*</b>				
<b>Posicionamiento</b>	<b>País</b>	<b>2006 Valor FOB</b>	<b>2007 Valor FOB</b>	<b>2008 Valor FOB</b>
		<b>(Miles USD)</b>	<b>(Miles USD)</b>	<b>(Miles USD)</b>
1	FRANCIA	22 195,58	24 880,96	27 503,52
2	VENEZUELA	3 004,12	6 017,82	8 391,61
3	ARGENTINA	5 042,76	11 812,04	7 617,25
4	CHILE	6 188,88	7 794,22	7 148,49
5	ESTADOS UNIDOS	2 810,19	3 514,01	5 358,26
6	CANADA	3 745,17	4 123,68	4 688,80
7	ALEMANIA	263,36	1 144,06	3 178,82
8	ESPAÑA	2 586,61	3 317,99	2 380,19
9	BELGICA	886,25	1 438,34	2 246,69
10	ISRAEL	763,37	710,30	1 477,76
11	MARRUECOS	182,79	860,47	776,60
12	URUGUAY	352,99	704,66	601,98
13	ITALIA	279,68	462,15	462,15
14	COLOMBIA	184,50	117,38	165,72
15	SUIZA	0,00	20,88	147,15
	OTROS	320,25	574,42	512,03

\* (BCE/SIM CORPEI, 2009, p. 8)

El tallo del chontaduro, cuando entra a su proceso natural de descomposición, es hábitat ideal para el crecimiento del gusano comestible de la palma, el cual recibe nombres característicos de acuerdo a la zona de cosecha de este invertebrado. En la amazonia ecuatoriana este gusano es conocido como mayón o chontacuro, el mismo



que es consumido de forma directa o cocidos (Figura 1.3). También se le atribuye a este gusano propiedades medicinales, visto que el chontaduro es usado en el tratamiento de algunas enfermedades de los pobladores amazónicos.



**Figura 1.3.** Chontacuro consumido en la provincia del Napo-Ecuador

El uso de la fruta del chontaduro está muy diversificado en la actualidad, esto ha ocasionado que este producto abra muchas posibilidades de nichos de mercado locales con diversos subproductos que se obtienen de la fruta como: harina, aceite, bebidas, alimento para animales (Clement et al., 2004, p. 196).

La forma tradicional más simple de consumir el fruto, por los indios americanos nativos ha sido hervirlo y comer el mesocarpio. También se puede obtener harina desintegrando el mesocarpio cocido, esta harina es utilizada en la repostería como ingrediente para pasteles o en la panificación (Mora-Urpi, Weberand, y Clement, 1997, p. 20).

De la semilla, cáscara y mesocarpio se obtiene el aceite que es utilizado para una variedad de industrias como la de cosméticos y jabones (Mora-Urpi et al., 1997, p. 24). La obtención de bebidas es una costumbre ancestral, llegando a tener bebidas fermentadas a partir del mesocarpio cocido del chontaduro, bebidas que son utilizadas en muchas celebraciones autóctonas de la amazonia (Mora-Urpi et al., 1997, p. 20).

El valor nutricional del chontaduro hace de esta fruta una alternativa para la alimentación. Su contenido de minerales como Mg, Ca, P, Fe y vitaminas A y C hacen del chontaduro un alimento completo y muy bien balanceado (Guzman, 2011, p. 1).

En la Tabla 1.2 se muestra el contenido de nutrientes de la fruta de chontaduro (mesocarpio) y una muestra del aporte de cada componente a la dieta diaria considerada de 2 500 kcal.

**Tabla 1.2.** Composición química del chontaduro

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MESOCARPIO DE LA FRUTA DE CHONTADURO Y PORCENTAJE DE REQUERIMIENTOS EN UNA DIETA DE 2 500 kcal*</b>		
<b>COMPONENTE QUÍMICO</b>	<b>U/100 g</b>	<b>VALOR DIARIO (%)</b>
Calorías (kcal)	273,500	10,9
Proteína (g)	3,300	4,4
Grasa (g)	6,000	8,6
-Grasa saturada (g)	2,200	9,7
-Grasa monoinsaturada (g)	3,300	14,7
-Grasa polinsaturada (g)	0,500	2,2
Carbohidratos (g)	34,900	8,0
Fibra (g)	2,000	10,1
Vitamina A ( $\beta$ -caroteno) (mg)	1,100	147,5
Vitamina C (mg)	18,700	30,0
Tiamina (Vit B1 - mg)	0,045	4,5
Riboflavina (Vit B2 - mg)	0,135	9,1
Niacina (mg)	0,810	4,6

\*(Clement et al., 2004, p. 197)

Por ser un alimento rico en carotenos esta fruta es importante en países como Costa Rica donde su población es deficiente en esta vitamina (Mora-Urpi et al., 1997, p.

23). Su gran aporte de energía a través de los carbohidratos y la grasa hace que sus productos sean muy consumidos por los agricultores de la amazonía sometidos a exigente esfuerzo físico (Mora-Urpi et al., 1997, p. 22).

Esta fruta no tradicional que está empezando a ser comercializado en mercados como el de Costa Rica, ayuda en la economía y en la nutrición de los nativos americanos que se involucran en forma directa o de manera indirecta en la cadena agroalimentaria de este producto que posee muchas bondades, haciendo que este cultivo se vaya incrementando con el pasar del tiempo y tomando importancia en muchos mercados nacionales e internacionales (Mora-Urpi et al., 1997, p. 20-22).

## **1.2. UTILIZACIÓN DE ENZIMAS COMO PRE TRATAMIENTOS EN PULPAS PARA LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS**

### **1.2.1. GENERALIDADES**

Desde la antigüedad, la biotecnología viene aportando en la alimentación de los seres vivos a través de la producción de un sin número de plantas y animales, los cuales se han ido modificando con el pasar del tiempo hasta tener variedades y especies con alta especificidad como fuente de nutrientes (EFB, 1997, p. 1).

Este campo de acción se ha ido diversificando en numerosas áreas como la genética, farmacéutica, agricultura, etc., aportando beneficios que hace décadas atrás eran desconocidas para la raza humana (EFB, 1997, p. 1).

En el plano de la elaboración de alimentos este aporte ha sido notorio ya que debido a estas aplicaciones se ha podido desarrollar productos que aportan nutrientes y calorías en la alimentación diaria de las personas. Alimentos con características funcionales específicas, constituyen también un aporte en la salud de las personas

previniendo enfermedades o ayudando en la calidad de vida de los pacientes con enfermedades y dolencias (EFB, 1997, p. 2).

La alta especificidad de los alimentos funcionales se debe a que los productos se trataron previamente con métodos enzimáticos que ayudan a la formación y/o degradación de algún componente que forma parte de la estructura celular que está presente en vegetales y frutas (Madden, 2000, p. 4).

El conocimiento de la composición de las frutas permite que se tenga un conocimiento más claro de la acción de la actividad enzimática durante los procesos de elaboración de jugos de frutas (Madden, 2000, p. 4).

### **1.2.2. COMPOSICIÓN DE LAS FRUTAS**

Las frutas tienen dos grandes componentes: el agua y la materia seca los cuales influyen en las actividades que cumple como todo ser vivo, especialmente en el metabolismo y en el deterioro alimentario que produce agentes parásitos (IICA, 1987 p.16).

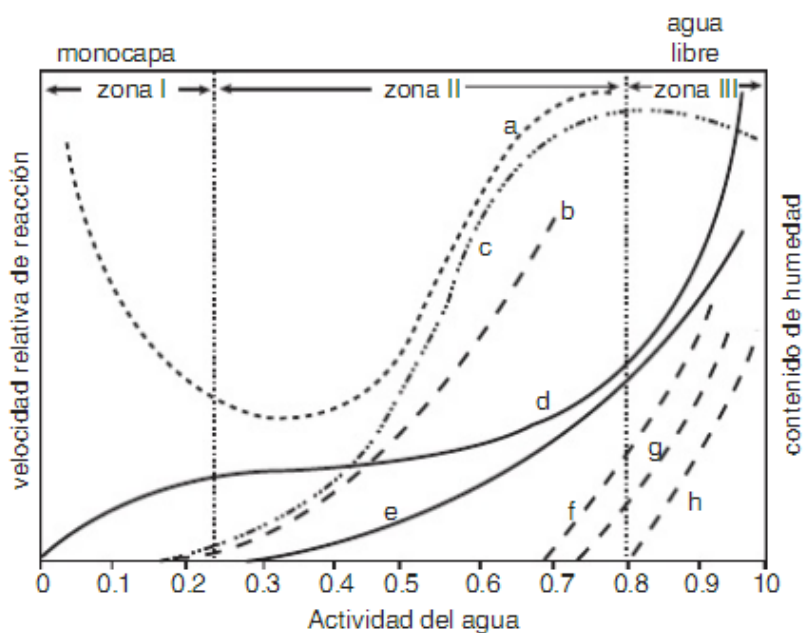
#### **1.2.2.1 AGUA**

Es el componente básico de las células vegetales y animales, es responsable de todas las funciones que cumplen las células en los procesos bioquímicos durante el crecimiento, cosecha y la poscosecha, como indicador de la frescura de los alimentos en las condiciones adecuadas de almacenamiento (Badui, 2006, p. 2).

El proceso de deterioro de las frutas, se da entre otras cosas, por la presencia del componente agua. Este deterioro puede ser muy lento o muy rápido debido al contenido de agua en la fruta; incluso cuando es escasa la presencia de agua, la fruta puede almacenarse a temperatura ambiente (18 – 20 °C) durante algunos días sin que ésta se deteriore (Gil, 2010, p.531).

La actividad de agua ( $a_w$ ), marca un proceso crítico dentro de la estabilidad de los alimentos y corresponde a la “presión de vapor de agua de un producto y la presión de vapor del agua pura” a la misma temperatura. La  $a_w$ , está definida por una escala que va de 0 a 1, siendo 1 el 100 % correspondiente a agua pura y 0, al alimento que contiene 0 % de agua; se encuentra completamente seco (Badui, 2006, p. 15).

El crecimiento microbiano y muchas reacciones químicas están marcados por la  $a_w$ . La Figura 1.4 muestra la actividad de algunas reacciones químicas con relación a la actividad de agua (Badui, 2006, p. 15).



**Figura 1.4.** Efectos en los alimentos por la actividad de agua ( $a_w$ ). a) Oxidación de lípidos, b) Actividad hidrolíticas, c) Pardeamiento no enzimático, d) Isoterma de adsorción, e) Actividad enzimática, f) Crecimiento de hongos, g) Crecimiento de levaduras y h) Crecimiento de bacterias (Badui, 2006, p. 15).

Para la conservación de los alimentos existen procesos que disminuyen la actividad de agua como son la refrigeración, presión, pH, los cuales hacen que los alimentos sean más estables al ambiente y a la actividad microbiana (Badui, 2006, p. 21).

### 1.2.2.2 MATERIA SECA

La materia seca corresponde a todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que juntos otorgan propiedades químicas complejas y que son característicos de cada producto (IICA, 1987, p.16).

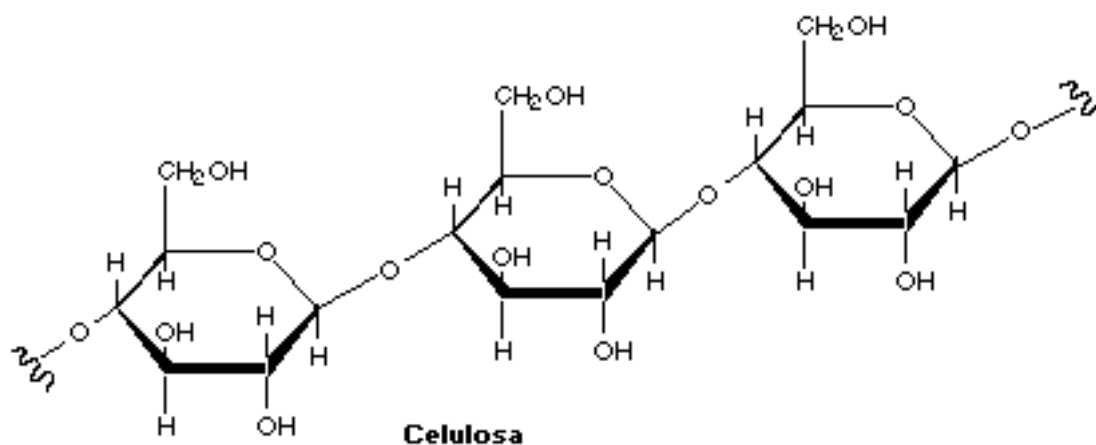
El aporte de las frutas carnosas está dado por agua, minerales, vitaminas y fibra (Aranceta, Serra, Pérez y Ortega, 2006, p.2), y de los contenidos de fibra, los carbohidratos son los componentes más abundantes, en particular azúcares, almidón, celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina (Aranceta et al., p.2).

Los principales contribuyentes de hidratos de carbono son los tubérculos que son importantes por el suministro de energía y pueden ser almacenados por largos periodos de tiempo para otras estaciones del año como se lo realiza en muchos países del mundo que poseen las cuatro estaciones (Aranceta et al., p.9). Los azúcares que predominan en las frutas son la sacarosa, glucosa y fructosa y su concentración dependerá del tipo de fruta y grado de madurez (Gil, 2010, p. 171).

El almidón se encuentra en las frutas no maduras aunque se encuentran excepciones en las frutas maduras donde hay almidón como es el caso del plátano, chirimoya, kiwi, mango, etc. Este nutriente va disminuyendo con el pasar del tiempo a lo largo de la maduración (Gil, 2010, p. 171).

La fibra dietética es la constituyente de la pared celular de las frutas y vegetales, mismas que son resistentes a las enzimas que se encuentran en el tracto intestinal del sistema digestivo de los seres vivos. Se clasifica en fibra dietética soluble y fibra dietética insoluble (Gil, 2010, p. 160). A continuación se detallan los principales componentes:

### 1.2.2.3 CELULOSA



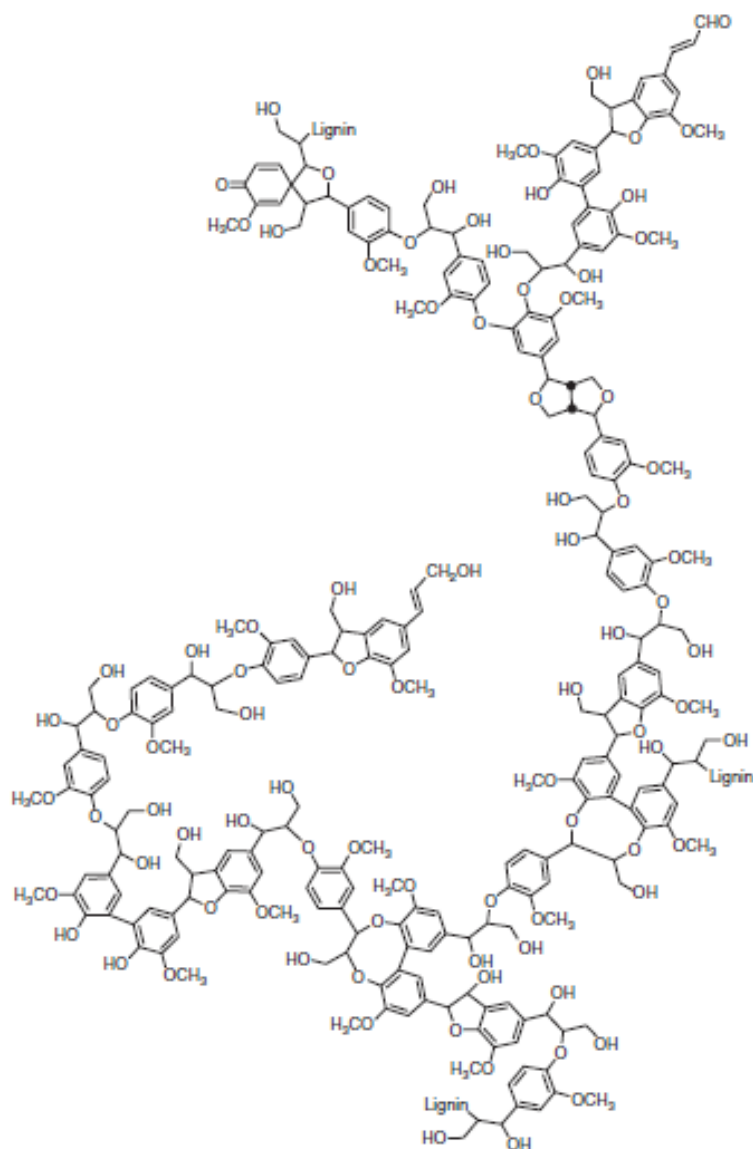
**Figura 1.5.** Molécula de Celulosa (MIT, 2013)

La celulosa es el polisacárido más abundante de la naturaleza, es parte de la estructura de las paredes celulares de las frutas. Como se observa en la Figura 1.5, la celulosa tiene una estructura lineal no ramificado de D-glucosa con enlaces  $\beta(1-4)$  glucosídicos (Moreno, 2013, p.42). Los rumiantes poseen enzimas en su sistema digestivo el cual degrada este componente a través de hidrólisis ácida.

### 1.2.2.4 LIGNINA

La lignina es el componente compactante de la estructura de los vegetales, presente mayoritariamente en los árboles, tiene una estructura molecular amorfa y compleja. Como se observa en la Figura 1.6, la molécula de lignina tiene componentes fenólicos y constituye la parte insoluble de la fibra y de todos los polisacáridos es el más resistente a la acción degradativa (Moreno, 2013, p. 43).

El aporte de estos polisacáridos por parte de los alimentos, es muy variada y depende de muchos factores principalmente de la madurez de las frutas (Badui, 2006, p. 107).

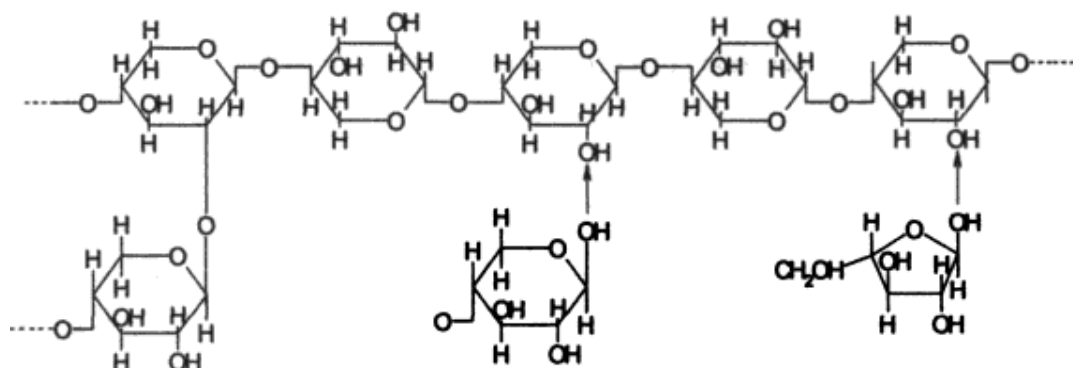


**Figura 1.6.** Molécula de Lignina (Naceur y Gandini, 2008, p. 217)

### 1.2.2.5 HEMICELULOSA

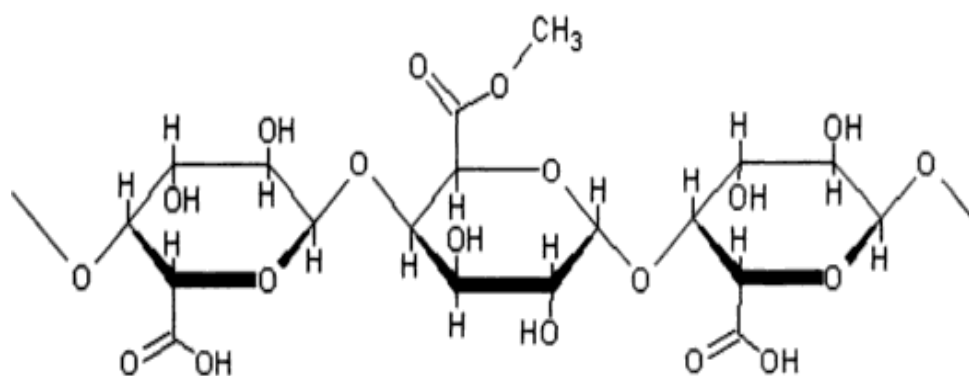
La hemicelulosa está presente en las paredes celulares de los vegetales, está asociada con la celulosa aunque estructuralmente no están relacionadas ya que el peso molecular de la hemicelulosa es menor al de la celulosa, por lo tanto es más soluble en medios acuosos. La molécula de hemicelulosa se muestra en la Figura 1.7 (Hernández, Sastre, 1999, p. 329).





**Figura 1.7.** Molécula de Hemicelulosa (Zamora, 2014, p. 3)

### 1.2.2.6 PECTINA



**Figura 1.8.** Molécula de Pectina (Pabón, 2004, p. 11)

La pectina es un compuesto que tiene la capacidad de asociarse a otros polisacáridos como la hemicelulosa. Su estructura está formada por unidades de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1-4) como se muestra en la Figura 1.8. La pectina es responsable de la firmeza de algunos productos (Badui, 2006, p. 92).

La mayoría de pectinas son muy solubles en agua, sin embargo, existen otras como las proctopectinas que son insolubles en medio acuoso. La pectina es una de los polisacáridos más importantes por las acciones fisiológicas que presenta especialmente en frutos inmaduros y cáscaras de los cítricos (Badui, 2006, p. 93).

Todo este grupo de polisacáridos como la celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina, forman lo que se conoce como fibra dietética la cual es mayor a la fibra cruda que se puede determinar mediante análisis o que se encuentra en tablas de nutrición de manera general. La fibra en la dieta tiene mucha importancia ya que esta regula el tránsito intestinal y ayuda en la prevención de enfermedades (Badui, 2006, p 108).

Originalmente no se pensaba que la acción de enzimas y microflora causen fraccionamiento de las moléculas de los polisacáridos, pero ciertos estudios han determinado que hay ciertas hidrolisis que degradan principalmente las pectinas siendo un técnica muy favorable (Badui, 2006, p. 108).

### **1.2.3. ENZIMAS**

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizador de las reacciones químicas acelerando o retardando los procesos biológicos, para pasar de un sustrato a un producto (Hernández y Sastre, 1999, p. 867).

Tiene un centro activo donde se produce la reacción, está ligado a la naturaleza del medio en el cual se produce la hidrólisis enzimática. Desde la antigüedad se conocían empíricamente este tipo de actividades pero actualmente se describen alrededor de 3 000 reacciones que han sido catalizadas por la actividad enzimática (Badui , 2006, p. 302).

Toda reacción enzimática se presenta con la transformación de un sustrato para obtener un producto, dicha actividad es catalizada por la implementación de una coenzima la cual depende directamente de la naturaleza del sustrato (Hernández y Sastre, 1999, p. 867). Muchos alimentos son elaborados a partir de reacciones enzimáticas ya sea porque la enzima se encuentra presente en la materia prima o es inoculado por algún agente o microorganismo (Badui, 2006, p. 302).

Cada una de las reacciones enzimáticas que se conocen tiene su actividad específica, es así que la “Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular” por sus siglas en inglés (IUBMB) ha dado una nomenclatura específica para cada una de las reacciones denominándolas de la siguiente manera (Badui, 2006, p. 304).

1. Oxidorreductasas
2. Transferasas
3. Hidrolasas
4. Liasas
5. Isomerasas
6. Ligasas

En toda actividad enzimática existe la denominada velocidad de reacción lo que corresponde a la rapidez con la que se elabora un producto. Esta velocidad depende de algunos factores entre los más importantes se pueden mencionar al pH, temperatura, concentración del sustrato y enzima, etc. (Badui, 2006, p. 310).

#### **1.2.3.1. ENZIMAS EN EL TRATAMIENTO DE JUGO DE FRUTAS**

El conocer la composición de las frutas desde un punto de vista estructural, permite determinar la disposición de cada uno de los componentes celulares que forman parte de las frutas. Si bien la unión de estos compuestos en las paredes celulares hacen que las frutas presenten una forma compleja al momento de analizarlas, existen métodos que permiten que estas estructuras sean más pequeñas y sean degradables por los organismos de los seres vivos, esta acción se denomina hidrólisis enzimática (Madden, 2000, p. 4).

El polisacárido no amiláceo más abundante en la tierra es la celulosa, aunque también es el más susceptible al ataque enzimático, otros compuestos de interés son la hemicelulosa y la pectina que hacen que las frutas y vegetales posean cadenas

químicas muy largas en su estructura, las mismas que pueden ser fraccionadas y convertidas en monómeros a través de la implementación de enzimas específicas para cada uno de estos componentes (Madden, 2000, p. 4).

Entre las principales razones por las que se usan enzimas en la producción de jugos de frutas son: para aumentar la cantidad de solubles a través de la ruptura de las cadenas de carbohidratos como: la pectina, la celulosa, los almidones. También se utilizan para incrementar el rendimiento en la producción de jugo, clarificar las bebidas, mejorar las características organolépticas de los jugos en lo que respecta a color, aroma, etc. (Panesar, Marwaha y Chopra, 2010, p. 107).

Para el proceso de elaboración de las bebidas se debe considerar varios pasos como el proceso de cosecha, el pelado, el tratamiento de preservación, el seleccionado y el material de envase escogido para la bebida (Panesar et al., 2010, p. 108).

En algunos países del mundo, el uso de enzimas esta regularizado por leyes que rigen en su jurisdicción, como es el caso de la Asociación Técnica de Enzimas identificado por sus siglas en inglés (ETA) en los Estados Unidos de América (Panesar et al., 2010, p. 108).

Existe una variedad de enzimas que son utilizadas en la industria de las bebidas y jugos de frutas como es el caso de las oxido reductasas, hidrolasas y liasas. Estas enzimas presentan un número y una actividad catalítica específica y provienen generalmente de un microorganismo determinado (Panesar et al., 2010, p. 109).

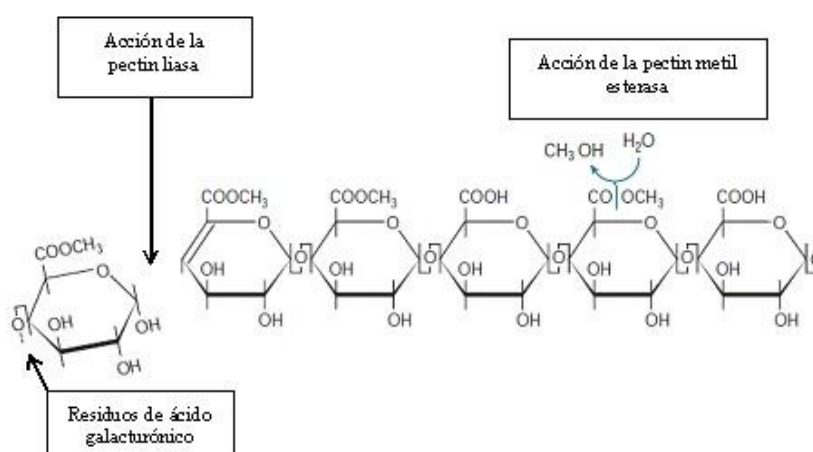
En el grupo de las oxido reductasas se encuentran enzimas como la glucosa oxidasa y la catalasa que provienen de cepas de *Aspergillius niger*. La glucosa oxidasa cataliza la glucosa de las frutas y la elimina para formar peróxido de hidrógeno, mientras que la enzima catalasa descompone el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Estas dos enzimas pueden actuar combinadas para prevenir reacciones de oxidación en las frutas (Panesar et al., 2010, p. 110). Las hidrolasas son las enzimas que se

utilizan mayormente en la industria de las bebidas. Dentro de este grupo de enzimas se encuentran las pectinasas, poligalacturonasa, xilanasas y celulasas. Estas enzimas generalmente provienen de cepas de *Aspergillus spp* y *Trichoderma spp* (Panesar et al., 2010, p. 110).

### 1.2.3.1.1 PECTINASAS

Esta enzima cataliza la degradación de la molécula de pectina volviéndose indispensable en el procesamiento de jugos y bebidas ya que ayuda en la desesterificación de la pectina, responsable en la desestabilización de bebidas y en la consistencia de los jugos. La principal fuente de obtención de la enzima pectinasa es la cepa del hongo *Aspergillus niger* (Panesar et al., 2010, p. 111).

Debido a su acción, las pectinasas se dividen en tres grupos que son: las pectinaesterasas (PE), que actúan principalmente sobre los grupos metil ester en las unidades de galacturonato; las proctopectinasas que solubilizan la proctopectina formando cadenas de pectina soluble y las enzimas depolimerizadoras que hidrolizan enlaces glucosídicos, entre estas enzimas se encuentran la poli metil galacturonasa (PMG) y la poli galacturonasa (PG) (Panesar et al., 2010, p. 112).

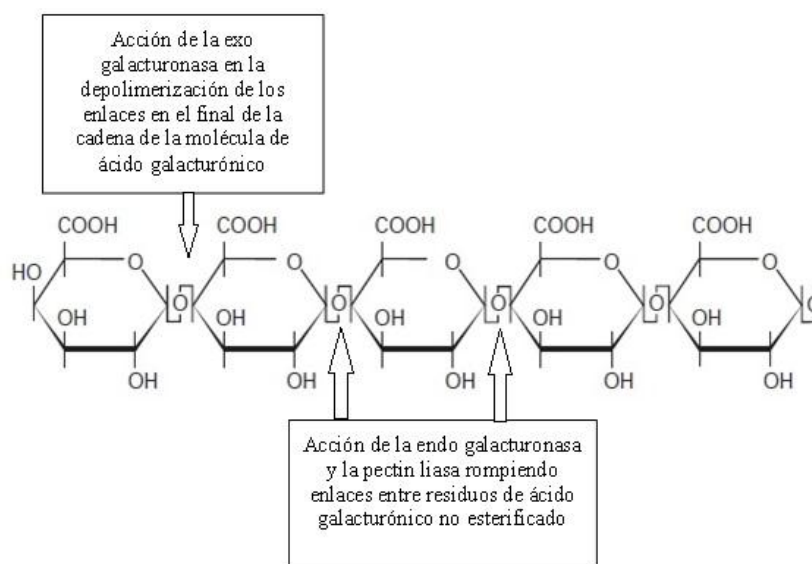


**Figura 1.9.** Molécula de pectina fragmentada por la acción enzimática de pectinasas (Madden, 2000, p. 9)

Las moléculas de pectina son cadenas que están conformadas por alrededor de 300 a 1000 residuos de ácido galacturónico. Estos residuos son fragmentados por la acción de la pectin liasa como se representa en la Figura 1.9 para convertirse en polisacáridos de menor peso molecular mejorando las características de la consistencia en la producción de jugos y bebidas. La pectin metil esterasa separa los grupos metoxilo para formar metanol y metoxil pectina de baja densidad (Madden, 2000, p. 9).

### 1.2.3.1.2 POLIGALACTURONASA

La enzima poligalacturonasa proviene de la fermentación del microorganismo *Aspergillus niger* CH4 mediante el suplemento de fuentes como la glucosa, sacarosa y ácido galacturónico. Esta enzima tiene una elevada especificidad y rompe enlaces 1-4 de las unidades glucosídicas entre las moléculas de ácido galacturónico no esterificado (Panesar et al., 2010, p. 113).



**Figura 1.10.** Molécula de pectina fragmentada por la acción enzimática de poligalacturonasa (Madden, 2000, p. 9)

La Figura 1.10 muestra la acción de la enzima exo-poligalacturonasa en una cadena de pectina que presenta un extremo de la molécula de ácido galacturónico no esterificado en el lado derecho de la estructura. Estudios recientes muestran que estos polisacáridos son ramificados por otras moléculas como azúcares en el caso de las frutas, necesitando el empleo de otras enzimas para la fragmentación de estas cadenas. Otra acción importante de la Figura 1.10 es la representada por la endo-poligalacturonasa y la pectinliasa que actúa rompiendo enlaces entre los residuos de ácido galacturónico no esterificado (Madden, 2000, p. 9).

#### **1.2.3.1.3 XILANASAS**

La producción de esta enzima se realiza a partir de las cepas del hongo *Thermomyces lanuginosus*, este tipo de enzimas son usadas en la industria ya que presentan alta estabilidad térmica. Su principal característica es la de fragmentar las paredes celulares rompiendo las cadenas de hemicelulosa y lignina, bajando la viscosidad y aumentando el porcentaje de asimilación de sustancias proteicas (Panesar et al., 2010, p. 113).

#### **1.2.3.1.4 CELULASAS**

Esta enzima se obtiene de cepas de *Aspergillus niger*, *Bacillus circulans*, *Penicillium emersonii*, etc. Su actividad se centra en la hidrólisis de la molécula de celulosa, fragmentándola en monómeros de glucosa. Si bien la celulosa es el polisacárido más difícil de hidrolizar por no tener en el tracto digestivo enzimas para hidrolizarla, esta acción se puede complementar con la utilización de cocteles enzimáticos donde se puede hallar diferentes cepas de celulasas que atacan a las cadenas de la celulosa. La hidrólisis de la celulosa hace que los jugos y las bebidas se vuelvan más digeribles incrementando la asimilación nutricional con la ruptura de las paredes celulares en los alimentos (Panesar et al., 2010, p. 114).

En los últimos años esta enzima fue muy utilizada en las industrias alimentarias debido a que la hidrólisis de la materia celulósica favorece a la implementación de tecnologías nuevas en la elaboración de jugos y bebidas tales como la técnica de microfiltración, ósmosis inversa, clarificación, extracción de aromas, etc. (Panesar et al., 2010, p. 114).

También esta enzima incrementa los rendimientos al momento de despulpar las frutas, haciendo más rentable el proceso en la industria de jugos y bebidas y favoreciendo la calidad nutricional y sensorial (Panesar et al., 2010, p. 114).

### **1.3. FORMULACIÓN DE BEBIDAS**

En la época actual, debido el poco tiempo disponible, fruto de nuestras actividades cotidianas y la modernidad de la vida actual, se vuelve más complicado el poder elaborar una bebida de fruta natural, recurriendo a las bebidas envasadas que el mercado ofrece ya sea con fruta o con sabor a fruta (Profeco Reporta, 2014, p. 47).

Dentro de la producción de todos los alimentos a nivel mundial, la industria de las bebidas es un subsector muy fuerte en términos de valor agregado, tal es el ejemplo de las bebidas gaseosas, la industria cervecera, el vino y las bebidas hidratantes (Guimaraes, Klabjan y Almada-Lobo, 2011, p. 229).

Se puede definir en general a la industria de las bebidas como aquella que se encarga de la producción y envasado de jugos o bebidas (alcohólicas o no alcohólicas), que por su composición no suelen ser alimentos peligrosos o que produzcan intoxicaciones alimentarias (Lamas, 2014, p. 3).

Este tipo de productos son importantes en algunos países ya que de ellos dependen celebraciones y tradiciones que están arraigadas en la cultura de sus habitantes como es el caso del vino. Están supeditadas también de la legislación y de las



creencias religiosas que se profesan en las naciones. Ciertas bebidas son regularizadas por su contenido alcohólico y por los componentes funcionales que en la etiqueta se declare aunque cumplan todas las normas de calidad que el mercado actual exige (Marwaha, 2010, p. 187).

### **1.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS BEBIDAS**

El mercado de las bebidas está claramente dividido en dos grandes grupos: bebidas alcohólicas y bebidas no alcohólicas (Lamas, 2014, p. 3).

Las bebidas alcohólicas están representadas por: licores (whisky, ron, tequila), aguardiente, vino, cerveza, sidra, etc. Entre las bebidas no alcohólicas se encuentran productos como: jugos, bebidas saborizadas, bebidas refrescantes, bebidas gaseosas, bebidas suaves, agua purificada envasada, etc. (Marwaha, 2010, p. 187).

Las bebidas no alcohólicas, por su alto contenido de agua, favorecen el mantenimiento corporal previniendo la deshidratación del organismo. Aunque estas bebidas no son consumidas por su valor nutritivo sino por su poder refrescante, el azúcar contenido aporta una cantidad de calorías necesarias para el organismo (Marwaha, 2010, p. 188).

### **1.3.2. PROCESO DE ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE BEBIDAS DE FRUTAS**

De acuerdo a la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1). Se estipula como bebida de fruta a toda dilución que tenga como aporte jugo o pulpa de fruta con un mínimo del 10% (p/p) de sólidos y una adición de edulcorantes, saborizantes y preservantes permitidos.

Existe una amplia gama de bebidas de frutas en el mercado y estas varían de acuerdo al tipo de proceso que se aplique. Las condiciones y el tipo de

industrialización de productos y los insumos que se utilicen en la formulación determinan el tiempo de vida útil del producto, factor que indica al consumidor el periodo de tiempo en el que se debe tomar este tipo de bebidas para obtener las condiciones y características de la bebida de fruta (Marwaha, 2010, p. 188).

El consumidor también tiene disponible la información del contenido nutricional de la bebida y la formulación a través del etiquetado de los productos que por normativa las empresas fabricantes deben especificar (IFST, 2013, p. 56).

La fabricación de las bebidas de frutas tiene parámetros de control. Estos se monitorean durante todo el proceso de elaboración, dichos parámetros mantienen la calidad e inocuidad de la bebida; tal es el caso de la composición de la bebida, proceso de elaboración de la bebida, estabilidad del producto envasado y propiedades sensoriales (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 2).

### **1.3.2.1 COMPOSICIÓN**

El éxito en las ventas de una bebida producida a nivel industrial, depende directamente de diferentes factores entre los cuales están la composición y los ingredientes que son utilizados para la elaboración y la estandarización de un tipo exclusivo de bebida. Esta composición es evaluada previamente por pruebas a panelistas, haciendo análisis en cuanto a los atributos que presentan diferentes composiciones, estos análisis establecerán las composiciones ideales para que una nueva formulación de bebida tenga apertura para la elaboración a escala industrial (Mitchell, 1990, p. 90).

Se debe realizar un estudio al consumidor para tomar en consideración la aceptación del producto. Este estudio consiste en hacer encuestas al consumidor haciéndole degustar la bebida y formulando preguntas relevantes que el consumidor debe responder al momento de probar la formulación presentada (Mitchell, 1990, p. 90).

Si las respuestas del consumidor son favorables después de analizar estadísticamente los atributos de la bebida, el productor está en condiciones de tomar la decisión de producir una bebida con una nueva formulación y posteriormente lanzarla al mercado. Otra consideración que el productor debe tomar en cuenta es: las legislaciones que cada país determina en cuanto a la composición de bebidas y sus permisos para utilizar ciertos componentes, esto tomando en cuenta la salud de las personas a través de los organismos que protegen al consumidor (United States International Trade Commission, 2001, p. 10-10).

Actualmente se ha incrementado las enfermedades cardiovasculares e intolerancias que muchas personas padecen por el consumo de sus alimentos. Es así que las industrias han establecido la posibilidad de formular bebidas funcionales para cada segmento de mercado de acuerdo al padecimiento de molestias crónicas. Estas bebidas presentan en su composición analitos que ayudan a la prevención de dolencias o al tratamiento de una manera sencilla mediante la ingesta de antioxidantes, vitaminas y minerales (Gunathilake, Vasantha Rupasinghe y Pitts, 2013, p. 535).

Las bebidas refrescantes presentan una baja posibilidad de intoxicación y es muy raro encontrar casos de enfermedades producidas por la ingesta de bebidas. Es así que las composiciones de las bebidas son tratadas desde un punto de vista microbiológico para asegurar inocuidad en cada uno de los productos (Lamas, 2014, p. 8).

Los principales componentes de las bebidas de frutas que se encuentran en el mercado son: pulpa o jugo de fruta, agua, azúcar, saborizantes, colorantes, acidificantes, estabilizantes y preservantes (Steen y Arhurst, 2006, p. 53).

**Pulpa o jugo de frutas.-** Es la esencia misma de las bebidas de frutas, le provee identidad a la bebida. Es el principal factor que el consumidor observa al momento de

adquirir una bebida ya que aporta el sabor, aroma y el color principal de la bebida (Steen y Arhurst, 2006, p. 53).

**Agua.-** Es el mayor componente de las bebidas, es el diluyente de todos los demás ingredientes en la formulación química. Las normas exigen agua tratada para la utilización y evitar riesgos microbiológicos. En bebidas refrescantes es el componente hidratante fortaleciendo el metabolismo del cuerpo (Varnam y Subertland, 1999, p. 77).

**Edulcorantes.-** Le da dulzor a la bebida. Esta sustancia actúa como componente de sinergia y da balance al sabor (Steen y Arhurst, 2006, p. 53).

**Saborizantes.-** Este componente, en algunos productos, es utilizado como un ingrediente para potencializar el sabor que ya le otorga la misma fruta, y en otros casos, el formular una bebida con un saborizante artificial sirve para enmascarar sabores que posee la fruta misma y que no son muy apetecidos por el consumidor, dándole un atributo adicional al producto (Varnam y Subertland, 1999, p. 81).

**Colorantes.-** Al igual que el componente saborizante, los colorantes, sean naturales o sintéticos, aportan la identidad a la bebida y le dan el color, parámetro que será relevante para el consumidor, ya que existen colores determinados dentro de las preferencias del consumidor, al momento de seleccionar un producto u otro (Varnam y Subertland, 1999, p. 87).

**Acidificantes.-** Generalmente se utiliza para la disminución del pH en la formulación de ciertas bebidas que no son cítricas. Este componente fortalece la presencia del sabor y le da más realce a los atributos sensoriales. También aporta en la prevención del ataque por microorganismos que proliferan en pHs ligeramente ácidos, neutros o básicos (Varnam y Subertland, 1999, p. 84).

**Estabilizantes.**- El estabilizante le da consistencia y evita la separación de los componentes de la bebida, favoreciendo a la emulsión y a las propiedades hidrocoloidales de las fases acuosas de la bebida (Varnam y Subertland, 1999, p. 90).

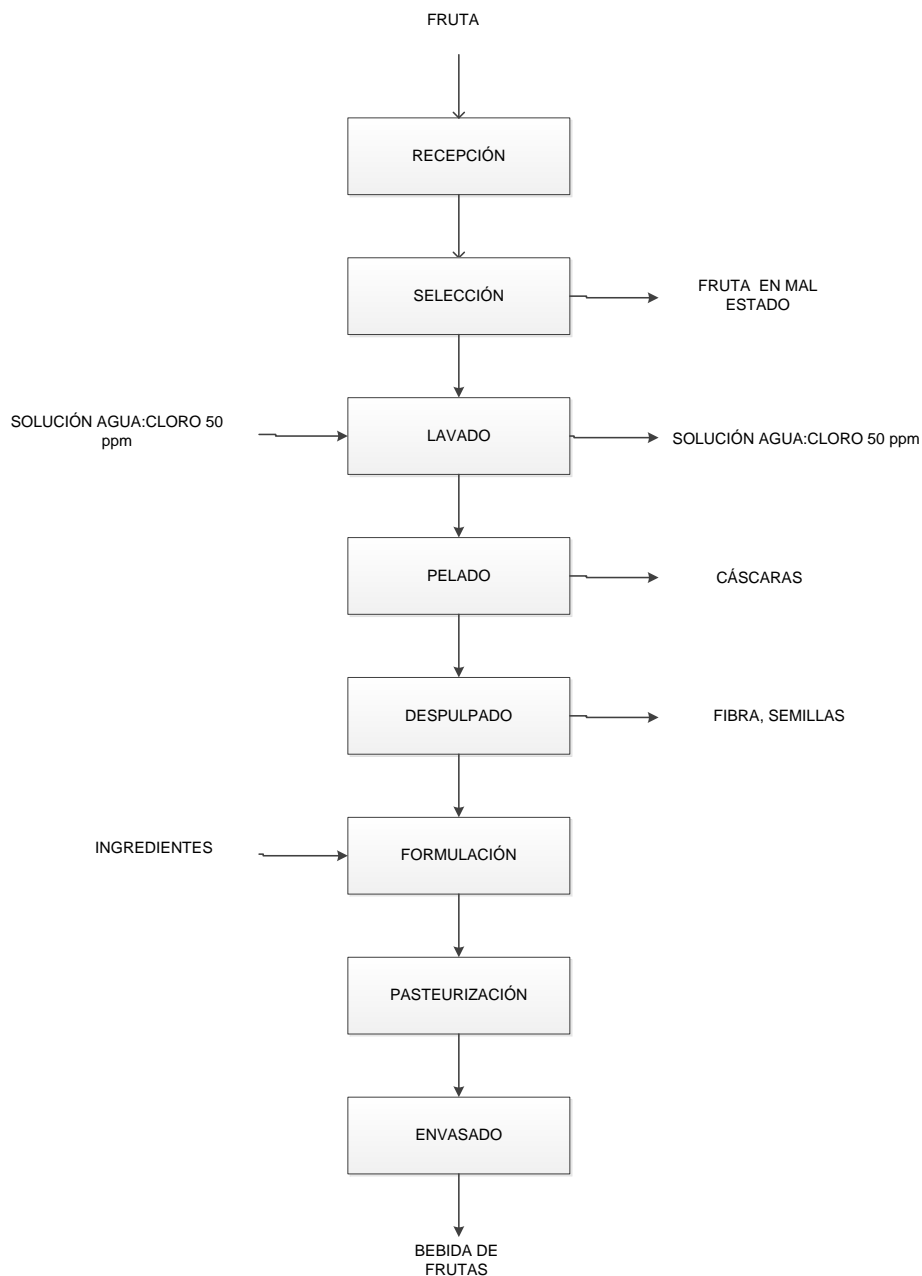
**Preservantes.**- Previene el crecimiento microbiológico, favorece la vida útil de la bebida incrementando el tiempo de consumo. Generalmente los preservantes están regulados por normas y su concentración depende del tipo de fruta que se esté utilizando en la formulación de la bebida (Varnam y Subertland, 1999, p. 90).

En otra gama de bebidas de frutas formuladas se encuentran las bebidas que son añadidas compuestos funcionales que le dan una característica única a estos productos. Así se dispone de bebidas enriquecidas con vitamina C, bebidas para deportistas con electrolitos como sodio, potasio, calcio, hierro, cocteles de frutas con una mezcla de componentes activos, bebidas con compuestos bioactivos para personas que padecen enfermedades crónicas (Varnam y Subertland, 1999, pp. 96-102).

Los compuestos bioactivos al momento de ser formulados en la bebida, empiezan una etapa de deterioro. Ciertos componentes se van degradando con la presencia de factores como la luz, la temperatura, etc. disminuyendo así el contenido y su disponibilidad en la bebida (Varnam, Subertland, 1999, pp. 96-102).

### **1.3.2.2 PROCESO**

Generalmente los procesos están estipulados en normas o simplemente se conocen empíricamente por experiencias anteriores que se ha desarrollado con diferentes frutas. El proceso puede variar de acuerdo a las características propias de las frutas, de la materia prima que se provea, de las instalaciones que se disponga e incluso de la mano de obra que se utilice para la elaboración de las bebidas (Marwaha, 2010, p. 190).



**Figura 1.11.** Diagrama del proceso de elaboración de bebidas de frutas  
(Modificado de Lamas, 2014, p. 5)

En la Figura 1.11 se detalla un proceso general para la elaboración de bebidas de frutas, cada operación unitaria que se muestra en la Figura 1.11 puede variar de acuerdo a las condiciones de manufactura ya mencionadas. El productor de la

bebida mediante cada una de las condiciones, determinará los puntos críticos y las variaciones que se aplique a los procesos ya establecidos (Lamas, 2014, p. 4).

### **1.3.2.3 ESTABILIDAD**

Al considerar la estabilidad en la formulación de bebidas hay varios puntos que deben ser tomados en cuenta como en el caso de la tensión que sufren los productos durante la producción, almacenamiento, transporte y consumo (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 2). Estos factores pueden ser: fluctuaciones de temperatura, exposición a la luz y al oxígeno, exposición a las fuerzas mecánicas, etc. (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 3).

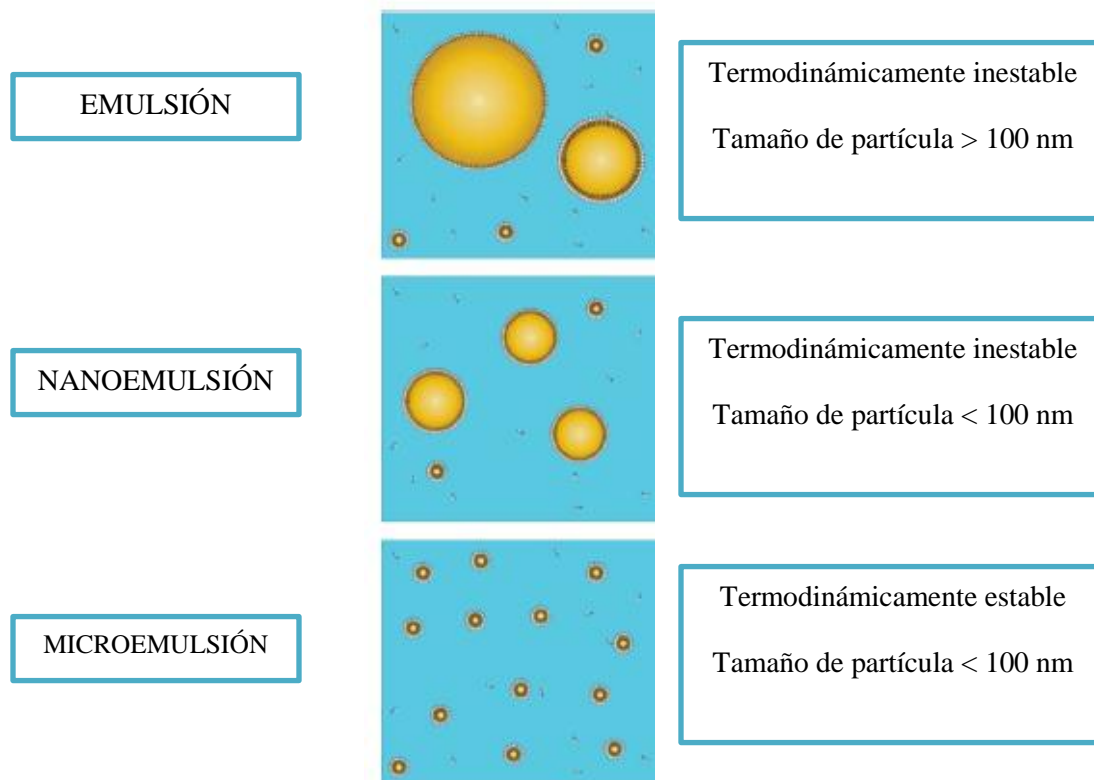
Las causas que influyen en este problema suelen ser el pH, interacciones entre los ingredientes, fuerzas iónicas y la exposición a microorganismos como levaduras, hongos o bacterias (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 3).

Termodinámicamente las bebidas presentan emulsiones inestables debido a la energía libre que disponen los sistemas de fases entre los componentes de la formulación. Este fenómeno que se presenta en bebidas formuladas pueden suceder por mecanismos de coalescencia, floculación, cremado y maduración de Ostwald (Grazibzahedi, Mousavi, Hamedi, Khodaiyan y Hadi, 2011, p. 1611).

Para este problema las industrias de las bebidas optan por utilizar un tipo de gomas que hacen que la emulsión sea efectiva y se evite la separación de las fases, las gomas más utilizadas son: Goma Arabiga, Goma Xanthan (Grazibzahedi et al., 2011, p. 1611).

Estas gomas en las bebidas aportan a la formación de sistemas coloidales para evitar que los ingredientes hidrofóbicos como aceites, saborizantes, vitaminas, etc., se separen de la emulsión cambiando la apariencia de la bebida. Estos sistemas

coloidales consisten en moléculas suspendidas en medio acuoso como por ejemplo: emulsiones, nanoemulsiones y microemulsiones (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 2).



**Figura 1.12.** Representación esquemática de sistemas de coloides en bebidas de frutas  
(Piorkowsky y McClements, 2013, p. 3)

En la representación de la Figura 1.12 se muestra los sistemas de coloides (en amarillo) que se pueden formar en las bebidas de frutas al realizar la emulsión de los componentes. La estabilidad depende directamente del tamaño de la partícula y de cómo se encuentre dispersa la partícula en el sistema. La diferencia entre nano y micro emulsión es que la micro emulsión ofrece estabilidad al sistema coloidal (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 3).



#### 1.3.2.4 PROPIEDADES SENSORIALES

Las propiedades sensitivas suelen ser las de mayor importancia al momento de formular, aunque no deberían influir negativamente en las propiedades organolépticas de la bebida (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 2).

Los sentidos que el consumidor utiliza para la apreciación de una bebida son: la vista, el olfato y el gusto a través de los atributos del color, aroma, sabor y textura. Dentro de estas propiedades también se deben considerar las características reológicas de las bebidas, propiedad que está en función de los porcentajes en la formulación de cada uno de los componentes (Piorkowsky y McClements, 2013, p. 2-3).

#### 1.3.3. RIESGOS EN LA FORMULACIÓN DE LAS BEBIDAS

Por la composición y las características, las bebidas no suelen ser alimentos que produzcan intoxicación aunque por el procesamiento, el envasado y el método de expendio hacen que se utilice medidas higiénicas durante la fabricación de estos productos debido a brotes de enfermedades presentadas en la actualidad (Lamas, 2014, p. 3).

Los riesgos más importantes en la industria de las bebidas son:

**Físicos.-** Mediante la ruptura o fraccionamiento de cristales o la presencia de cualquier objeto extraño durante el proceso del envasado (Lamas, 2014, p. 3).

**Químicos.-** Este riesgo está latente en el proceso, se puede presentar por residuos tóxicos en cualquier material que se utilice o un exceso de alguna sustancia utilizada como componente de la bebida utilizada en una dosis no adecuada o no recomendada por las normas (Lamas, 2014, p. 3).

**Microbiológicos.-** Este riesgo es más latente en bebidas refrescantes como aguas, jugos, etc. En bebidas alcohólicas, el alcohol que estas bebidas contienen, actúa como desinfectante por lo que se reduce el riesgo por contaminación microbiológica. Otro factor que influye en la presencia de microorganismos es el pH de la bebida (Lamas, 2014, p. 4).

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1. OBJETIVOS**

#### **2.1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Obtener una bebida saborizada a partir de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K), la misma que presente características funcionales para el consumidor y sea un aporte dentro de la dieta alimentaria para su nutrición.

#### **2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la caracterización física y química de la fruta de chontaduro mediante el empleo de métodos estandarizados.
- Desarrollar el método para la obtención de la pulpa de chontaduro y determinar diferentes formulaciones mediante un diseño de experimentos, para obtener la bebida que el consumidor seleccione a través de análisis sensoriales.
- Realizar un estudio de estabilidad a diferentes temperaturas para estimar el tiempo de vida útil de la bebida y probar si se mantienen sus propiedades a través del tiempo.
- Diseñar la planta de producción para la bebida saborizada de chontaduro gracias al cálculo y dimensionamiento de equipos necesarios para implementar este proceso.
- Realizar el estudio de prefactibilidad financiera para el proceso de la obtención de la bebida saborizada de chontaduro mediante el empleo de indicadores,

que permitan conocer la pre factibilidad de elaboración del proceso y su rentabilidad en el tiempo.

## 2.2. MATERIALES

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la planta piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB), perteneciente a la Escuela Politécnica Nacional. Para el desarrollo del estudio se utilizaron los siguientes materiales:

- Botellas de vidrio de 250 mL
- Calibrador pie de rey
- Chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K)
- Micropipetas de 1, 5 y 10 mL
- Termómetro de mercurio de 50 °C
- Tubos de centrifuga
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 500 mL

### 2.2.1. REACTIVOS

- Benzoato de sodio ( $C_6H_5COONa$ ), La casa de los químicos Laquin Cia. Ltda.
- Enzima Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark®
- Enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes®
- Enzima Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®
- Sabor a vainilla blanca, La casa de los químicos Laquin Cia. Ltda.
- Sorbato de potasio ( $C_6H_7KO_2$ ), La casa de los químicos Laquin Cia. Ltda.

### 2.2.2. EQUIPOS

- Acelerador de haz de electrones lineal de 4,3 kW de potencia y 8 MeV de energía acoplado con transportadores de rodillos.
- Agitador de hélice, marca MOTOVARIO, acoplado a un motor de inducción monofásico marca EBERLE, modelo BK56B4/SM de 1/8 hp.
- Balanza analítica, marca METTLER, modelo PE 3600, 3 400 g  $\pm$  0,01 g.
- Balanza electrónica, marca FIDELITY MEASUREMENT, modelo FM 18, 500 kg  $\pm$  0,1 kg.
- Baño termostático, marca PRECISION SCIENTIFIC, modelo 25, 100 °C  $\pm$  0,1 °C.
- Centrífuga, marca THERMO SCIENTIFIC, modelo IEC CL31R MULTISPEED, 14 600 rpm  $\pm$  10 rpm.
- Colorímetro marca MINOLTA, modelo CR-200.
- Columna: YMC carotenoid column C30, 4.8  $\mu$ m, 250 mm
- Cuarto frío marca FOGEL REFRIGERATOR, modelo 5 400
- Desintegrador RITZ, modelo RP-8-K-115
- Despulpador marca LANGSEMPAK, modelo BALDOR
- Envasador aséptico
- Espectrofotómetro UV-VIS marca SHIMADZU, modelo 160-A
- Estufa marca BLUE M
- HPLC marca HP, modelo 1 050 con detector UV
- Licuadora marca PHILIPS, modelo RL 3 252
- Liofilizador marca STOKES
- Molino coloidal marca FRYMA, modelo MZ-80/R
- Olla de calentamiento de doble camisa a gas
- Olla de volteo de doble camisa marca HAMILTON KETTLES, modelo C, 200 L
- pH-metro marca ORIÓN, modelo 210 A
- Refractómetro marca ATAGO, modelo HSR-500
- Reómetro marca TA, modelo AR 2 000

- Termocupla marca EXTECH INSTRUMENTS, modelo EASYVIEW 15

## 2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA Y LA BEBIDA DE CHONTADURO

### 2.3.1. ORIGEN DE LA MUESTRA DE CHONTADURO

La fruta que se utilizó en la presente investigación se adquirió en el cantón Archidona, provincia de Napo (Figura 2.1). Este cantón se encuentra ubicado en el nororiente del Ecuador, goza de un clima cálido húmedo y su temperatura promedio es de 26 °C, dichas características hacen de este cantón un lugar visitado por turistas nacionales y extranjeros en especial en el mes de abril donde se celebra el festival folclórico de la chonta, fruta tradicional de este sector.



**Figura 2.1.** Mapa de la provincia de Napo (Ayrton, 2012, p.1)

### 2.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DE CHONTADURO

La fruta de chontaduro fue almacenada en la planta piloto del DECAB en la cámara de refrigeración a la temperatura de 6 °C ± 2 °C.

### 2.3.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA FRUTA DE CHONTADURO

Para la caracterización física del chontaduro, luego de la recepción de las frutas adquiridas, las frutas fueron removidas de su racimo y clasificadas por su daño mecánico y grado de madurez, la selección se realizó por inspección a través de la vista y el tacto. A continuación pasaron al lavado donde, para este efecto, se preparó una solución de agua potable e hipoclorito a una concentración de 50 ppm, esta desinfección se realizó mediante la inmersión de la fruta en tanques con la solución desinfectante. Este procedimiento se utilizó para eliminar la contaminación que trae la fruta en su cáscara durante la cosecha y el transporte.

- **Color**

La medición de color se realizó mediante el empleo del colorímetro MINOLTA, modelo CR-200. Se tomó una muestra al azar de 20 frutas y se realizó mediciones por duplicado y se obtuvieron los parámetros L, a y b.

Dónde:

L = Coeficiente de luminosidad o claridad. Rango de valores: 0 (negro) a 100 (blanco).

a = Componente de color que varía de tono verde (valores negativos) a rojo (valores positivos).

b = Componente de color que varía de tono azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos).

- **Tamaño**

El tamaño de la fruta se determinó con la utilización de un calibrador pie de rey, a través del cual se midió los diámetros de una muestra al azar de 100 frutas, se obtuvo el promedio de las 100 mediciones para establecer la media del tamaño de la fruta.

- **Peso**

La determinación del peso se hizo con el uso de la balanza analítica METTLER, modelo PE 3600. Se obtuvieron los pesos de una muestra al azar de 100 frutas de las cuales se calculó el promedio de todas las mediciones para establecer la media del peso de la fruta.

### **2.3.2.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA FRUTA DE CHONTADURO**

Para la caracterización química de la fruta de chontaduro se utilizó el mesocarpio desintegrado posterior a los procesos de cocción y liofilizado a través del liofilizador marca STOKES. Dentro de los parámetros químicos, la caracterización corresponde:

- **pH**

El pH de la fruta se midió con el empleo del pH-metro ORION, modelo 210. Se preparó una solución 50:50 agua:harina a temperatura ambiente. Se tomaron tres mediciones del pH y se obtuvo la media.

- **Humedad**

La determinación de la humedad de la harina de chontaduro se realizó a través del método AOAC 934.01.



- **Cenizas**

Para la determinación del contenido de cenizas de la harina de chontaduro se siguió el método AOAC 923.03.

- **Proteína**

El contenido de proteína de la harina de chontaduro se cuantificó a través del método AOAC 2001.11.

- **Acidez titulable**

La determinación de la acidez titulable, se expresó como ácido cítrico monohidrato en la harina de chontaduro, se cuantificó por medio del método AOAC 924.15.

- **Fibra cruda**

La fibra cruda de la muestra de harina de chontaduro se determinó mediante el método ICC# 113.

- **Grasa**

La extracción de la grasa se realizó previo secado de la muestra por medio del método AOAC 934.01. La determinación de la grasa posterior al secado se valoró a través del método VELP Scientific SER 148.

- **Valor Calórico**

El valor calórico de la harina de chontaduro representa las kcal que el cuerpo humano gana al consumir esta fruta. Este parámetro se determinó mediante el método de la FAO.

- **Carbohidratos totales**

Los carbohidratos totales se calcularon por diferencia con el empleo del método de la FAO (Clegg, 1956.7, 40).

- **Sólidos solubles**

Los sólidos solubles (°Brix), se obtuvieron a través del método AOAC 932.12 con el empleo del refractómetro portátil marca ATAGO modelo HSR-500, para el cual 1 °Brix es igual a 1 g de sacarosa en 100 g de solución (% w/w).

- **Minerales**

El contenido de minerales en la muestra de harina de chontaduro se cuantificó mediante espectrofotometría de absorción atómica por digestión de microondas y emisión atómica por flama (DECAB, 2001). Los minerales que se cuantificaron se muestran en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Minerales cuantificados en harina de chontaduro

<b>Mineral</b>	<b>Método</b>
Sodio	Absorción atómica
Potasio	Absorción atómica
Hierro	Absorción atómica
Calcio	Absorción atómica

- **Polifenoles**

La cuantificación de polifenoles solubles totales en la harina de chontaduro se realizó a través del método de Folin modificado de Georé y Brat (2005). En el cual se determina la cantidad de este analito a través de espectrofotometría con el uso del espectrofotómetro UV-VIS marca SHIMADZU, modelo 160-A.

- **$\beta$ -Carotenos**

El analito de importancia en la fruta de chontaduro se determinó por medio de cromatografía líquida de alta resolución con el empleo del HPLC marca HP, modelo 1050 con detector UV y la columna YMC carotenoid column C30, 4,8  $\mu$ m, 250 mm. El procedimiento se detalla en el Anexo I. Método modificado de Britton, G. Liaaen, S. y Pfander, H. (1995). Carotenoids, isolation and analysis, volumen 1A. Birkhauser, Basel; Boston; Berlin.

### **2.3.3. CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO**

La caracterización de la bebida de chontaduro se llevó a cabo con muestra obtenida el día del envasado de la bebida. Se cuantificaron parámetros físicos y químicos.

### **2.3.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA BEBIDA DE CHONTADURO**

El parámetro físico que se determinó en la bebida saborizada de chontaduro fue el color mediante el empleo del colorímetro MINOLTA, modelo CR-200. Se tomó una muestra de 50 mL en un recipiente de color blanco. Se tomaron tres mediciones expresados con los parámetros L, a y b.

### **2.3.3.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA BEBIDA DE CHONTADURO**

En la caracterización química de la bebida saborizada de chontaduro se determinaron los siguientes parámetros:

- **pH**

El pH de la bebida saborizada de chontaduro se midió con el empleo del pH-metro ORION, modelo 210. Se determinó por medio de la toma de 3 mediciones introduciendo el electrodo en la bebida y esperando que se estabilice el valor en el equipo.

- **Humedad**

La determinación de la humedad de la bebida saborizada de chontaduro se realizó al vacío a través del método AOAC 934.01.

- **Cenizas**

Para la determinación del contenido de cenizas en la bebida saborizada de chontaduro se siguió el método AOAC 923.03.

- **Proteína**

El contenido de proteína de la bebida saborizada de chontaduro se cuantificó a través del método AOAC 2001.11.

- **Azúcares**

El contenido de azúcares de la bebida saborizada de chontaduro se determinó a través de azúcares totales y azúcares reductores, expresados como glucosa por medio del método Miller, G.L o DNS (ácido dinitrosalicílico).

- **Fibra cruda**

La fibra cruda en la bebida saborizada de chontaduro se determinó mediante el método ICC# 113.

- **Grasa**

La determinación del extracto etéreo en la bebida saborizada de chontaduro se realizó por medio del método AOAC 922.06 que establece el procedimiento para su cuantificación en bebidas de frutas.

- **Valor Calórico**

El valor calórico de la bebida saborizada de chontaduro se determinó mediante el método de la FAO/OMS (5).

- **Carbohidratos totales**

Los carbohidratos totales se establecieron con el empleo del método de la FAO (Clegg, 1956.7, 40). Este parámetro se calculó por diferencia, restando de 100 los porcentajes de proteína, grasa, cenizas y humedad como se presenta en la Ec 2.1.

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - \text{Grasa} - \text{Ceniza} - \text{Humedad} \quad [2.1]$$

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales se obtuvieron a través del método AOAC 934.01. Representa la fracción sólida de la bebida excepto el agua.

- **β-Carotenos**

El analito de importancia en la bebida saborizada de chontaduro se determinó a través de cromatografía líquida de alta resolución con el empleo del HPLC marca HP, modelo 1050 con detector UV y la columna YMC carotenoid column C30, 4,8 μm, 250 mm. El procedimiento se detalla en el Anexo I. Método modificado de Britton, G. Liaaen, S. y Pfander, H. (1995). Carotenoids, isolation and analysis, volumen 1A. Birkhauser, Basel; Boston; Berlin.

## **2.4. OBTENCIÓN DE LA PULPA DE CHONTADURO**

Para la obtención de la pulpa de chontaduro se estableció el siguiente proceso:

- Las frutas luego del lavado y desinfección, fueron llevadas a cocción a temperatura de ebullición con una relación de fruta:agua (1:3) durante 60 min. Para esto se empleó una olla de volteo de 200 L.

- Posteriormente las frutas fueron peladas, la cáscara fue removida de forma manual y, con el uso de cuchillos, las frutas fueron partidas y el almendro retirado.
- Con el fin de disminuir el tamaño de la partícula se desintegró la fruta con el empleo del desintegrador RIETZ, modelo RP-8-K-115.

#### **2.4.1. HIDROLIZADO ENZIMÁTICO**

Para incrementar los rendimientos de extracción en pulpa y el aumento de sólidos solubles, la fruta desintegrada fue hidrolizada en el baño termostático PRECISION SCIENTIFIC a prueba de laboratorio. Para la hidrólisis se utilizó tres cocteles enzimáticos: Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark<sup>®</sup>; Pectinex Ultra SP-L Novozymes<sup>®</sup> y Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties<sup>®</sup>. Se hizo un ensayo inicial con cada enzima para determinar el efecto de la concentración de las enzimas sobre la cantidad de solubles.

Se analizaron tres concentraciones de enzima como se muestra en la Tabla 2.2. Se incubó cada muestra por 3 h a 30 °C manteniendo agitación constante. Cada 30 min se tomaron muestras y el parámetro de medición fue los sólidos insolubles en suspensión (SIS) mediante el método A.O.A.C (1998) donde con el uso de la centrífuga THERMO SCIENTIFIC, modelo IEC CL31R MULTISPEED, se separó el sobrenadante y se pesó la fracción de sólidos en la balanza analítica METTLER modelo PE 3600. También se determinó la cantidad de sólidos solubles mediante el método A.O.A.C 932.12 y viscosidad mediante reometría con el empleo del reómetro marca TA modelo AR 2000.

**Tabla 2.2.** Enzimas utilizadas en la hidrólisis de la fruta de chontaduro a diferentes concentraciones

<b>Enzima</b>	<b>Concentración (mL/kg)</b>
Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark®	1,0
	1,5
	2,0
Pectinex Ultra SP-L Novozymes®	1,0
	1,5
	2,0
Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®	1,0
	1,5
	2,0

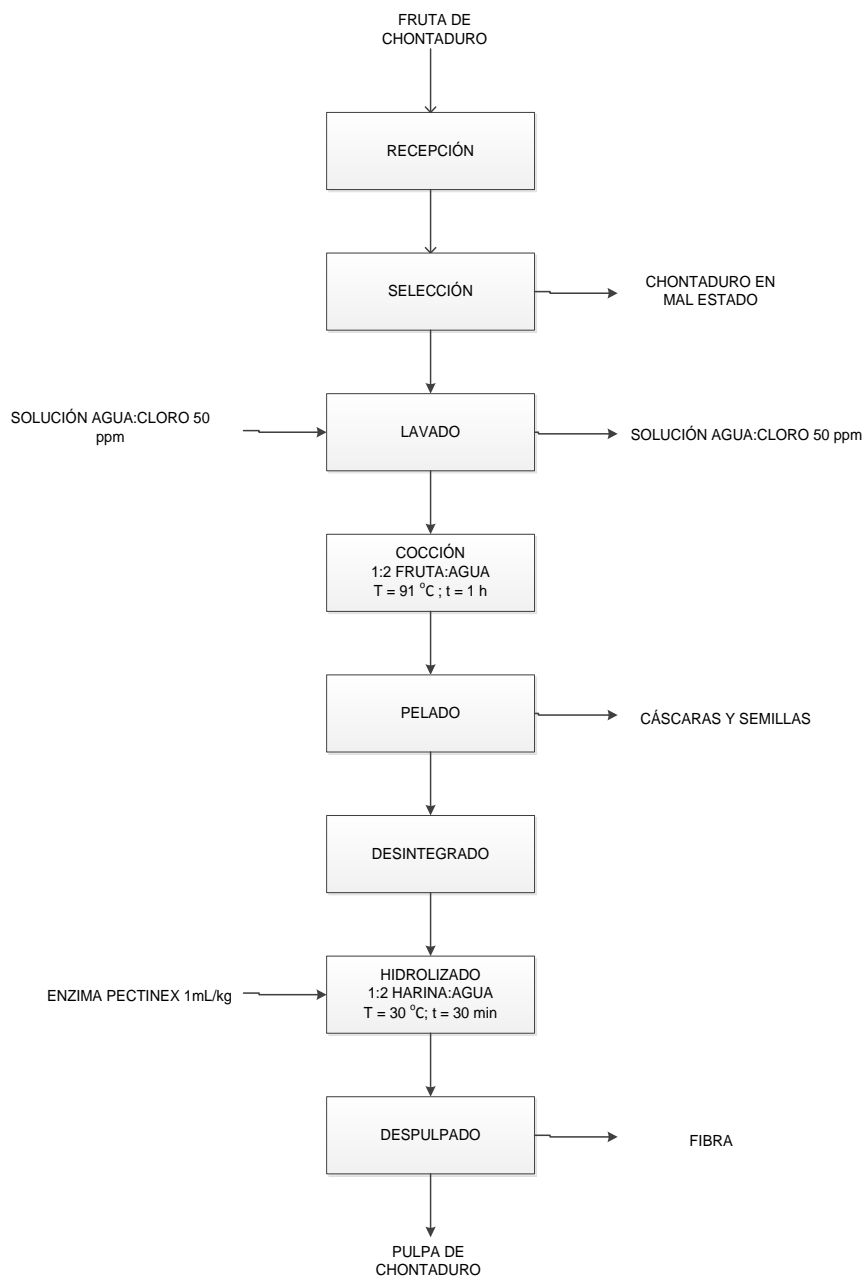
Con los resultados se realizó un análisis de interacciones entre la concentración y el tiempo con el parámetro de sólidos insolubles en suspensión para seleccionar la enzima que presente las mejores condiciones de la pulpa en relación a apariencia de la pulpa, mediante la variación de los parámetros de concentración y el tiempo de hidrólisis.

#### **2.4.2. DESPULPADO**

Seleccionada la enzima que presentó las mejores condiciones, se procedió a hidrolizar la fruta a las condiciones validadas a nivel piloto, en la olla de calentamiento de doble camisa a gas con agitación constante a través del agitador de hélice marca FISHER SCIENTIFIC. Primero, se pesó la harina de chontaduro en la balanza electrónica FIDELITY MEASUREMENT, modelo FM 18 III, se midió el volumen de la enzima para ser inoculado y se homogenizó la solución de fruta, agua y enzima en el molino coloidal marca FRYMA, modelo MZ-80/R. Posteriormente, la fruta de chontaduro hidrolizada y homogenizada se despulpó con el empleo del



despulpador marca LANGSEMPAK, modelo BALDOR. La Figura 2.2 muestra el diagrama del proceso para la obtención de la pulpa.



**Figura 2.2.** Esquema del proceso para la obtención de la pulpa de chontaduro

## 2.5. FORMULACIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO

Para establecer las formulaciones de la bebida saborizada de chontaduro se utilizó un diseño factorial  $3^2$ , donde las variables fueron: cantidad de pulpa de chontaduro hidrolizada a tres niveles en peso (25%, 30%, 35%) y la cantidad de saborizante (vainilla) a tres niveles en peso (0,05%, 0,10%, 0,15%). Las formulaciones se completaron con agua hasta obtener el 100% en peso, se adicionó azúcar hasta completar 12 °Brix. Todas las formulaciones fueron pesadas en la balanza analítica METTLER, modelo PE 3600 y homogenizadas en la licuadora marca PHILIPS modelo RL 3252.

**Tabla 2.3** Variaciones de niveles de los factores en la bebida saborizada de chontaduro

Formulación	Pulpa de chontaduro hidrolizada (%)	Saborizante vainilla (%)
1	25,0	0,05
2	25,0	0,10
3	25,0	0,15
4	30,0	0,05
5	30,0	0,10
6	30,0	0,15
7	35,0	0,05
8	35,0	0,10
9	35,0	0,15

Se obtuvieron 9 mezclas de bebidas como se muestra en la Tabla 2.3. Estas mezclas de bebidas fueron estabilizadas térmicamente para garantizar que el producto sea inocuo. Se tomó como microorganismo de referencia la *Escherichia Coli* O157:H7 con un D (4,1-6,4 min) a una temperatura de 70 °C, ésta temperatura se controló con una termocupla marca EXTECH INSTRUMENTS modelo EASYVIEW 15. Luego, la bebida fue envasada en botellas de vidrio (Pantoja et al., 2005, p.96).

### 2.5.1. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial fue el parámetro de control conjuntamente con el contenido de  $\beta$ -carotenos. Para determinar la mejor formulación se aplicó un diseño de bloques incompletos balanceados (Montgomery, 2004, pp. 154-161). Se evaluaron los atributos sensoriales de sabor a vainilla, aroma a vainilla, sabores extraños y textura mediante escalas continuas de 10 cm de longitud, tomando en cuenta, que el extremo izquierdo corresponde a “débil intensidad” del atributo y el extremo derecho a “fuerte intensidad” del atributo. Los panelistas fueron previamente entrenados. Recibieron cuatro muestras codificadas con 3 dígitos (Ureña, Arrigo y Girón, 1999, p. 111; Cochran, 1983, p. 519).

**Tabla 2.4.** Diseño de bloques incompletos balanceados para análisis sensorial

Mezclas (%pulpa:%vainilla)	Panelistas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 (25:0,05)	x		x	x	x					x			x	x	x			
2 (25:0,10)		x		x			x	x		x	x		x					x
3 (25:0,15)			x	x			x		x		x	x			x		x	
4 (30:0,05)	x			x		x		x				x	x			x	x	
5 (30:0,10)					x	x		x	x	x	x			x			x	
6 (30:0,15)	x	x				x	x				x			x	x	x		
7 (35:0,05)	x				x		x		x	x		x				x		x
8 (35:0,10)		x	x		x			x							x	x	x	x
9 (35:0,15)		x	x			x			x			x	x	x				x

Como se muestra en la Tabla 2.4, se entrenaron a los panelistas para el análisis sensorial, los cuales recibieron 4 muestras aleatorias de acuerdo al diseño experimental.

Se les proporcionó a los panelistas la cantidad de 20 mL de bebida en vasos de polietileno para que procedan a valorar los parámetros organolépticos. Un vaso de

agua se dispuso como agente neutralizador de sabores entre las muestras. El análisis se realizó en la mañana en el horario de 10:00 h a 11:00 h (Ureña et al., 1999, pp. 60).

Para seleccionar la mejor formulación, con cada uno de los datos recopilados, se realizó el análisis de varianza ANOVA al 95% de confianza, por medio del programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV. LI Plus Versión 5,1 para Windows.

Para encontrar la mejor formulación se empleó la ecuación de calidad basada en las características sensoriales:

$$Z = aX1 + bX2 + cX3 - dX4 \quad [2.2]$$

Donde los coeficientes a, b, c, d fueron el valor de las medias de cada formulación para el parámetro evaluado y las variables X1 = sabor a vainilla, X2 = textura, X3 = aroma a vainilla y X4 = sabores extraños, fueron los valores ponderados para cada atributo que se obtuvieron a través de encuestas a los panelistas.

## **2.6. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA BEBIDA**

Seleccionada la bebida que presenta la mejor calidad, se realizó el estudio de estabilidad de la bebida. Para esto se elaboró la bebida con los ingredientes requeridos y la cantidad necesaria para el número de envases que se utilizaron en los análisis sensoriales y microbiológicos.

Los envases de vidrio se esterilizaron en el acelerador de electrones de la Escuela Politécnica Nacional a una dosis de adsorción de 25 kGy durante 35 min. Se envasó la bebida seleccionada en las botellas esterilizadas con el empleo del envasador aséptico, siguiendo el proceso de formulación de la bebida.

Las botellas de bebida saborizada de chontaduro se almacenaron a tres condiciones de temperatura:  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el cuarto frío marca FOGEL REFRIGERATOR modelo 5400;  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  a temperatura ambiente y  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la estufa marca BLUE M, durante 45 días.

Esta evaluación se realizó con el fin de determinar el tiempo de vida útil de la bebida mediante la aplicación de la ecuación de Arrhenius, la misma que establece una relación matemática entre la constante específica de velocidad de la reacción química y las temperaturas seleccionadas. Se tomaron muestras a 0, 15, 30 y, 45 días y se realizaron análisis microbiológicos en cada uno de estos días (contaje total de aerobios, análisis de hongos y levaduras y recuento total de coliformes) y análisis sensorial (aroma, color) y textura mediante panelistas entrenados.

## **2.7. DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO**

Para diseñar la planta de producción se realizó un estimado sobre la producción de chontaduro en la provincia de Napo. Con la cantidad de fruta producida se calcularon todos los materiales necesarios en el proceso y la energía que se requiere para el funcionamiento. Además, se seleccionaron los equipos que se utilizaron en cada uno de los procesos y mediante catálogo y capacidad, los equipos fueron escogidos para el diseño de la planta. Se dibujó un diagrama de bloques para el proceso de producción de la bebida saborizada de chontaduro (BFD), diagrama de flujo para el proceso tecnológico en la elaboración de la bebida (PFD), un “lay out” del área de producción con sus elevaciones y cortes, división de áreas sanitarias y para el personal administrativo, flujo de producto y movimiento de trabajadores en la planta.

## **2.8. ESTUDIO DE PRE- FACTIBILIDAD FINANCIERA**

Tomando en cuenta la probable ejecución del proyecto, se realizó el estudio de pre factibilidad financiera para el proceso de obtención de la bebida mediante el cálculo de costos de materias primas, proceso, equipos, trabajadores, costo de la planta y costo de operación. Se calcularon el TIR, el VAN y el punto de equilibrio.

### 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA Y LA BEBIDA DE CHONTADURO

##### 3.1.1. OBTENCIÓN DE LA FRUTA DE CHONTADURO

La obtención de la fruta de chontaduro que se utilizó en esta investigación se realizó en la Finca Tío Libio, Cantón Archidona, Provincia de Napo, a 174 Km de Quito. Se escogió este lugar por sus bondades en cuanto a la producción del chontaduro.

La Finca Tío Libio, es un lugar dedicado al ecoturismo y al cultivo de especies autóctonas, entre ellas el chontaduro (*Bactris gasipaes*) como se puede observar en la Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Finca Tio Libio, Cantón Archidona, lugar de donde se obtuvo la fruta de chontaduro

En este lugar se compró 5 racimos de chontaduro los mismos que fueron trasladados inmediatamente a Quito, lugar donde se realizó la obtención de la bebida saborizada. Se liberó a las frutas del racimo y se pesaron obteniendo la cantidad de 36,1 kg de fruta fresca que posteriormente se almacenó en gavetas en la cámara de refrigeración de la planta piloto del DECAB a una temperatura de 6 °C, con el objetivo de evitar deterioros debido a la temperatura ambiente y la fermentación (Mora Urpi et al., 1997, p. 20).

### 3.1.2. CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DE CHONTADURO

#### 3.1.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA FRUTA DE CHONTADURO

Como primer paso realizado en esta esta investigación, se caracterizó físicamente la fruta de chontaduro. Dentro de los parámetros que se valoraron están el peso y el diámetro, como se observa en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Valores de la caracterización física de la fruta de chontaduro

Parámetro	Valor medio	Valor mínimo	Valor máximo	Unidades
Peso	27,17 ± 3,88	17,30	35,40	g
Diámetro	34,58 ± 2,10	27,85	38,70	mm

Media ± DE (n=100)

Se tomó una muestra al azar de 100 frutas las cuales fueron de tamaño variado, se midieron los pesos de cada una de ellas para hacer un análisis estadístico encontrándose que hubieron frutas con un peso mínimo de 17,3 g y un peso máximo de 35,4 g.

Esta variable demuestra que en los frutos de un mismo racimo presentan diferentes tamaños de acuerdo a su ubicación en la planta (CORPOICA, 1996, p. 6).



La forma que presentaron los frutos era de lo más significativo, se encontraron chontaduros redondos y otros alargados, de esta forma el diámetro de la fruta tuvo un rango de 27,85 mm como mínimo y un máximo de 38,70 mm.

Como la desviación estándar que se presenta es alta en los dos parámetros, se puede asegurar que el tamaño y la forma del fruto son muy heterogéneos, haciendo que dentro de la misma variedad se encuentre una diversidad de frutos en un mismo racimo.

Otro parámetro que se determinó dentro de la caracterización física de la fruta, consistió en el color que una muestra al azar de 100 frutas presentaron como se encuentra en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Valores de los parámetros de color de la fruta de chontaduro

Parámetro	L	a	b
Color	50,15 ± 5,77	23,30 ± 3,19	40,72 ± 9,74

Media ± DE (n=100)

Dónde:

L = Coeficiente de luminosidad o claridad. Rango de valores: 0 (negro) a 100 (blanco).

a = Componente de color que varía de tono verde (valores negativos) al rojo (valores positivos).

b = Componente de color que varía de tono azul (valores negativos) al amarillo (valores positivos).

De acuerdo al coeficiente de luminosidad (L), el color de la fruta de chontaduro esta entre negro y blanco. El componente de color (a) muestra que la fruta tiene un tono de coloración rojo, mientras que el componente (b) determina un color amarillo como se puede observar en la Figura 3.2.



**Figura 3.2.** Color de la fruta de chontaduro

Este parámetro físico se determinó con el uso del Colorímetro Minolta modelo CR-200, con el sistema CIELAB en coordenadas.

### **3.1.2.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA FRUTA DE CHONTADURO**

La caracterización química de la fruta de chontaduro se realizó con harina de chontaduro liofilizada. Este procedimiento se determinó a través de los parámetros que se presentan en la Tabla 3.3.

En lo que respecta a los resultados obtenidos en la caracterización, se puede decir que la fruta de chontaduro es parcialmente neutra, tiene un pH ligeramente ácido y se puede considerar como un alimento de riesgo microbiológico (Clement et al., 2004, p. 197).

Según Clement et al. (2004) el contenido de grasa es de 6 g en la fruta de chontaduro y está por debajo de las condiciones establecidas en otras frutas lo que la hace favorable al momento de formar emulsiones en la bebida, ya que en el extracto etéreo los  $\beta$ -carotenos se presentan al ser una vitamina liposoluble.

El valor de proteína (3,3 g/100g de fruta) y carbohidratos (34,9 g/100 g de fruta) son los que determina Clement et al. (2014) en la fruta de chontaduro aportando el valor calórico de 21 kcal/100 g de fruta que son proporcionados al consumir esta fruta.

La fibra que aporta esta fruta en la dieta representa el aporte del 5 % de la dieta diaria de una persona (2000 Kcal). La fibra ayuda al mejoramiento del tránsito intestinal de los alimentos.

En la composición de los minerales se puede afirmar que esta fruta es rica en potasio comparada con frutas como las bananas. Tiene una gran cantidad de sodio, hierro y calcio lo que hace que el chontaduro sea un alimento completo y que tenga un interés para la elaboración de subproductos en base a su calidad nutricional (Mora Urpi et al., 1997, p. 21).

**Tabla 3.3.** Caracterización química de la fruta de chontaduro

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Componentes próximos</b>			
pH		6,57 ± 0,007	
Humedad	AOAC 934.01	58,76 ± 0,056	% (g/100 g)
Cenizas	AOAC 923.03	0,65 ± 0,000	% (g/100 g)
Fibra cruda	ICC # 113	1,08 ± 0,077	% (g/100 g)
Extracto etéreo	AOAC 922.06	3,95 ± 0,007	% (g/100 g)
Proteína	AOAC 2001.11	2,06 ± 0,000	% (g/100 g)
Carbohidratos totales por diferencia	FAO	34,58 ± 0,000	% (g/100 g)
Acidez titulable	AOAC 942.15	0,29 ± 0,000	% (g/100 g)
Valor calórico	FAO	182,00 ± 0,000	kcal/100 g
<b>Minerales</b>			
Sodio	DECAB 01	97,90 ± 0,070	mg/kg
Potasio	DECAB 01	2 150,96 ± 0,056	mg/kg
Hierro	DECAB 01	17,62 ± 0,082	mg/kg
Calcio	DECAB 01	204,62 ± 0,056	mg/kg
<b>Analito</b>			
Polifenoles	Modificado de Georgé y Brat (2005)	41,51 ± 5,160	(mg/ g)
β-Carotenos	Modificado de Britton, et al. (1995)	12,32 ± 0,071	(mg/100 g)

Media ± DE (n=3)

Los analitos de interés en esta fruta que se cuantificaron son los polifenoles y  $\beta$ -carotenos. Como la mayoría de frutos de color amarillo, se establece un gran aporte de polifenoles y  $\beta$ -carotenos.

Los  $\beta$ -Carotenos que se reporta en la fruta de chontaduro de Archidona, son del orden de  $12,32 \pm 0,071$  mg/100g, y hacen de esta fruta un alimento importante para elaborar subproductos, incluso presentando mayor cantidad de  $\beta$ -Carotenos que en el chontaduro cuantificado por Clement et al. (2004), que reporta la cantidad de 1,1 mg/100g.

### 3.1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO

#### 3.1.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA BEBIDA DE CHONTADURO

De acuerdo al coeficiente de luminosidad (L), el color de la bebida saborizada de chontaduro está entre negro y blanco, con tendencia a un color oscuro. El componente de color (a) muestra que la fruta tiene un tono de coloración cercano al cero de esta manera se encuentra entre verde y rojo, mientras que el componente (b) determina un color amarillo por los valores positivos altos como se puede observar en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Valores de los parámetros de color de la bebida de chontaduro

Parámetro	L	a	b
Color	$40,38 \pm 0,26$	$-3,13 \pm 0,40$	$33,31 \pm 3,72$

Media  $\pm$  DE (n=4)

#### 3.1.3.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA BEBIDA DE CHONTADURO

La caracterización química de la bebida de chontaduro se determinó mediante los parámetros que se presentan en la Tabla 3.5.

El valor del pH de la bebida saborizada de chontaduro con respecto al de la fruta no presenta ninguna variación ya que ninguno de los ingredientes utilizados en la formulación de la bebida influye de manera significativa. Se sigue considerando la bebida como un alimento de riesgo por su pH cercano al neutro.

El contenido de grasa en la bebida presenta un valor de  $0,47 \pm 0,021$  g /100 g, mucho menor al de la fruta misma, su disminución, como el de otros parámetros, depende directamente de la hidrólisis enzimática y de los tratamientos térmicos aplicados.

**Tabla 3.5.** Caracterización física y química de la bebida de chontaduro

Parámetro	Método	Valor	Unidad
<b>Componentes próximos</b>			
pH		$6,50 \pm 0,000$	
Humedad	AOAC 934.01	$83,28 \pm 0,042$	% (g/100 g)
Cenizas	AOAC 923.03	$0,10 \pm 0,000$	% (g/100 g)
Fibra cruda	ICC # 113	$0,12 \pm 0,014$	% (g/100 g)
Extracto etéreo	AOAC 922.06	$0,47 \pm 0,021$	% (g/100 g)
Proteína	AOAC 2001.11	$0,00 \pm 0,000$	% (g/100 g)
Carbohidratos totales por diferencia	FAO	$16,24 \pm 0,063$	% (g/100 g)
Sólidos totales	AOAC 934.01	$16,82 \pm 0,042$	% (g/100 mL)
Valor calórico	FAO	$69,25 \pm 0,063$	kcal/100 g
Azúcares totales	Miller, G.L.	$2,42 \pm 0,042$	% (g/100 mL)
Azúcares reductores (como glucosa)	Miller, G.L.	$1,17 \pm 0,035$	% (g/100 mL)
<b>Analíto</b>			
$\beta$ -Carotenos	Modificado de Britton, et al. (1995)	$0,17 \pm 0,000$	(mg/100 g)

Media  $\pm$  DE (n=3)

El parámetro de proteína se reporta al valor de 0 g /100 g. Este componente nutricional importante de la bebida se cuantificó en la caracterización de la fruta con un valor de  $2,06 \pm 0,00$  g /100 g. En la bebida por efecto de la hidrólisis enzimática, la proteína no reporta valor dentro del método aplicado por lo que se puede afirmar que la hidrólisis con la enzima Pectinex<sup>®</sup> afecta directamente al contenido de proteínas.

El valor de fibra presenta una disminución por efecto del tratamiento enzimático, se reporta un valor de  $0,12 \pm 0,014$  g /100 g. Este parámetro es representativo debido a que la bebida aporta con fibra en la dieta alimenticia.

De acuerdo a la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1), el valor que presenta los sólidos totales está dentro del rango que especifica dicha norma, una bebida de fruta mínimo debe reportar un 10 % (m/m). Esta bebida contiene  $16,82 \pm 0,042$  % de sólidos totales, considerándose así dentro de la norma.

Se cuantificaron los azúcares de la bebida, tanto reductores como totales. El azúcar conjuntamente con los carbohidratos y la grasa aportan  $69,25 \pm 0,063$  kcal/100 g al consumir una botella de bebida de 250 mL, representando un 10 % en una dieta de 2000 Kcal/día.

La caracterización química de la fruta de chontaduro que se presenta en la Tabla 3.3. mostró que el chontaduro es una fuente rica en  $\beta$ -carotenos, vitamina que con los tratamientos térmicos y las diluciones realizadas, disminuye de manera significativa en la bebida, sin dejar de estar disponible esta vitamina para el consumo humano.

En 250 mL de bebida se encontraron 0,42 mg de  $\beta$ -caroteno. Se recomienda un requerimiento de ingesta diaria de esta vitamina de 3,5 mg de  $\beta$ -caroteno por día (Olmedilla, Granado y Blanco, 2001). Así, lo que se encontró, cubre un 15% del requerimiento de esta vitamina que, comparado con otros jugos de frutas existentes en el mercado como Nestle o Cifrut, aportan el mismo porcentaje de la vitamina A. La

ventaja que presenta esta bebida saborizada de chontaduro, es que es una bebida natural.

## 3.2. OBTENCIÓN DE LA PULPA DE CHONTADURO

La obtención de la pulpa de chontaduro se realizó mediante el diagrama de bloques del proceso de la Figura 2.1.

### 3.2.1. CLASIFICACIÓN DE LA FRUTA DE CHONTADURO

Para la obtención de la pulpa de chontaduro se utilizó el peso de la fruta sin clasificar que fue de 36,1 kg de chontaduro. Se clasificó la fruta obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Rendimiento en la clasificación de la fruta

<b>Peso fruta sin clasificar (kg)</b>	<b>Peso fruta clasificada (kg)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
36,10 ± 0,00	32,50 ± 0,00	90,03 ± 0,00

Media ± DE (n=3)

Se desechó un 10 % de fruta que presentó: maduración incompleta, maltrato mecánico, enfermedades, ataques de plagas, etc. Esta cantidad (10 %) de descarte es considerada como alta debido a que la cosecha de la fruta se realiza de forma artesanal y principalmente presenta alto daño mecánico por la altura de los árboles.



### 3.2.2. LAVADO DE LA FRUTA DE CHONTADURO

La fruta clasificada fue lavada con una solución de agua-cloro a una concentración de 50 ppm. La cantidad que se utilizó de agua y cloro se presenta en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Solución agua-cloro para el lavado de la fruta

Concentración (mg/L)	Volumen de agua (L)	Volumen de cloro (mL)
50,0	50,0	2,5

Este lavado se realizó con el fin de disminuir la carga microbiana que la fruta presenta por la cosecha en el campo y por la manipulación durante el transporte. Este paso fue importante para evitar contaminación en la cámara de refrigeración y durante el proceso de despulpado.

### 3.2.3. COCCIÓN DE LA FRUTA DE CHONTADURO

Debido a la dureza que tiene la fruta por naturaleza y para el posterior pelado, se realizó la cocción en una relación de fruta:agua, 1:2. Para esta operación se pesó 25 kg de fruta. Se tomó una alícuota de fruta lavada que se utilizó para la caracterización física y posteriores pruebas.

La cocción se realizó a temperatura de ebullición por 1 h. La cocción reblandece el mesocarpio y facilita el pelado.

### 3.2.4. PELADO DE LA FRUTA DE CHONTADURO

El pelado de la cáscara de la fruta se realizó de forma manual, con el uso de cuchillos. También se retiró el almendro que contiene la fruta en su interior (CORPOICA, 1996, p. 6). Los rendimientos en el pelado se muestran en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8.** Rendimiento en el pelado de la fruta

<b>Peso fruta (kg)</b>	<b>Peso mesocarpio (kg)</b>	<b>Peso cáscara y almendro (kg)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Pérdidas (%)</b>
25,0 ± 0,0	17,4 ± 0,0	7,2 ± 0,0	69,6 ± 0,0	1,6 ± 0,0

Media ± DE (n=3)

Se obtuvo un rendimiento del 70 % de pulpa con relación a la fruta clasificada. Los subproductos que se obtienen en el pelado, son de utilidad en diferentes industrias del carbón activado y la elaboración de abonos.

Las pérdidas en este proceso alcanzan el 30 % que representa 7,6 kg de cáscaras, semillas y frutas en mal estado con relación al peso de la fruta clasificada. Esto debido a que durante el pelado existieron frutas que presentaron en el mesocarpio daño por ataque de insectos y se desecharon.

El mesocarpio, obtenido del chontaduro después del pelado, conjuntamente con las cáscaras y los almendros removidos, se presentan en la Figura 3.3. El mesocarpio tiene un tono de color amarillo que se asocia con la presencia de  $\beta$ -carotenos. Este producto se debe almacenar inmediatamente en congelación para evitar el pardeamiento y fermentación (Mora Urpi et al., 1997, p. 20).



**Figura 3.3.** Mesocarpio de chontaduro (izquierda), cáscara y almendros removidos (derecha)

### **3.2.5. DESINTEGRACIÓN DEL MESOCARPIO DE LA FRUTA DE CHONTADURO**

La desintegración del mesocarpio de la fruta de chontaduro se realizó con la finalidad de disminuir el tamaño de la partícula de la fruta. Este proceso se realizó con el Desintegrador RITZ. Se desintegró la fruta hasta obtener harina de chontaduro. Esta harina se almacenó en fundas de polietileno de 2 kg en la cámara de congelación para evitar fermentación (Mora Urpi et al., 1997, p. 20).

### **3.2.6. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA**

#### **3.2.6.1. EVALUACIÓN DE SÓLIDOS INSOLUBLES EN SUSPENSIÓN (SIS)**

Para incrementar los rendimientos de extracción en pulpa, se evaluó el uso de enzimas previo al despulpado (Madden, 2000, p. 4). En este análisis, se varió la enzima y la concentración. Este efecto se valoró en un tiempo de 3 h.

El parámetro que se valoró fue el porcentaje de sólidos insolubles en suspensión mediante el método AOAC 1998. El principal objetivo de este procedimiento es la disminución de sólidos insolubles a través de la utilización de enzimas específicas en un tiempo determinado de actividad de la enzima a una temperatura de 30 °C,

incrementando los sólidos solubles y mejorando la textura de la solución harina:agua para el despulpado de la fruta. Las enzimas utilizadas y las concentraciones en la hidrólisis se presentan en la Tabla 3.9.

### 3.2.6.1.1 HIDRÓLISIS CON LA ENZIMA CELLUBRIX®

Con el propósito de disminuir los sólidos insolubles en suspensión, se realizó la hidrólisis con el coctel enzimático Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark®. Este coctel es específico para romper los enlaces polipéptidos y fraccionar en moléculas de glucosa (Panesar et al., 2010, p. 114).

En la Tabla 3.9 se muestran los porcentajes de sólidos insolubles en suspensión y su variación en el tiempo con la acción de la enzima Cellubrix® a tres concentraciones.

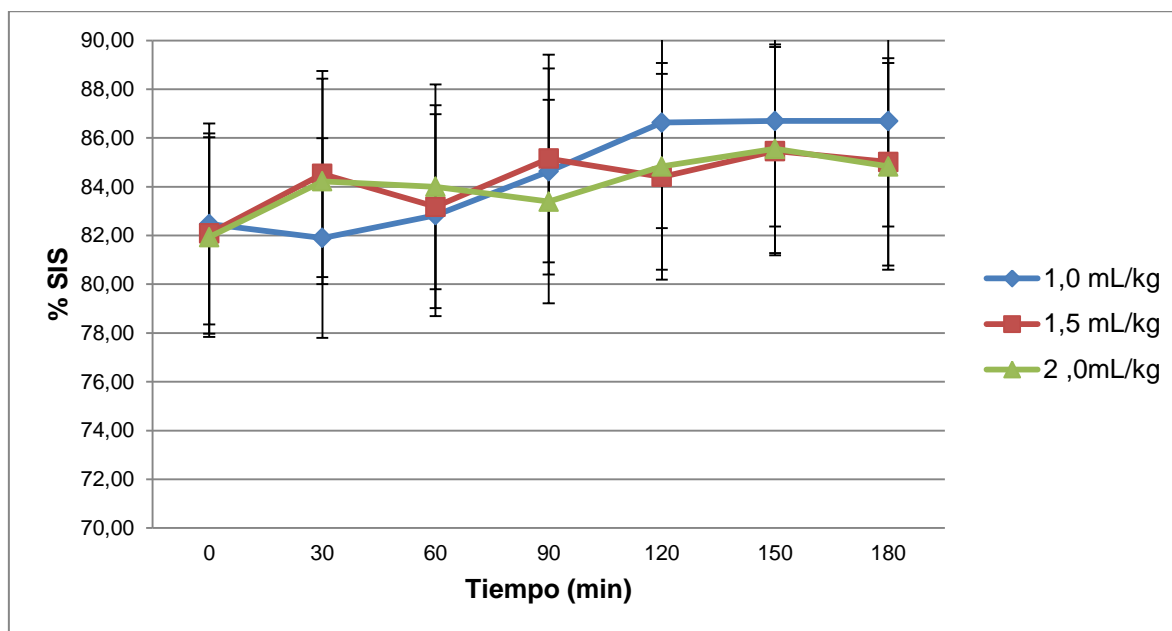
**Tabla 3.9.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Cellubrix™ L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark®

TIEMPO (min)	1,0 mL/kg	1,5 mL/kg	2,0 mL/kg
0	82,47 ± 0,61	82,08 ± 0,76	81,93 ± 0,61
30	81,90 ± 1,26	84,52 ± 0,25	84,22 ± 1,34
60	82,83 ± 1,57	83,18 ± 1,21	84,00 ± 1,15
90	84,63 ± 0,20	85,15 ± 1,25	83,39 ± 1,22
120	86,63 ± 0,37	84,40 ± 0,40	84,83 ± 0,03
150	86,70 ± 0,17	85,47 ± 1,29	85,56 ± 1,23
180	86,70 ± 0,02	85,02 ± 1,62	84,83 ± 0,03

Media ± DE (n=3)

El porcentaje de SIS se mantiene en el tiempo, los valores a las tres concentraciones son idénticos y no presentan variación alguna con el incremento de la concentración. No se identifica efecto alguno con la hidrólisis de la enzima Cellubrix®, puesto que el ANOVA da como resultado un valor F de 0,141 menor la valor F crítico de 3,555 para

las tres concentraciones. Esto se debe a que la harina de chontaduro no presente el componente celulósico en su estructura y no exista acción sobre éste polisacárido.



**Figura 3.4.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Cellubrix<sup>TM</sup> L, Novo Nordisk A/S, Bagsvaerd, Denmark<sup>®</sup>

El efecto de la variación del porcentaje de sólidos insolubles en suspensión se puede observar en la Figura 3.4, donde las líneas de tendencia de cada una de las tres concentraciones no presentan variación significativa con el efecto de la hidrólisis de la enzima Cellubrix<sup>®</sup>. El porcentaje de SIS no disminuye, lo que no hace favorable la enzimación en el parámetro SIS para el componente celulosa.

### 3.2.6.1.2 HIDRÓLISIS CON ENZIMA PECTINEX<sup>®</sup>

A partir de la conclusión del efecto de la enzima Cellubrix<sup>®</sup>, se realizó una nueva hidrólisis con la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes<sup>®</sup>, esta enzima es específica para fraccionar la molécula de pectina cortando los enlaces polipéptidos (Panesar et al., 2010, p. 111). La prueba se realizó a las condiciones establecidas de temperatura

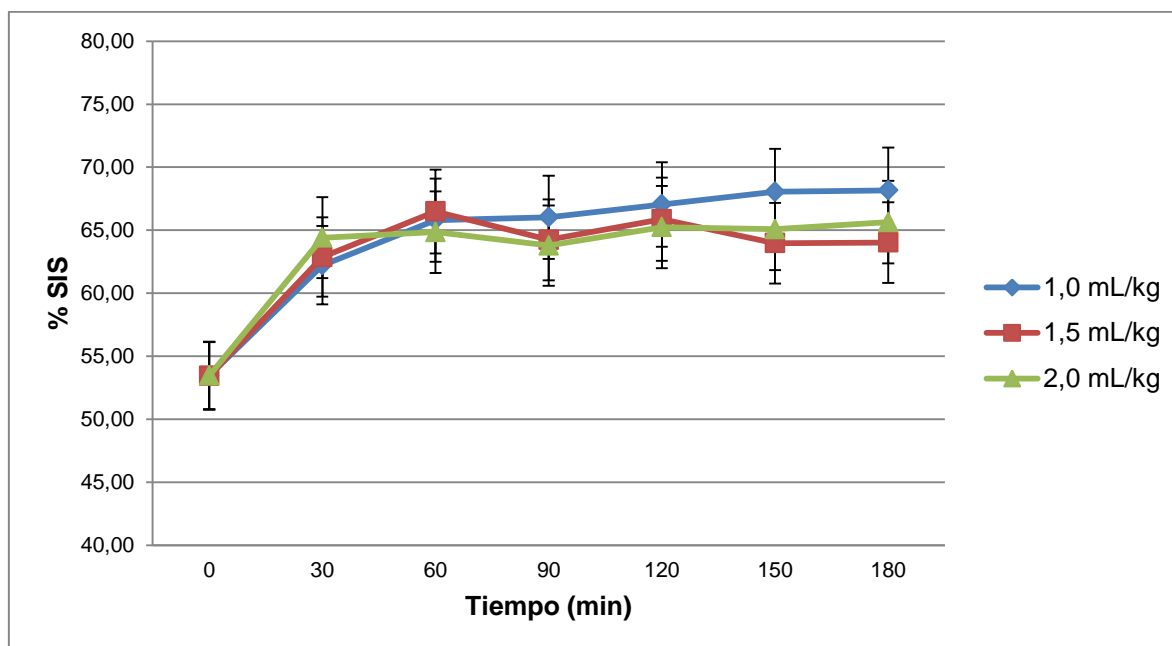
de 30 °C y la variación de las concentraciones de enzima de 1 mL/kg a 2 mL/kg. El resumen de resultados de variación de los sólidos insolubles en suspensión se presenta en la Tabla 3.10

**Tabla 3.10.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes®

TIEMPO (min)	1,0 mL/kg	1,5 mL/kg	2,0 mL/kg
0	53,47 ± 2,33	53,44 ± 2,05	53,47 ± 2,33
30	62,22 ± 1,42	62,88 ± 1,71	64,41 ± 0,48
60	65,80 ± 1,22	66,49 ± 1,66	64,85 ± 1,47
90	66,03 ± 0,33	64,24 ± 1,24	63,78 ± 4,78
120	67,04 ± 0,56	65,87 ± 1,78	65,24 ± 0,34
150	68,05 ± 0,25	63,98 ± 2,17	65,08 ± 1,59
180	68,16 ± 0,25	64,03 ± 1,42	65,64 ± 4,10

Media ± DE (n=3)

Comparado con la hidrólisis de la enzima Cellubrix® (Tabla 3.9), los resultados muestran que hay menor porcentaje de sólidos insolubles en suspensión en la solución de chontaduro, enzimada con Pectinex® (Tabla 3.10), y que los sólidos insolubles se mantienen a través del tiempo. No presenta variación significativa el incremento de la concentración de la enzima en la solución, puesto que el ANOVA presenta como resultado un valor F de 0,184 menor al valor F crítico de 3,555. Se puede considerar una presencia de pectina en la composición de la fruta de chontaduro, polisacárido que es degradado por la acción de la enzima Pectinex®.



**Figura 3.5.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes®

Las líneas de tendencia de la Figura 3.5, muestran que a partir del minuto 60 no existe variación significativa en el porcentaje de SIS a las tres concentraciones. La acción de la enzima Pectinex® sobre la solución de chontaduro, presenta efecto hasta la primera hora de hidrólisis que ya se ha degradado el polisacárido.

### 3.2.6.1.3 HIDRÓLISIS CON LA ENZIMA RAP VEGETABLE JUICE®

Para la hidrólisis de la mayoría de polipéptidos de la estructura celular de la fruta de chontaduro se empleó un coctel enzimático el cual se denomina como Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®. Esta enzima actúa en la fragmentación de moléculas como celulosa, hemicelulosa, pectina, etc, rompiendo enlaces glucosídicos  $\beta$  1-4 (Gil, 2010, p. 171).

La prueba se realizó a las condiciones establecidas de temperatura de 30 °C y la variación de las concentraciones de enzima de 1 mL/kg a 2 mL/kg. El resumen de

resultados de variación de los sólidos insolubles en suspensión se presenta en la Tabla 3.11.

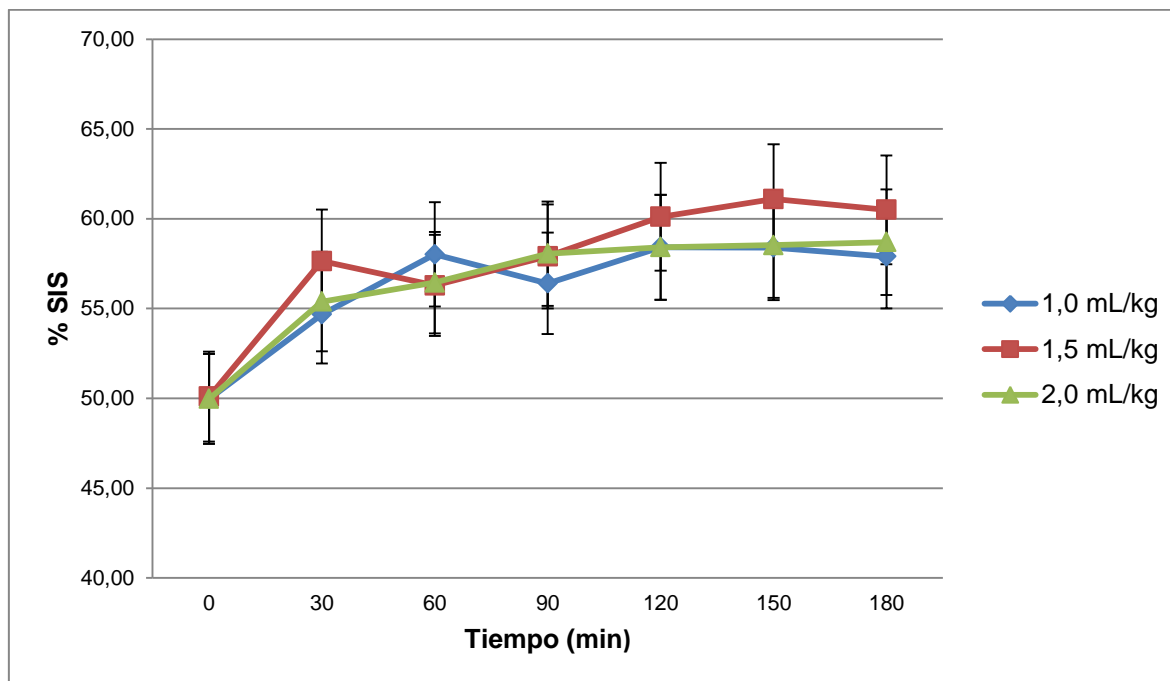
**Tabla 3.11.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®

TIEMPO (min)	1,0 mL/kg	1,5 mL/kg	2,0 mL/kg
0	49,97 ± 1,42	50,10 ± 1,42	49,97 ± 1,42
30	54,67 ± 4,82	57,64 ± 1,19	55,39 ± 2,52
60	58,02 ± 2,83	56,29 ± 0,04	56,45 ± 0,16
90	56,40 ± 0,07	57,91 ± 2,84	58,06 ± 2,83
120	58,42 ± 0,06	60,11 ± 2,55	58,42 ± 0,06
150	58,40 ± 0,07	61,10 ± 2,40	58,53 ± 1,42
180	57,90 ± 0,06	60,50 ± 2,84	58,70 ± 0,16

Media ± DE (n=3)

La acción de la enzima Rap Vegetable Juice® tuvo efecto en el parámetro SIS de la solución de fruta de chontaduro y agua como se observa en la Figura 3.6. La variación del parámetro SIS con la actividad de la enzima Rap Vegetable Juice® (Tabla 3.11), es similar a la de la enzima Pectinex® (Tabla 3.10). No presenta variación significativa el incremento de la concentración de la enzima en la solución debido a que tanto a las concentraciones de 1 mL/kg, 1,5 mL/kg y 2 mL/kg, el resultado en el test ANOVA es un valor F de 0,355 menor al valor F crítico de 3,555.





**Figura 3.6.** Sólidos Insolubles en Suspensión (SIS) en función del tiempo a tres concentraciones de la enzima Rap Vegetable Juice, DSM Food Specialties®

Las líneas de tendencia de la Figura 3.6, muestran que a partir del minuto 120 no existe variación significativa en el porcentaje de SIS. La acción de la enzima Rap Vegetable Juice® sobre la solución de chontaduro, presenta efecto hasta la segunda hora de hidrólisis.

### 3.2.6.2 EVALUACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES

Otro parámetro que se valoró en la pulpa tratada por hidrólisis enzimática para determinar la concentración y tiempo de hidrólisis, son los sólidos solubles a través del método AOAC 932.12. Las medias de los valores se presentan en la Tabla 3.12. De los resultados obtenidos se determina que 1 °Brix es igual a un gramo de sacarosa en 100 gramos de solución (%w/w).

**Tabla 3.12.** Valores de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) en los tres tratamientos de fruta con enzima

Enzima	Unidades	Valor
Cellubrix <sup>®</sup>	% (w/w)	2,8 $\pm$ 0,04
Pectinex <sup>®</sup>		4,4 $\pm$ 0,04
Rap Vegetable Juice <sup>®</sup>		3,7 $\pm$ 0,07

Media  $\pm$  DE (n=3)

Los valores presentados muestran que la mayor concentración de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) en los tres tratamientos de fruta con enzima se encuentra en la fruta hidrolizada con Pectinex<sup>®</sup>. Este mayor porcentaje de sólidos solubles hace favorable la utilización del tratamiento enzimático.

### 3.2.6.3 EVALUACIÓN REOLÓGICA

La evaluación reológica se determinó en los tres tratamientos de fruta hidrolizada. Las condiciones del reómetro para el análisis fueron: temperatura 25  $^{\circ}$ C, tamaño del cilindro concéntrico GAP 1 000  $\mu$ m y plato plano lizo.

Los resultados de viscosidad mediante la medición reológica se presentan en la Tabla 3.13. El valor es tomado de los gráficos que reporta el equipo y que se muestran en el Anexo II.

**Tabla 3.13.** Valores de viscosidad en los tres tratamientos de fruta con enzima

Enzima	Unidades	Valor
Cellubrix <sup>®</sup>	Pa.s	0,011 $\pm$ 0,05
Pectinex <sup>®</sup>		0,015 $\pm$ 0,04
Rap Vegetable Juice <sup>®</sup>		0,012 $\pm$ 0,08

Media  $\pm$  DE (n=3)

Con los valores de la Tabla 3.13 se puede concluir que la mayor viscosidad se obtiene con el tratamiento de la enzima Pectinex<sup>®</sup>, mejorando la viscosidad y el color de la solución fruta:agua en presencia de la enzima.

#### 3.2.6.4 EVALUACIÓN DE $\beta$ -CAROTENOS

Se evaluó el efecto de los tres tratamientos enzimáticos sobre la disponibilidad de los  $\beta$ -carotenos en la harina de chontaduro. En la Tabla 3.14 se presentan los valores de la concentración de  $\beta$ -carotenos luego de aplicar la hidrólisis enzimática.

**Tabla 3.14.** Análisis de  $\beta$ -carotenos en los tres tratamientos enzimáticos

Enzima	Unidades	Valor
Cellubrix <sup>®</sup>	mg/100 g	0,47 $\pm$ 0,02
Pectinex <sup>®</sup>		0,53 $\pm$ 0,04
Rap Vegetable Juice <sup>®</sup>		0,35 $\pm$ 0,03

Media  $\pm$  DE (n=3)

Se puede considerar que a través del uso de la enzima Pectinex<sup>®</sup> se encuentra mayor concentración de  $\beta$ -carotenos. La disponibilidad de esta vitamina hace favorable el uso de la hidrólisis enzimática antes del proceso de despulpado.

Con los datos obtenidos en las pruebas de los tratamientos enzimáticos a diferentes concentraciones se puede afirmar que el mejor tratamiento de hidrólisis es con la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes<sup>®</sup>, a temperatura de 30 °C, concentración de 1 mL/kg y tiempo de enzimación de 1 h.

### 3.2.7. DESPULPADO DE LA FRUTA DE CHONTADURO

Para el despulpado de la fruta de chontaduro se utilizó la harina de la fruta hidrolizada con la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes® a la temperatura de 30 °C, concentración de 1 mL/kg y tiempo de enzimación de 1 h. Los datos de rendimientos se presentan en la Tabla 3.15. Se utilizó el despulpador con la malla S023.

**Tabla 3.15.** Rendimientos en el despulpado de fruta a dos condiciones

PROCESO	RENDIMIENTO (%)
Fruta sin hidrólisis	94,4
Fruta enzimada con Pectinex Ultra SP-L Novozymes®	95,0

En base a los datos de rendimiento, con el proceso de despulpado, utilizando la enzima y con la fruta sin hidrolizar, se puede afirmar que no existe diferencia significativa entre las dos pruebas debido a que se ha incrementado solamente un 0,6 % de rendimiento con la hidrólisis enzimática.

Si bien, el rendimiento en pulpa aumenta de un proceso a otro en una mínima proporción, también se toma en cuenta la textura y la apariencia de los dos tratamientos, siendo de mayor textura la pulpa obtenida con el tratamiento enzimático, la cual le otorga beneficios en la textura de la bebida.

### 3.3. FORMULACIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO

Se elaboró las formulaciones de bebida que se planteó de acuerdo al diseño experimental en la Tabla 2.2. Cada una de las formulaciones se igualó a 12 °Brix y se

estabilizo térmicamente a 70 °C para garantizar la inocuidad de la bebida y la destrucción del microorganismo de referencia *Escherichia Coli* O157:H7.

### 3.3.1. SELECCIÓN DE LA MEJOR FORMULACIÓN DE BEBIDA

Para la selección de la mejor formulación de bebida saborizada de chontaduro se realizó un análisis sensorial con los 9 tratamientos del diseño experimental (Montgomery, 2004, pp. 154-161). Se entrenó a panelistas previamente para cada uno de los atributos analizados. En el Anexo III se presenta la hoja de análisis sensorial que se utilizó para evaluar los atributos de sabor a vainilla, aroma a vainilla, sabores extraños y textura.

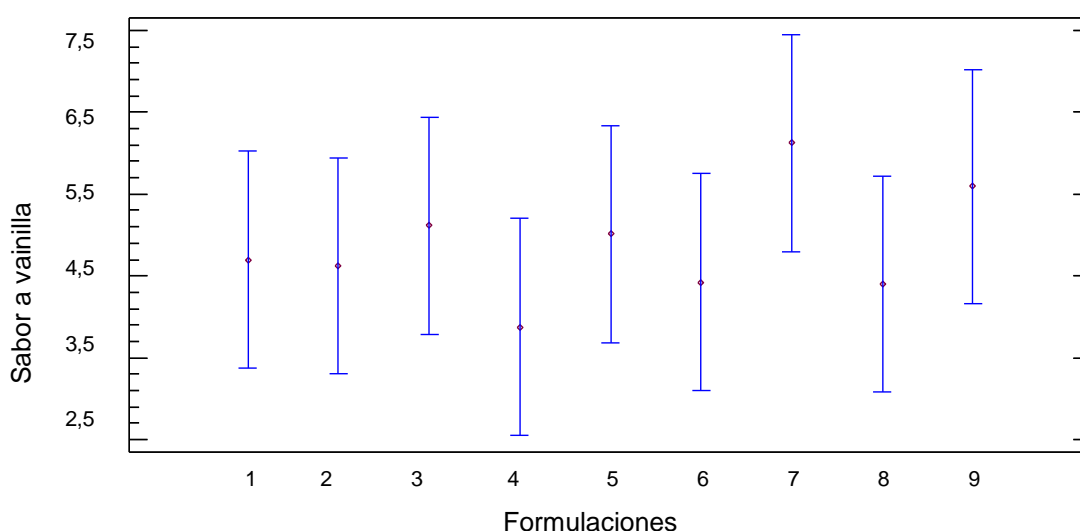
**Tabla 3.16.** Análisis de varianza del atributo sabor a vainilla

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ANALISIS	15,748	7	2,250	0,32	0,941
B:BLOQUE	28,819	8	3,602	0,52	0,840
RESIDUOS	384,358	55	6,988		
TOTAL (CORREGIDO)	428,215	70			

En la Tabla 3.16 se presentan los datos del análisis de varianza que proporciona el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION para el atributo de sabor a vainilla de la bebida.

Se observa que el Valor-P es mayor a 0,05 en cuanto al análisis de sabor a vainilla y en los bloques que son representados por cada uno de los tratamientos, determinando que no existe una diferencia significativa entre las 9 formulaciones presentadas a los panelista.

La Figura 3.7 muestra los resultados de esta conclusión con una representación de medias para cada uno de los tratamientos y los valores representados por los panelistas. Este gráfico determina que las barras que indican las desviaciones estándar de los puntos que representan los tratamientos se superponen uno a otro, debido a que las evaluaciones coincidieron en las apreciaciones para este atributo. Se destaca, con mayor porcentaje en valor numérico, la formulación 7 que contiene 35 % de pulpa y 0,05 % de saborizante a vainilla.



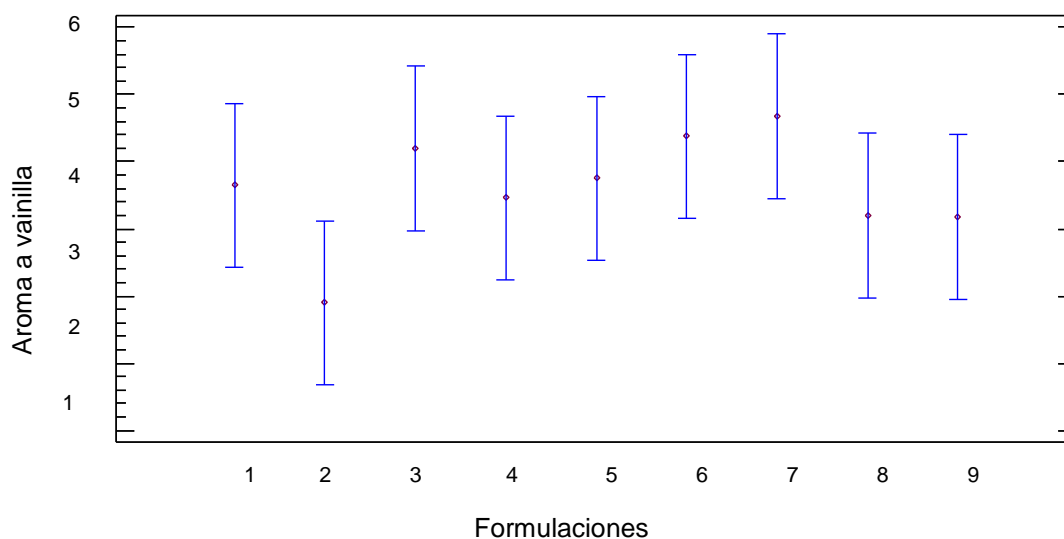
**Figura 3.7.** Representación de diferentes tratamientos del atributo “sabor a vainilla”

El efecto positivo de la formulación 7, se obtuvo en la evaluación del atributo de aroma a vainilla, donde el análisis de varianza demostró que no hay diferencia estadísticamente significativa con cada uno de los factores entre los 9 tratamientos, debido a que el valor-p para el efecto y cada uno de los bloques es mayor a 0,05, como se puede observar en la Tabla 3.17. Cada uno de los panelistas entrenados para el análisis sensorial coincidieron con la apreciación para cada formulación presentada para el análisis, determinando que los factores del diseño no influyen sobre el atributo de aroma a vainilla.

**Tabla 3.17.** Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla”

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ANALISIS	26,445	7	3,778	0,64	0,725
B:BLOQUE	43,126	8	5,391	0,91	0,518
RESIDUOS	332,958	56	5,946		
TOTAL (CORREGIDO)	402,530	71			

Con la representación de las medias para cada tratamiento en el atributo de aroma a vainilla que se muestra en la Figura 3.8, se puede asegurar que no hay diferencia entre los tratamientos debido a que las barras de desviación estándar de cada bloque se superponen con las barras de las demás formulaciones. El mayor porcentaje en valor numérico de este atributo presenta la bebida 7 que tiene un 35 % de pulpa de chontaduro y 0,05 % de saborizante a vainilla.

**Figura 3.8.** Representación de diferentes tratamientos del atributo “aroma a vainilla”

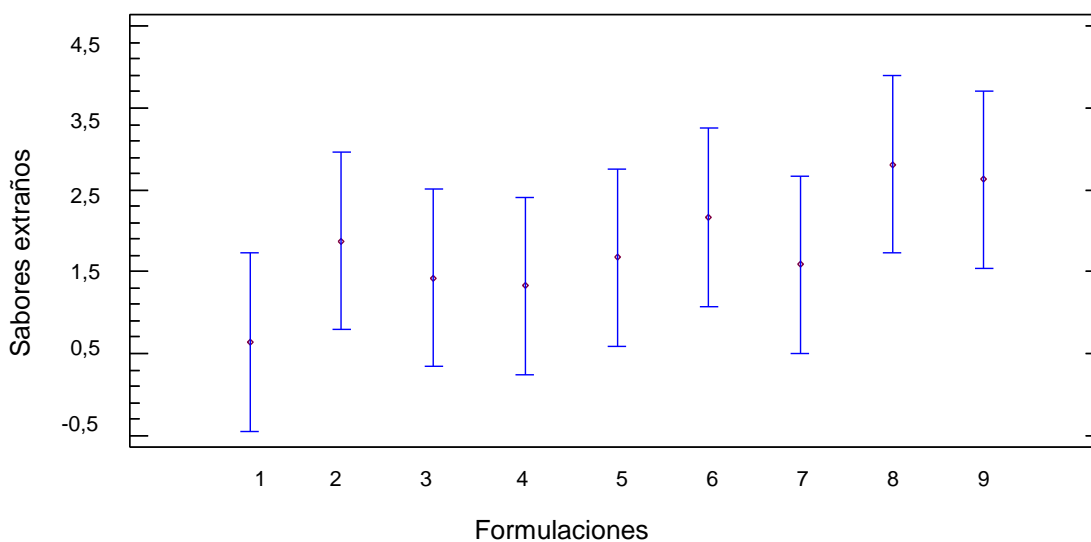
El atributo de sabores extraños fue determinado mediante el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 3.18. Este atributo es negativo, sin embargo, el valor-p es mayor a 0,05, por lo que se demuestra que los factores del diseño no tienen

influencia significativa en cada una de las formulaciones para el atributo de sabores extraños en las bebidas.

**Tabla 3.18.** Análisis de varianza del atributo “sabores extraños”

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ANALISIS	31,735	7	4,534	0,96	0,467
B:BLOQUE	28,965	8	3,621	0,77	0,631
RESIDUOS	263,455	56	4,705		
TOTAL (CORREGIDO)	324,155	71			

En la Figura 3.9 se demuestra que las barras de desviación estándar que representan las medias de todos los tratamientos se superponen uno a otro. Al determinar la bebida con el menor porcentaje en valor numérico de sabores extraños, se selecciona la bebida 1 que contiene un 25 % de pulpa de chontaduro y un 0,05 % de saborizante a vainilla.



**Figura 3.9.** Representación de diferentes tratamientos del atributo “sabores extraños”



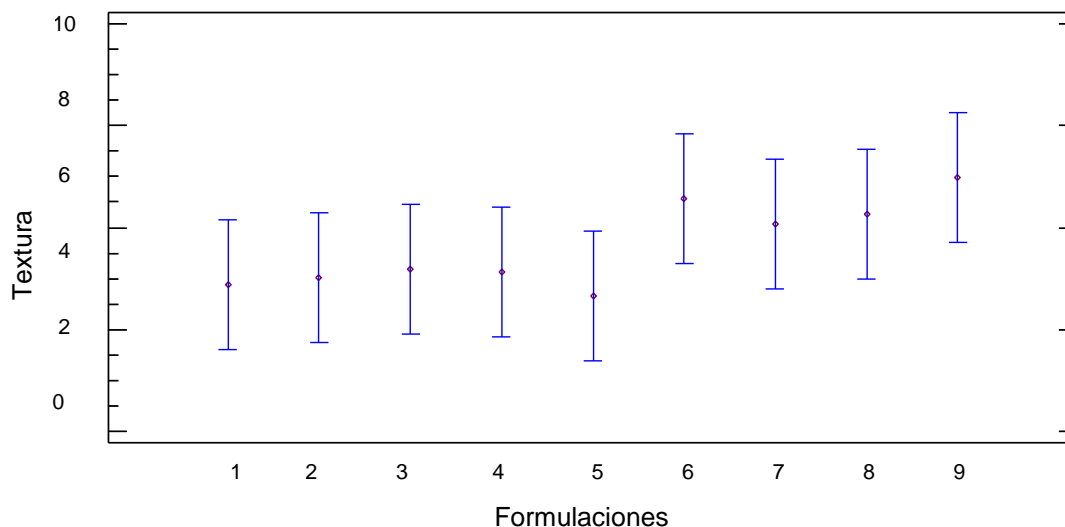
El último atributo evaluado en el análisis sensorial fue la viscosidad de las formulaciones. Para este atributo, se realizó un análisis de varianza con el programa estadístico Statgraphics con los resultados presentados por los panelistas, determinando que cada uno de los factores no influye estadísticamente en el atributo de la viscosidad para las 9 formulaciones.

El valor-p del análisis y de los bloques es superior a 0,05, por lo que no hay diferencia significativa como se muestra en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19.** Análisis de varianza del atributo “textura”

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ANALISIS	36,778	7	5,254	0,81	0,581
B:BLOQUE	45,380	8	5,673	0,88	0,542
RESIDUOS	362,411	56	6,472		
TOTAL (CORREGIDO)	444,569	71			

Los mayores porcentajes numéricos de textura se encuentran en las formulaciones 6, 7, 8 y 9 que poseen 30 y 35 % de pulpa de chontaduro como se observa en la Figura 3.10. Estos resultados de apreciación dados por los panelistas, se explican, ya que las formulaciones 6, 7, 8 y 9 que son las que mayor porcentaje de pulpa poseen.



**Figura 3.10.** Representación de diferentes tratamientos del atributo “textura”

Para seleccionar la mejor formulación se utilizó la ecuación de calidad Ec. [2.1]. En esta ecuación se presentan las variables  $X_i$ , Estas variables se obtuvieron con el promedio de los resultados de los valores ponderados por los panelistas en el análisis sensorial, para cada uno de los atributos evaluados, de acuerdo a la importancia que a su criterio ellos consideraron dentro de una bebida de estas características. Este valor se calificó sobre 100 % (Ver Anexo IV).

**Tabla 3.20.** Promedio de los valores ponderados por los panelistas para cada atributo

Variables	Atributo	Valor (%)
X1	Sabor a vainilla	36,1
X2	Aroma a vainilla	24,9
X3	Textura	25,9
X4	Sabores extraños	-13,1

Media (n= 18)

En la Tabla 3.20 se muestran los porcentajes de ponderación que cada uno de los panelistas evaluados le dieron a cada atributo. Estos resultados muestran que el atributo de mayor importancia es el sabor. Este atributo es lo que más interés

representa en una bebida de estas características para el consumidor (Varnam y Subertland, 1999, p. 81).

Los valores a, b, c y d que se presentan en la Ec. [2.1]. son los promedios de cada atributo en el análisis sensorial para cada una de las formulaciones. Estos valores son los mismos que proporcionaron los panelistas para el análisis de varianza. Los promedios de cada uno de los atributos para las 9 formulaciones se presentan en la Tabla 3.21.

**Tabla 3.21.** Valor de calidad obtenida a través de la Ec. [2.1] para cada una de las formulaciones

<b>FORMULACIÓN</b>	<b>Sabor a vainilla (a)</b>	<b>Aroma a vainilla (b)</b>	<b>Textura (c)</b>	<b>Sabores extraños (d)</b>	<b>CALIDAD</b>
1	4,70	3,65	2,88	0,64	3,27
2	4,63	1,90	3,01	1,88	2,68
3	5,11	4,20	3,19	1,43	3,53
4	3,88	3,43	3,13	1,33	2,90
5	5,01	3,75	2,65	1,68	3,21
6	4,43	4,38	4,56	2,16	3,58
7	6,89	5,21	4,46	1,67	3,76
8	4,00	2,90	3,90	2,60	2,86
9	5,30	3,20	5,00	2,60	3,65

Con los valores de calidad presentados en la Tabla 3.21 se puede determinar que la mejor bebida es la formulación 7 que presenta un 35 % de pulpa de chontaduro y un 0,05 % de saborizante a vainilla. Esta bebida, por su mayor porcentaje de pulpa, también dispone de mayor concentración de  $\beta$ -carotenos. Por tanto esta bebida es la seleccionada para ser envasada y realizar el estudio de estabilidad del producto.

### **3.4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA BEBIDA**

La bebida saborizada de chontaduro que presentó los mejores atributos, fue envasada para realizar pruebas de estabilidad, como fue antes dicho. Entre los parámetros evaluados se presentaron: color analizado por colorimetría, análisis sensorial (apariencia, aroma a vainilla, aromas extraños y color amarillo), microbiológico y  $\beta$ -carotenos.

#### **3.4.1. ANÁLISIS DE COLOR**

En la Tabla 3.22 se presentan los resultados de colorimetría obtenidos a través del colorímetro MINOLTA analizados durante 15, 30 y 45 días posteriores al envasado sometidos a tres temperaturas de almacenamiento 6, 20 y 35 °C. Los resultados de los parámetros L, a y b demuestran que la bebida no presenta variación significativa al día 15 en las tres temperaturas evaluadas.

Los resultados del parámetro “L” demuestran que la bebida presenta un color claro, el ANOVA para el parámetro “L” presenta como resultado un valor F de 2,312 menor al valor F crítico de 5,143. El parámetro “a”, por sus valores negativos, se encuentra entre la gama de verde y rojo, el ANOVA para el parámetro “a” presenta como resultado un valor F de 0,725 menor al valor F crítico de 5,143. El parámetro “b” presenta como resultado un valor F de 0,602 menor al valor F crítico de 5,143. Este parámetro presenta valores positivos por el color amarillo que presenta la bebida saborizada de chontaduro.

**Tabla 3.22.** Estabilidad de color de la bebida saborizada de chontaduro durante 15, 30 y 45 días a tres condiciones de temperatura de almacenamiento (6, 20 y 35 °C)

<b>DÍA 15</b>			
<b>Temperatura de almacenamiento (°C)</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
6	35,42 ± 0,31	-3,34 ± 0,05	25,62 ± 0,19
20	36,14 ± 0,81	-2,15 ± 0,53	24,53 ± 2,19
35	39,12 ± 0,73	-1,32 ± 0,16	25,07 ± 0,20
<b>DÍA 30</b>			
<b>Temperatura de almacenamiento (°C)</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
6	37,36 ± 0,62	-1,89 ± 0,17	20,41 ± 1,54
20	40,72 ± 0,49	-1,59 ± 0,86	31,02 ± 1,49
35	40,08 ± 1,26	-1,32 ± 1,02	28,79 ± 5,02
<b>DÍA 45</b>			
<b>Temperatura de almacenamiento (°C)</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
6	44,53 ± 0,79	-2,50 ± 0,26	28,78 ± 4,13
20	43,97 ± 2,47	-1,65 ± 0,03	30,33 ± 0,65
35	37,11 ± 0,63	-1,50 ± 0,28	25,60 ± 1,49

Media ± DE (n=3)

El análisis de estabilidad del día 30 posterior al envasado (Tabla 3.22), indica que existe, sistemáticamente, un pardeamiento oxidativo en las tres temperaturas de estudio comparado con los resultados del día 15. Esto es debido a que los valores L, a y b del día 30 se incrementan con relación al día 15 por el cambio de tonalidad que experimenta la bebida.

El pardeamiento se mantiene en el día 45 con relación al día 30. Los valores de L, a y b de la Tabla 3.22 determinan que el paso de los días influye en el color de la bebida. Siendo la más favorable en color la bebida que se mantiene a temperatura de 6 °C por los valores que se obtienen en el colorímetro.

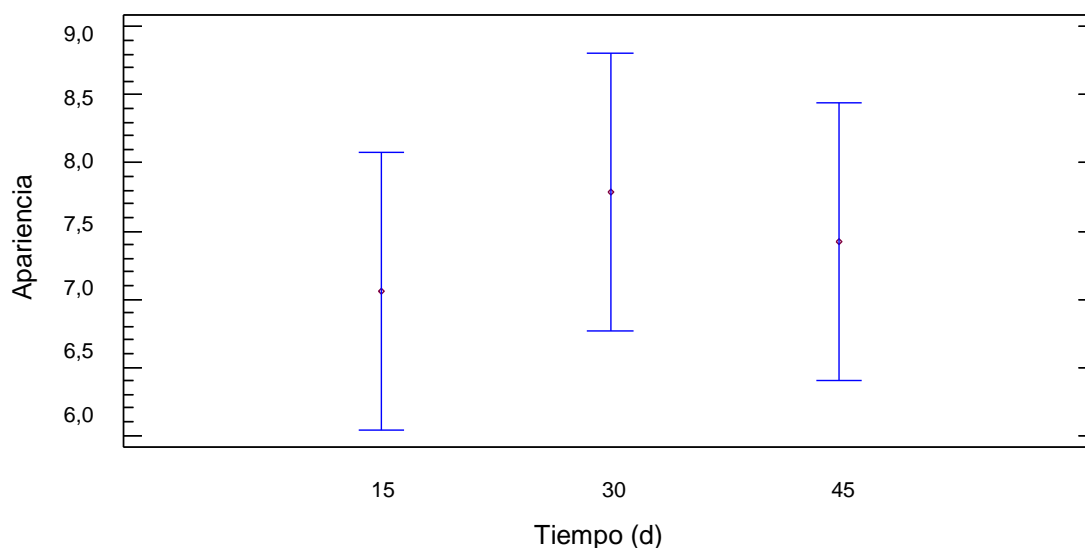
### 3.4.2. ANÁLISIS SENSORIALES

Los análisis sensoriales se evaluaron por medio de un test organoléptico realizado por los panelistas (Anexo V). En la Tabla 3.23 se muestra los resultados del análisis de varianza del atributo apariencia, en la bebida saborizada de chontaduro almacenada a la temperatura de 6 °C durante los 45 días de estabilidad.

**Tabla 3.23.** Análisis de varianza de la “apariciencia de la bebida” a la temperatura de refrigeración (6 °C) a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,154	2	1,577	0,26	0,772
Intra grupos	199,288	33	6,039		
Total (Corr.)	202,442	35			

Los datos de la Tabla 3.23 demuestran que no existe diferencia significativa en el atributo “apariciencia” almacenada a la temperatura de refrigeración durante 45 días, debido a que su valor P no es menor a 0,05. La Figura 3.11 confirma los resultados precedentes, visto que las barras que representan las desviaciones estándar de la muestra no presentaron variación con respecto al tiempo (las tres barras se superponen). La mejor respuesta de apariencia se encuentra hasta el día 30 de estabilidad de la bebida en condiciones de refrigeración debido a que la media del porcentaje en este tiempo es la de mejor consideración por los panelistas. En cuanto a la apariencia en este medio de almacenaje, las tres bebidas presentan similar atributo.



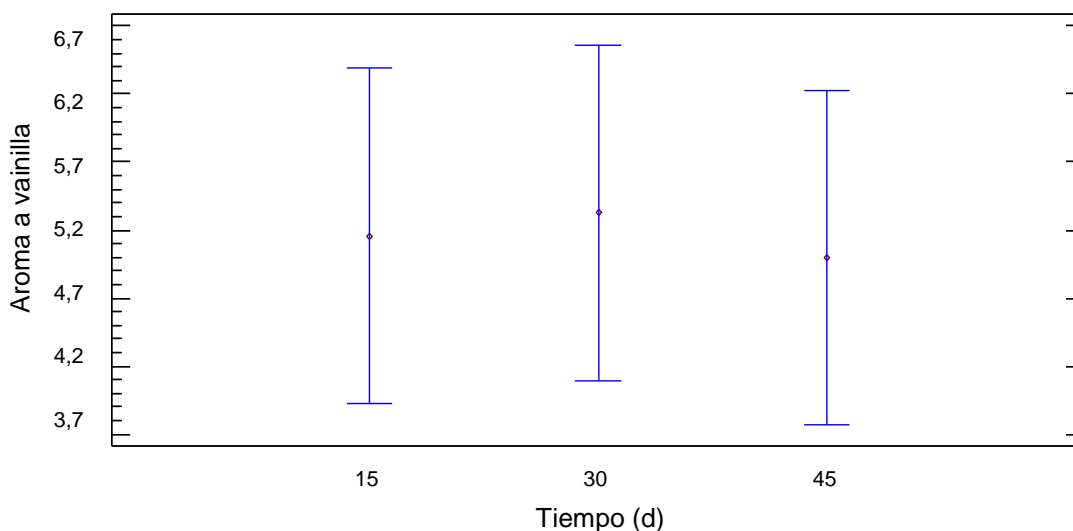
**Figura 3.11.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariciencia” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

En la Tabla 3.24 se encuentra el análisis de varianza para el atributo de aroma a vainilla de la bebida almacenada a 6 °C. El valor-p es mayor a 0,05 por lo que se considera que no hay diferencia significativa en este atributo a temperatura de refrigeración durante los 45 días de análisis. El aroma a vainilla perdura durante el tiempo de estabilidad aunque los panelistas reportan aroma “a fermentado” al día 45.

**Tabla 3.24.** Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,634	2	0,317	0,04	0,965
Intra grupos	289,172	33	8,763		
Total (Corr.)	289,806	35			

En la Figura 3.12 se muestra que las tres barras que representan las desviaciones estándar de las medias del atributo “apariciencia” se superponen con respecto al tiempo. Por tanto, la temperatura de refrigeración no se ve alterada con respecto a los días 15, 30 y 45 sobre el atributo de “aroma a vainilla”.



**Figura 3.12.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

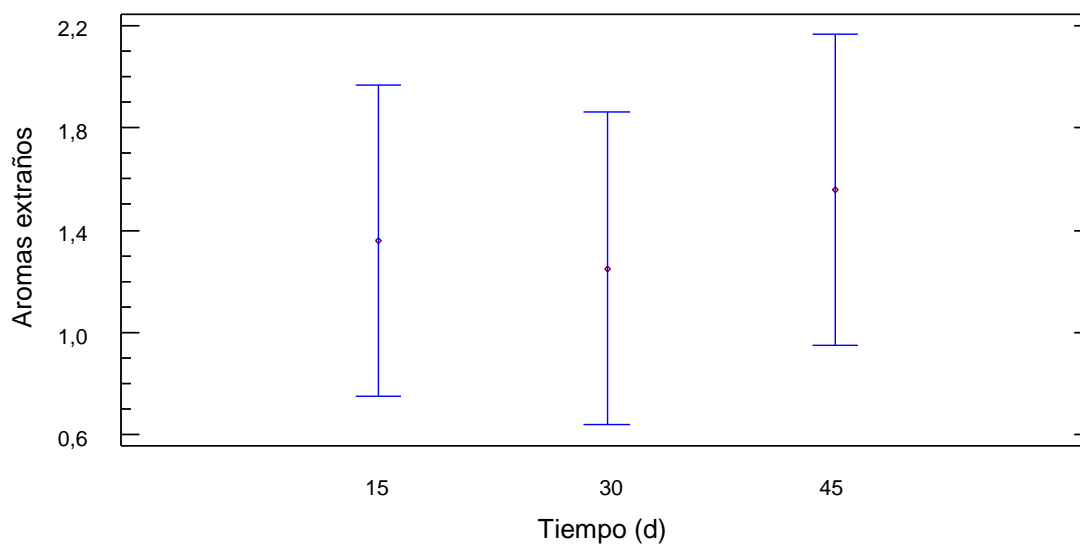
En la Tabla 3.25 se presenta el ANOVA para el atributo de aromas extraños de la bebida almacenada a refrigeración durante los 45 días de estabilidad.

**Tabla 3.25.** Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,587	2	0,294	0,14	0,874
Intra grupos	71,748	33	2,174		
Total (Corr.)	72,336	35			

La Tabla 3.25. Muestra que el valor P es mayor a 0,05, por tanto, no hay variación de “aromas extraños” a 6 °C. En contraparte, los panelistas detectan aroma “a fermentado” al día 45 del análisis de estabilidad, estos resultados podrían estar sostenidos en el incremento de la desviación estándar de la media de este atributo como se muestra en la Figura 3.13.





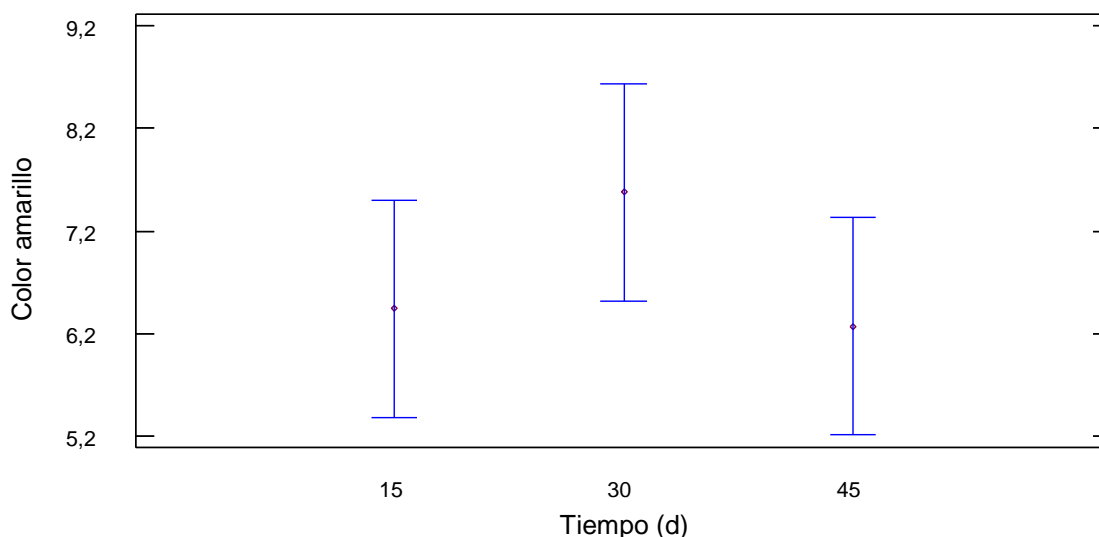
**Figura 3.13.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aromas extraños” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

En atributo de color se analizó de acuerdo a la percepción de los panelistas. El análisis de varianza de la Tabla 3.26 determinó que no existe variación del color amarillo de la bebida almacenada a refrigeración durante los 45 días.

**Tabla 3.26.** Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de refrigeración de 6 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12,107	2	6,054	0,93	0,405
Intra grupos	214,978	33	6,515		
Total (Corr.)	227,086	35			

La mayor intensidad de color amarillo, de acuerdo al análisis estadístico, se encuentra hasta el día 30 de estabilidad, a temperatura de refrigeración, como se muestra en la Figura 3.14.



**Figura 3.14.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura de refrigeración de 6 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

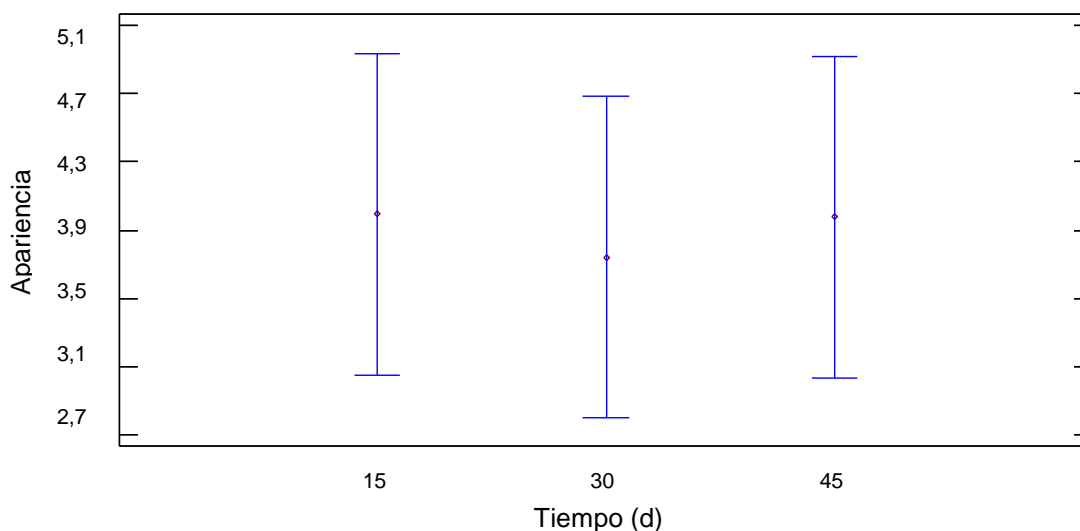
La bebida almacenada a temperatura de 20 °C, fue sometida a análisis sensorial donde se determina, mediante el análisis ANOVA, que no presenta variaciones en cuanto a la apariencia de la homogeneidad de la bebida a 15, 30 y 45 días de estabilidad. Los valores se presentan en la Tabla 3.27.

**Tabla 3.27.** Análisis de varianza del atributo “apariencia” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,469	2	0,234	0,05	0,956
Intra grupos	171,241	33	5,189		
Total (Corr.)	171,710	35			

La homogeneidad de las muestras se puede observar en la Figura 3.15 donde se encuentra que las tres barras que representan la desviación estándar se superponen. Por tanto, existe similitud en la “apariencia” de la bebida a la temperatura de 20 °C en los días 15, 30 y 45 de estabilidad. De otro lado, los panelistas determinan que hay presencia de “puntos rojos” que se hallan en la bebida. Esto se debe a la grasa que

presenta la bebida, se separa en la parte superior del líquido con el aumento de temperatura.



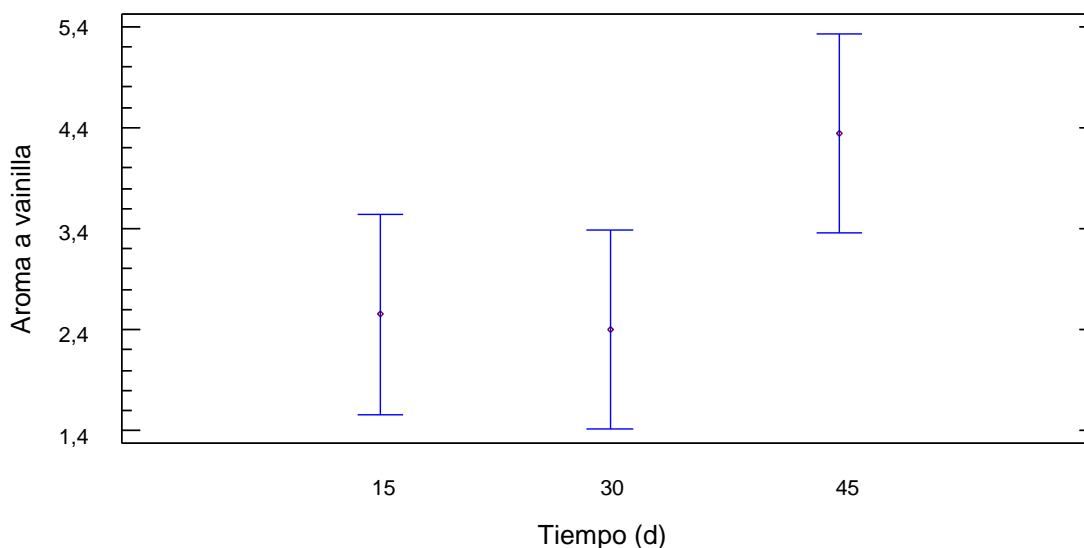
**Figura 3.15.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariciencia” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

El análisis de varianza para el atributo “aroma a vainilla” se muestra en la Tabla 3.28. No se encontró diferencia estadísticamente significativa de la bebida almacenada a temperatura ambiente durante 15, 30 y 45 días.

**Tabla 3.28.** Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	28,011	2	14,005	2,47	0,100
Intra grupos	187,419	33	5,679		
Total (Corr.)	215,430	35			

La mayor intensidad del atributo “aroma a vainilla” se detecta al día 45, como se observa en la Figura 3.16. Se hace elocuente que con la fermentación que se produce en la bebida almacenada al ambiente, la intensidad del aroma a vainilla se incrementa. Así, se encuentra un efecto favorable, con el paso del tiempo, en la estabilidad de la bebida almacenada a estas condiciones de temperatura.



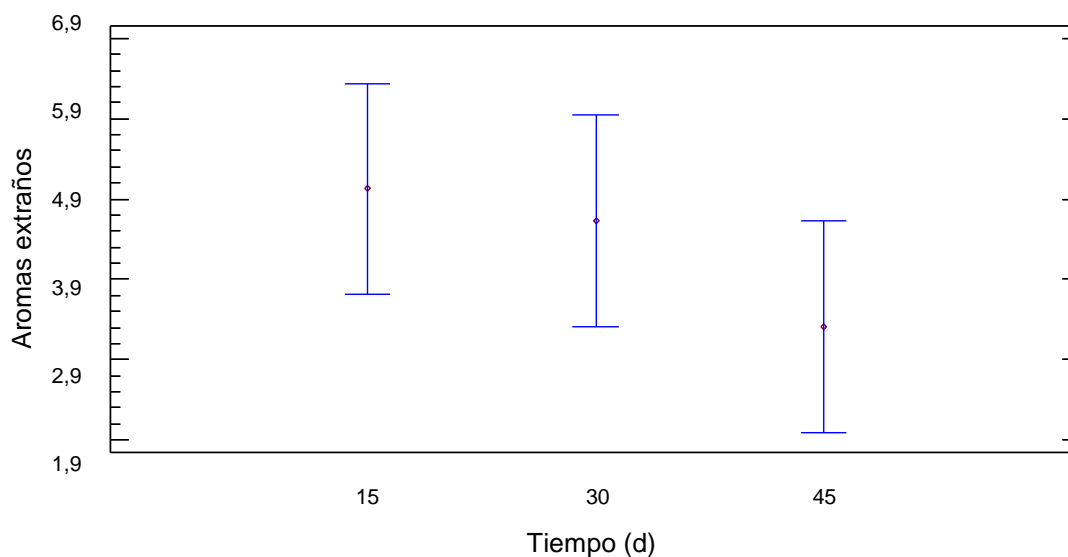
**Figura 3.16.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

Los valores del análisis experimental se presentan en la Tabla 3.29. El ANOVA realizado sobre los resultados de “aromas extraños” a 15, 30 y 45 días de almacenamiento, no mostró variación estadísticamente significativa.

**Tabla 3.29.** Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	19,362	2	9,681	0,97	0,390
Intra grupos	329,974	33	9,999		
Total (Corr.)	349,336	35			

En la Figura 3.17 se muestran los valores medios del atributo “aromas extraños” que los panelistas encontraron en la bebida que se almacena a temperatura ambiente. Se encuentra que en el día 15 y 30 de almacenamiento de la bebida existe presencia de aromas extraños, ya que se manifiesta que hay fermentación en la bebida. La Figura 3.16 muestra menores “aromas extraños” en la bebida almacenada a temperatura ambiente al día 45.



**Figura 3.17.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aromas extraños” a la temperatura de 20 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

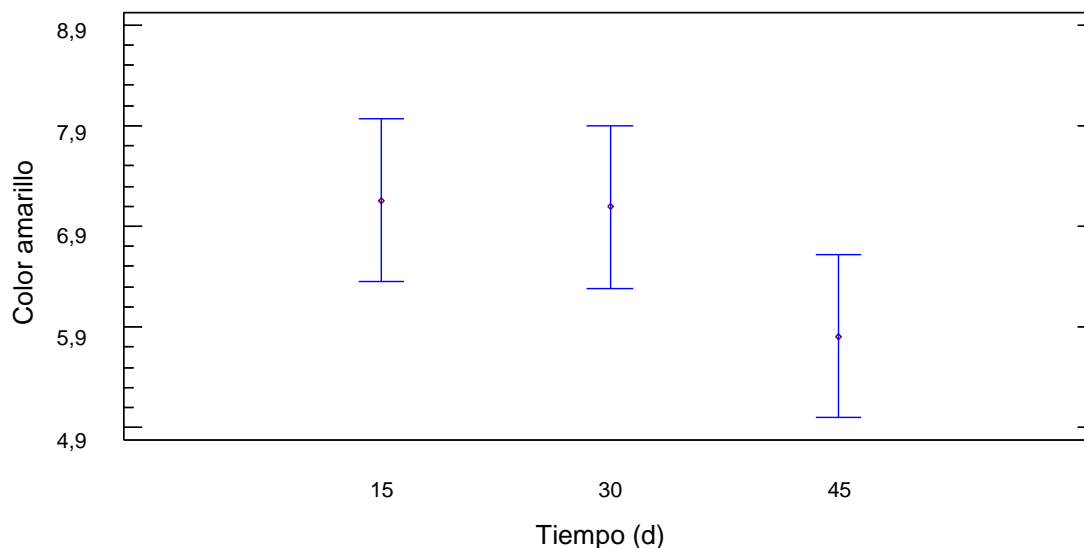
En la Tabla 3.30 se presenta el análisis de varianza para el atributo “color amarillo”. Este atributo ha sido analizado por los panelistas. Los datos demuestran que no hay variación de color en la bebida almacenada a 20 °C. Los panelistas encontraron manchas de color rojo en la bebida que se deben al desprendimiento de grasa de la fruta.

**Tabla 3.30.** Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de 20 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13,896	2	6,948	1,83	0,176
Intra grupos	125,147	33	3,792		
Total (Corr.)	139,043	35			

Resultados del ANOVA para el atributo “color amarillo” de la bebida almacenada a temperatura ambiente durante 45 días fue representado en la Figura 3.18 donde se

encuentran las desviaciones estándar de las medias para este atributo determinado por los panelistas.



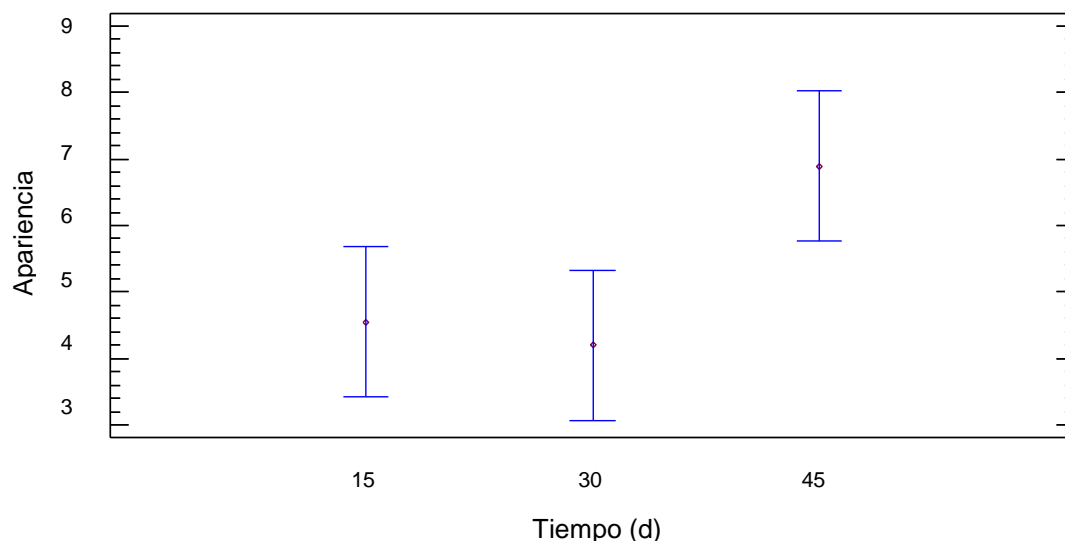
**Figura 3.18.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura ambiente (20 °C)

El análisis de varianza de la bebida almacenada en estufa a 35 °C para el atributo de apariencia se presenta en la Tabla 3.31. Este análisis muestra que el valor-p del ANOVA es menor a 0,05, por la que se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre 15, 30 y 45 días de almacenamiento. El efecto de la temperatura y el tiempo de estabilidad es directamente proporcional a la apariencia de la bebida.

**Tabla 3.31.** Análisis de varianza del atributo “apariencia” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	51,404	2	25,702	3,48	0,043
Intra grupos	243,979	33	7,393		
Total (Corr.)	295,383	35			

Este efecto de la heterogeneidad se observa en la Figura 3.19, donde las barras de error al día 45 no se superponen con las de los días 15 y 30. Existen cambios en la bebida almacenada a estufa en cuanto a la apariencia de la bebida. Al día 45 presenta más homogeneidad de la bebida debido a una pérdida en los atributos de los componentes de la formulación.



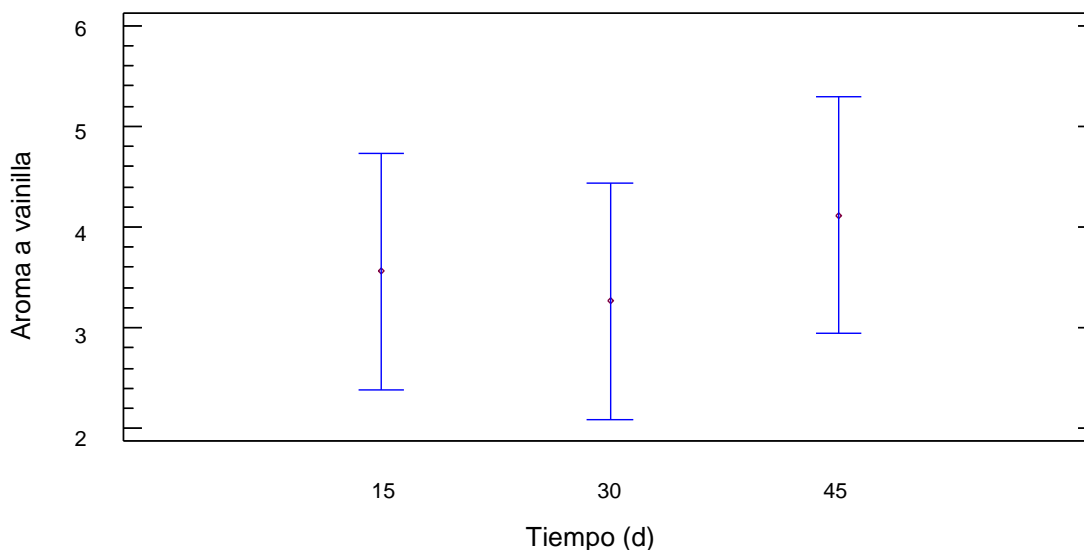
**Figura 3.19.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “apariciencia” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

La Tabla 3.32 contiene los resultados del análisis de varianza de la bebida almacenada a estufa durante los 45 días para el atributo “aroma a vainilla”. No hay variación en la intensidad de este atributo durante 15, 30 y 45 días a temperatura de 35 °C. Los panelistas reportaron disminución en la intensidad del aroma a vainilla debido a la temperatura y al tiempo de análisis.

**Tabla 3.32.** Análisis de varianza del atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,477	2	2,239	0,28	0,758
Intra grupos	264,652	33	8,020		
Total (Corr.)	269,130	35			

Aunque las barras de error correspondientes a las desviaciones estándar de las medias se superponen, hay una disminución en las medias de los valores de “aroma a vainilla” comparado con los obtenidos en la bebida a condiciones de ambiente y refrigeración. La Figura 3.20 demuestra la permanencia del aroma a vainilla en la bebida durante los 45 días de estabilidad.



**Figura 3.20.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aroma a vainilla” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

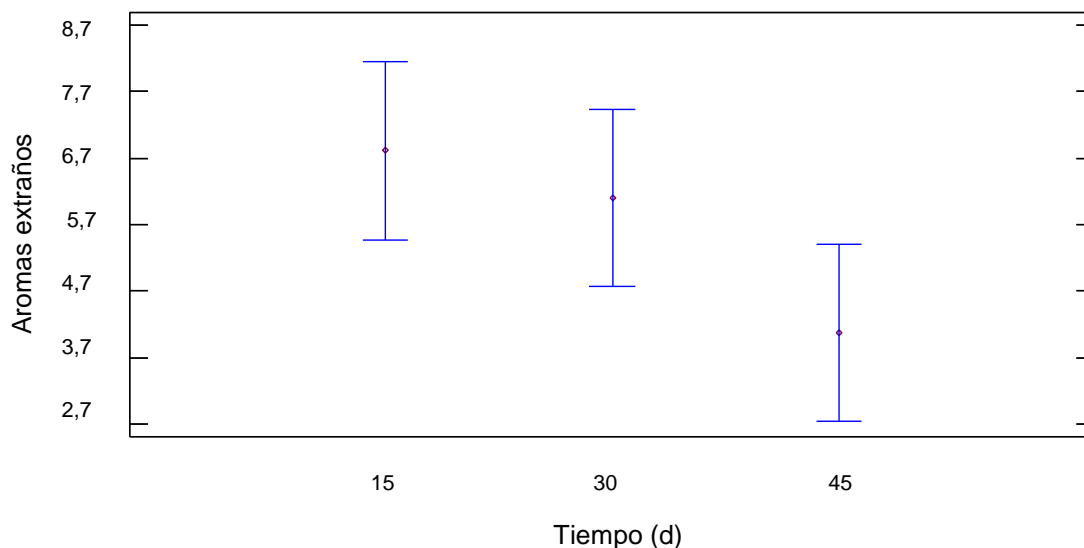
El análisis de varianza de aromas extraños en la bebida almacenada en estufa se presenta en la Tabla 3.33. No existe diferencias estadísticamente significativas. En otro aspecto el resultado de la evaluación muestra también la presencia de olor a fermento en el día 45 de almacenamiento.

**Tabla 3.33.** Análisis de varianza del atributo “aromas extraños” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	48,382	2	24,191	2,36	0,110
Intra grupos	338,601	33	10,261		
Total (Corr.)	386,983	35			



La Figura 3.21 muestra que las barras de error correspondientes a las desviaciones estándar se superponen, por lo que no existen diferencias significativas, a la temperatura de 35 °C, para “aromas extraños”. Los tests organolépticos muestran que al día 45 la bebida almacenada a estufa muestra una disminución de estos aromas debido a la pérdida de las características de los componentes de la formulación.



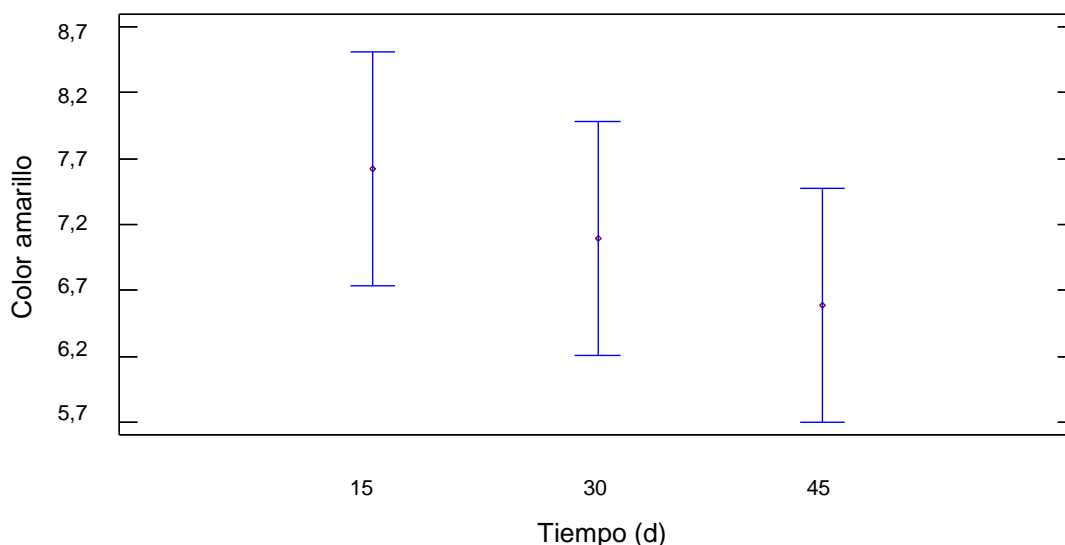
**Figura 3.21.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “aromas extraños” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

En la Tabla 3.34 se muestran los valores del análisis de varianza para el atributo “color amarillo” en la bebida almacenada en estufa por 45 días. Los resultados demuestran que no hay variación estadísticamente significativa en el color durante los 45 días de estabilidad.

**Tabla 3.34.** Análisis de varianza del atributo “color amarillo” a la temperatura de 35 °C a los días 15, 30 y 45

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6,409	2	3,204	0,70	0,502
Intra grupos	150,181	33	4,551		
Total (Corr.)	156,590	35			

La Figura 3.22, que representa el atributo “color amarillo”, muestra que las tres barras de la desviación estándar correspondientes a las medias se superponen,. Aunque por apreciación de los panelistas, la mayor intensidad del color amarillo se presenta al día 15 y posteriormente va disminuyendo hasta el día 45. Esto debido a que la temperatura hace que se vaya decolorando el color amarillo con el paso del tiempo y perdiendo las propiedades de los ingredientes utilizados en la formulación, entre las cuales se menciona a la pulpa de chontaduro como el principal componente de la bebida.



**Figura 3.22.** Gráfica de medias de Fisher LSD a un 95 % de confianza para el atributo “color amarillo” a la temperatura de 35 °C para 15, 30 y 45 días de estabilidad

Gracias a los reportes gráficos del programa estadístico statgraphics para el análisis sensorial de la bebida saborizada de chontaduro almacenada durante 45 días, se puede afirmar que no existe un efecto de la temperatura de almacenamiento y del tiempo que la bebida permanece en cada medio. Aunque los resultados de los panelistas y los comentarios efectuados determinan que existe un deterioro de los atributos sensoriales de las bebidas almacenadas a temperatura ambiente (20 °C) y a la temperatura de estufa (35 °C), con una vida útil menor de 15 días. La bebida presentó fermentación en las dos temperaturas y su apariencia se modificó encontrándose grumos y separación de fases.

La mejor condición de almacenamiento es a temperatura de refrigeración (6 °C), conservándose las propiedades sensoriales evaluadas durante los primeros 30 días de vida útil, de acuerdo a comentarios de los panelistas. La bebida presenta su color amarillo inicial y su aroma a vainilla, no existe separaciones de fases.

### 3.4.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico de la bebida saborizada de chontaduro almacenada durante 45 días a tres condiciones de temperatura se presenta en la Tabla 3.35.

Los valores del conteo total de aerobios determinan que la bebida se encuentra en los requerimientos microbiológicos de la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1), donde se establece requisitos para bebidas de frutas.

**Tabla 3.35.** Análisis microbiológico de la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura

CONDICIÓN	CONTAJE TOTAL DE AEROBIOS (UFC/mL)			
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45
Envasado	< 10	x	X	x
Refrigeración (6 °C)	< 10	< 10	< 10	< 10
Ambiente	< 10	< 10	< 10	< 10
Estufa (35 °C)	< 10	< 10	< 10	< 10

Los valores del conteo de coliformes totales se presenta en la Tabla 3.36. Los resultados muestran que en la bebida no hay presencia de este microorganismo que generalmente se presenta en este tipo de productos (Temático Asturias, 2014, p. 3).

**Tabla 3.36.** Análisis de coliformes totales en la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura

CONDICIÓN	COLIFORMES TOTALES (NMP/mL)			
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45
Envasado	< 3	x	x	x
Refrigeración (6 °C)	< 3	< 3	< 3	< 3
Ambiente	< 3	< 3	< 3	< 3
Estufa (35 °C)	< 3	< 3	< 3	< 3

El análisis de hongos en la bebida se presenta en la Tabla 3.37. Los resultados muestran que no hay presencia de hongos durante los 45 días de análisis, por lo que se demuestra que el proceso fue aséptico y no hubo contaminación alguna durante el almacenamiento de la bebida a las tres temperaturas de trabajo.

**Tabla 3.37.** Análisis de hongos en la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura

CONDICIÓN	HONGOS (UFC/mL)			
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45
Envasado	< 10	x	X	x
Refrigeración (6 °C)	< 10	< 10	< 10	< 10
Ambiente	< 10	< 10	< 10	< 10
Estufa (35 °C)	< 10	< 10	< 10	< 10

La determinación de la presencia de levaduras en la bebida de chontaduro se presenta en la Tabla 3.38. Los resultados muestran que en el proceso fermentativo de la bebida hubo crecimiento de levaduras a partir del día 15 a las tres temperaturas de trabajo.

Las bebidas que más rápido se fermentaron son las almacenadas a la temperatura ambiente y la almacenada a estufa (35 °C). La temperatura de refrigeración,

mantuvo la bebida sin fermentación hasta el día 30, lo que muestra que la refrigeración es adecuada para el almacenamiento de la bebida (Clement et al., 2004, p. 195).

**Tabla 3.38.** Análisis de levaduras en la bebida saborizada de chontaduro para 0, 15, 30 y 45 días de estabilidad a tres condiciones de temperatura

CONDICIÓN	LEVADURAS (UFC/mL)			
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 45
Envasado	< 10	x	X	x
Refrigeración (6 °C)	< 10	< 10	1,0E5	1,0E5
Ambiente	< 10	1,1E5	2,1E5	3,2E5
Estufa (35 °C)	< 10	2,0E5	2,5E5	2,0E5

El proceso de pasteurización de la bebida tuvo el efecto esperado en la bebida, ya que no hay presencia de microorganismos en conformidad a la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1), que indica los requisitos para la producción de bebidas de frutas.

#### 3.4.4. ANALISIS DE $\beta$ -CAROTENOS

El análisis de  $\beta$ -carotenos en la bebida saborizada de chontaduro almacenada a tres temperaturas durante 0, 15, 30 y 45 días de almacenamiento, se presenta en la Tabla 3.39. El análisis por HPLC de la concentración de  $\beta$ -carotenos se presenta en el Anexo VI. Los resultados determinan que la mejor condición de almacenamiento es a 6 °C, debido a que presenta una mejor estabilidad en la concentración de  $\beta$ -carotenos durante el tiempo de análisis.

La mayor pérdida de  $\beta$ -carotenos se da a la temperatura de 35 °C, encontrándose el valor más bajo de concentración de  $\beta$ -carotenos en el día 45. Esto se debe a que la

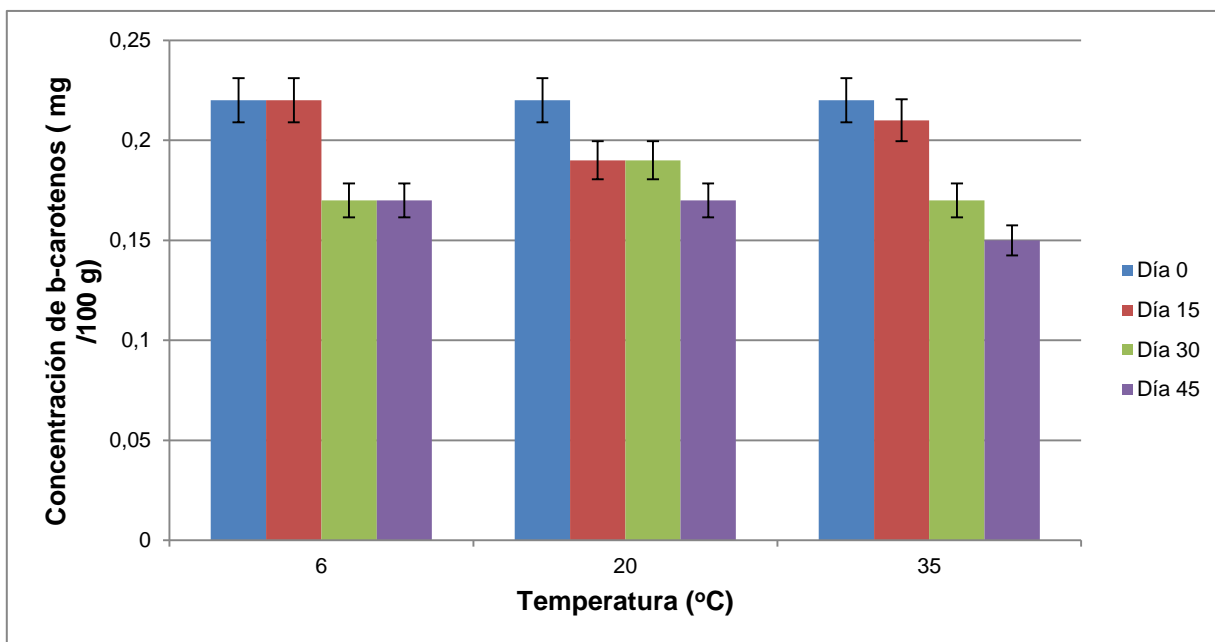
temperatura es un factor influyente en la estabilidad de los  $\beta$ -carotenos y ocasiona la degradación de este analito importante en la bebida.

**Tabla 3.39.** Estabilidad de los  $\beta$ -carotenos durante 0, 15, 30 y 45 días de almacenamiento a temperatura de refrigeración (6 °C), ambiente y estufa (35 °C)

Días	Concentración de $\beta$ -carotenos (mg /100 g)		
	6 °C	Ambiente	35 °C
0	0,22 ± 0,000	0,22 ± 0,000	0,22 ± 0,000
15	0,22 ± 0,028	0,19 ± 0,007	0,21 ± 0,028
30	0,17 ± 0,007	0,19 ± 0,005	0,17 ± 0,028
45	0,17 ± 0,005	0,17 ± 0,007	0,15 ± 0,005

Media  $\pm$  DE (n=3)

El comportamiento de los  $\beta$ -carotenos se puede observar en la Figura 3.23. En base a los resultados que presenta cada condición de temperatura, se determina las siguientes observaciones: a 6 °C se mantienen los  $\beta$ -carotenos en los primeros 15 días, disminuyendo en el día 30 y manteniéndose hasta el día 45.



**Figura 3.23.** Efecto del almacenamiento de la bebida a tres temperaturas en la concentración de  $\beta$ -carotenos durante 0, 15, 30 y 45 días

Se concluye que los  $\beta$ -carotenos contenidos en la bebida tienen una mejor conservación a la temperatura de refrigeración (6 °C), manteniendo su concentración de  $\beta$ -carotenos disponibles para el consumidor durante los 45 días de estabilidad.

### 3.4.5. ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA SABORIZADA DE CHONTADURO

La estimación de la vida útil de la bebida saborizada de chontaduro se realizó con el empleo de la ecuación de Arrhenius, como se muestra en el Anexo VII. Se realizó la estimación de la vida útil con los valores del análisis de  $\beta$ -carotenos de la bebida saborizada de chontaduro a la temperatura de refrigeración (6 °C), ambiente y estufa (35 °C), durante 0, 15, 30 y 45 días de almacenamiento del producto. A través de los resultados del cálculo de esta ecuación se estimó que se almacenará la bebida a la temperatura de refrigeración de 6 °C tomando como concentración inicial 22 mg/100g de  $\beta$ -carotenos y una concentración, al tiempo en estudio, de 15 mg/100g de  $\beta$ -carotenos.

Los resultados de los parámetros cinéticos para la estabilidad con el modelo de Arrhenius se presentan en la Tabla 3.40.

**Tabla 3.40.** Cinética de vida útil de la bebida saborizada de chontaduro

Parámetro	Valor
Factor de frecuencia $k'$ ( $d^{-1}$ )	4,35E-02
Energía de activación ( $J/^{\circ}K \text{ mol}$ )	6511,11
Tiempo de vida útil de la bebida almacenada a 6 °C (d)	145

De acuerdo a la estabilidad de la vitamina en el tiempo, el modelo matemático determina que la bebida puede durar 145 días con el margen de 22 a 15 mg/100g de concentración de  $\beta$ -carotenos.

Para establecer el tiempo de caducidad de la bebida se utilizó los análisis realizados por el parámetro de color, análisis sensorial, análisis microbiológico y de  $\beta$ -carotenos. Así, se determina que la bebida tiene una vida útil de 30 días almacenada a temperatura de refrigeración (6 °C), donde se garantiza las mejores condiciones organolépticas de la bebida, inocuidad y la mayor disponibilidad de  $\beta$ -carotenos para el consumidor.

### **3.5. DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA BEBIDA DE CHONTADURO**

El diseño de la planta de procesamiento es una actividad importante en la implementación de un nuevo producto. Los factores que determinan el diseño es la secuencia del proceso para la elaboración del producto, donde se establece líneas de actividades debidamente ordenadas, para cada una de las funciones que el producto requiere (Casp, 2005, p.68).

#### **3.5.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**

El producto se va a elaborar según la norma NT INEN 2 237:2008 (INEN, 2008, p. 1), que establece como bebida de fruta, a toda dilución que contenga fruta o pulpa de fruta con un mínimo del 10 % de sólidos (p/p), edulcorantes, estabilizantes y preservantes permitido.

Así, se establece que el producto que se elaborará será una bebida de chontaduro (*Bactris gasipaes*) saborizada con esencia de vainilla con un contenido de azúcares de 12 °Brix y estabilizada con goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) al 1 % en peso de



la bebida, además contiene como preservantes benzoato de sodio y sorbato de potasio en una concentración de 200 ppm.

La bebida será de color amarillo, su textura ligeramente viscosa y serán envasadas en botellas de vidrio de 250 mL de color ambar debidamente esterilizadas.

### **3.5.2. CAPACIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA**

La ubicación y el dimensionamiento de la planta depende de algunos criterios técnicos y factores que influyen en el proceso como son: lugar y extensión del cultivo de la fruta, la cual será utilizada como materia prima del producto, insumos para la elaboración, mercado para la comercialización, vías de comunicación, servicios básicos y mano de obra requerida para la elaboración de la bebida (Casp, 2005, p.43).

Según datos del III censo nacional agropecuario realizado por el INEC y el MAGAP en el año 2001, la fruta de chontaduro se cultiva en su mayoría en la provincia del Napo como un cultivo asociado a productos como la yuca y el plátano. Este estudio estadístico determina que en esta provincia de la amazonia se cultivan 38 ha de cultivo de chontaduro asociado y que se encuentra en manos de los pequeños productores que mantienen esta fruta como un cultivo ancestral. En esta superficie cultivada se producen anualmente 75 toneladas métricas de chontaduro divididas en dos cosechas por año, siendo la primera entre los meses de febrero y abril, y la segunda entre septiembre y noviembre.

Con estos datos recopilados por fuentes estadísticas nacionales se estableció el lugar de ubicación de la planta en la provincia del Napo, cantón Tena, la misma que es la capital de dicha provincia. De esta forma, se asegura la disponibilidad de la fruta de una manera rápida y segura, en un mercado que puede ser abastecido por la planta de producción de bebida para el consumo de los cantones de esta provincia.

### **3.5.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

Entre los materiales empleados para la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro se encuentran: fruta de chontaduro, esencia de vainilla, azúcar, agua, enzima Pectinex<sup>®</sup>, goma de tara, benzoato de sodio y sorbato de potasio. Entre los insumos utilizados se encuentra las botellas de vidrio de 250 mL esterilizadas y etiquetas.

### **3.5.4. PROCESO TECNOLÓGICO**

Para la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro se siguió el proceso de producción que se presenta a través del diagrama BFD, en el Anexo VIII.

### **3.5.5. ALCANCE DEL PROYECTO**

Con los datos investigados de la producción de chontaduro en la provincia del Napo, se estableció el alcance del proyecto en la planta de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro con capacidad para procesar 500 kg de fruta diaria durante los meses de cosecha de la fruta. Se trabajará en la planta a una jornada de 8 horas diarias durante 5 días a la semana los 12 meses del año.

Durante este tiempo se propone procesar la fruta hasta la operación de despulpado, posteriormente se congelará la pulpa y se procesará 300 kg de pulpa por día para garantizar la disponibilidad de la materia prima para la fabricación de la bebida, sobretodo durante el periodo de tiempo que no hay cosecha de la fruta.

Establecida la capacidad de producción, se plantea cada una de las operaciones de control que intervienen en la elaboración de la bebida, las entradas y salidas de materia para la producción y los equipos que intervienen en el proceso. Se

desarrollaron los diagramas BFD y PFD, la distribución en planta, cortes y elevaciones y el flujo de personal.

Para dar un diseño higiénico en la planta se detalla las características de cada área con todas las condiciones que las normas de alimentos establecen y con las condiciones adecuadas para el trabajo de los operarios. Se tomará como referencia el tamaño de la planta y el número de trabajadores que tendrán que laborar en el establecimiento.

Se establecerán las ubicaciones de las áreas sanitarias, administrativas, bodegas, área de mantenimiento, laboratorio de análisis y un esquema general de entrada y salida de materia prima.

### **3.5.6. SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS DE LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA BEBIDA SABORIZADA DE CHONTADURO**

La nomenclatura utilizada en los equipos necesarios para la elaboración de la bebida que se presenta en el diagrama tecnológico PFD, se presenta en la Tabla 3.41.

**Tabla 3.41.** Nomenclatura de los equipos para la producción de la bebida saborizada de chontaduro

<b>Equipo</b>	<b>Nomenclatura</b>
Balanza	BL – 101
Tanque de recepción	TR – 102
Banda transportadora	BT – 201
Tanque de lavado	TL – 202
Marmita de cocción	MC – 301
Banda transportadora	BT – 302
Desintegrador	DT – 303
Marmita con agitación	MA – 401
Despulpadora	DP – 402
Cámara de congelación	CC – 403
Molino	MM – 501
Intercambiador de tubos	IT – 502
Envasador	EA – 503
Cámara de refrigeración	CR – 504

Los equipos utilizados en el flujo del proceso del diagrama PDF se presentan en el Anexo IX.

### **3.5.7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO**

El proceso para la obtención de la bebida saborizada de chontaduro se representa en el diagrama PFD del Anexo X, donde intervienen los equipos utilizados en cada operación, los flujos de los componentes en la formulación y los requerimientos para la elaboración de la bebida.

El diagrama inicia con la corriente (1), donde la fruta de chontaduro llega en racimos a la planta y es pesada en la balanza BL-101, posteriormente las frutas son

removidas de los racimos de forma manual y colocadas en el tanque de acero inoxidable TR-102 a través de la corriente (2) para su clasificación.

A través de la banda transportadora BT-201 en la corriente 3, se llevará a cabo el proceso de selección por medio de inspección visual donde la fruta en mal estado es retirada en la corriente 4. La fruta de chontaduro seleccionada pasa a otro tanque de acero inoxidable TL-202, donde se procede a sumergir la fruta en una solución de agua-cloro en una concentración de 50 ppm que ingresa por la corriente 5 para el lavado y desinfección de los frutos.

La fruta seleccionada y lavada, es colocada de forma manual en la corriente 6, en la marmita MC-301 donde se realizará la cocción a temperatura de ebullición durante 1 h. Luego de este tiempo, a través de la banda transportadora BT-302 en la corriente 7, se transportará la fruta donde se pelará de forma manual con el uso de cuchillos y se sacará la semilla en la corriente 8.

Obtenido el mesocarpio de la fruta de chontaduro, se traslada al desintegrador DT-303 por la corriente 7. En este proceso, se disminuye el tamaño de partícula de la fruta para incrementar la superficie de acción de la enzima en el proceso de hidrólisis. La fruta desintegrada es llevada a través de la corriente 9 a la marmita MA-401 donde se inocula la enzima Pectinex Ultra SP-L Novozymes<sup>®</sup> en la concentración de 1 mL de enzima por kg de solución agua:fruta, 1:2, por medio de la corriente 10, este proceso tiene un tiempo de duración de 30 minutos a una temperatura de 30 °C. Luego del tiempo de hidrolisis, la fruta tratada con la enzima, es llevada al despulpador DP-402 por la corriente 11, aquí se elimina la fibra de la fruta por la corriente 12, obteniéndose la pulpa de fruta de chontaduro para ser almacenada en la cámara CC-403 por la corriente 13 en congelación a la temperatura de -16 °C.

Para la formulación de la bebida, la pulpa de chontaduro es pesada y llevada por la corriente 13 al molino mezclador MM-501, donde serán añadidas las cantidades

necesarias de azúcar y esencia de vainilla por la corriente 15 y los estabilizantes y preservantes por la línea 16. Se hace el mezclado hasta obtener una homogeneización de todos los componentes de la bebida. La mezcla así homogeneizada, es transportada con la ayuda de una bomba por la línea 17 al pasteurizador IT-502, donde se asegurará la inocuidad de la bebida a una temperatura de 70 °C durante 30 minutos. Luego, la temperatura de la bebida se disminuirá hasta alcanzar la temperatura ambiente para ser envasada.

Con ayuda de una bomba, a través de la línea 18 se llevara la bebida de chontaduro al envasador EA-503 donde la bebida será llevada a envases de vidrio de 250 mL. Para finalizar el proceso, las botellas de bebida serán llevadas por la línea 19 a la cámara de refrigeración CR-504 donde se almacenará la bebida a 6 °C.

En el Anexo XIII, se presenta el resumen del balance de materiales para la producción de la bebida saborizada de chontaduro en planta.

### **3.5.8. BALANCE DE ENERGÍA**

Para determinar la cantidad de energía que requiere el proceso, se determinó las operaciones donde se usa vapor saturado como fluido calefactor. Estos procesos son cocción de la fruta de chontaduro, hidrólisis enzimática de la pulpa de chontaduro y pasteurización de la bebida. Los cálculos de la energía requerida en el proceso se presentan en el Anexo XIV.

En la Tabla 3.42 se presenta el resumen de los cálculos del balance de energía para la planta. Se considera un factor de seguridad del 40 % adicional al consumo de energía por razones de capacidad del equipo y dimensionamiento de la planta y los equipos necesarios para el proceso.

**Tabla 3.42.** Requerimiento de energía en la producción de la bebida saborizada de chontaduro

<b>Proceso</b>	<b>Energía requerida (kJ/día)</b>
Cocción de la fruta	107 662,5
Hidrólisis enzimática	18 210,5
Pasterización de la bebida	162 891,9
<b>SUBTOTAL</b>	<b>288 764,9</b>
<b>TOTAL (Factor de seguridad 40 %)</b>	<b>404 270,86</b>

### 3.5.9. REQUERIMIENTO DE VAPOR Y CAPACIDAD DEL CALDERO

Con la cantidad de energía necesaria para las operaciones donde se requiere vapor de la Tabla 3.42. Se calculó la masa de vapor saturado que se requiere a las condiciones de 100 °C y una presión de 129,43 psi ( $L_{V_{vapor}} = 2\ 251,18$  kJ/kg). El ejemplo de cálculo se puede observar en el Anexo XV.

Los valores del cálculo de cantidad de vapor saturado, la capacidad del caldero y el volumen de diésel que se requiere para su operación, se encuentra en la Tabla 3.43.

**Tabla 3.43.** Resumen del dimensionamiento del caldero y la cantidad de vapor y combustible necesarios

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Masa del vapor	179,58	kg/día
Capacidad del caldero	1,42	BHP
Cantidad de combustible	2,45	gal/día

Se considera que para el requerimiento de vapor de la planta, se necesita un caldero de una capacidad de 2 BHP, el cuál proporcionará 179,58 kg/día de vapor saturado consumiendo 2,45 gal/día de combustible.

### 3.5.10. DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA

En la disposición de la planta, se tomó en consideración el flujo de proceso en forma de L por su configuración discontinua entre cada uno de los procesos. El primer proceso de obtención de la pulpa de chontaduro y el segundo, en la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro (Casp, 2005, p.196).

Las ventajas que ofrece esta disposición en planta son la posibilidad de tener una fachada para ampliaciones, menos costos de inversiones en infraestructura y funcionamiento, separación de áreas de productos y consumibles y de acuerdo con las normas de higiene, la distribución del personal y los consumibles no atraviesa una zona de trabajo (Casp, 2005, p.196).

Para tener un criterio en el dimensionamiento de las áreas se tomó las siguientes consideraciones:

#### Área de producción

- Cantidad de equipos y su disposición
- Área necesaria para el mantenimiento de los equipos
- Disposición de los puestos de trabajo
- Frecuencia de limpieza de equipos y área de producción

#### Áreas de almacenamiento de materia prima y producto terminado

- Volumen y flujo de los productos
- Tiempos de fabricación y disposición de los productos por su necesidad

#### Áreas de recepción y despacho

- Frecuencia de recepción y despacho de productos
- Volumen de recepción y despacho
- Tiempos de recepción y despacho
- Condiciones de almacenamiento



Con la posibilidad de incrementar la producción de la planta en cuanto a la demanda de la bebida saborizada de chontaduro, se mantiene un frente para posibles ampliaciones o modificaciones del proceso (Casp, 2005, p.193).

De acuerdo a las características del área de producción se tiene la calidad higiénica de la planta. Estos espacios están provistos de pisos, paredes, techos, ventanas y puertas que se describen en la Tabla 3.44.

**Tabla 3.44.** Características del área de producción

ÁREA	PISO	PAREDES	TECHO	VENTANAS	PUERTAS
Producción	Concreto liso antideslizante, la unión con la pared redondeada	Cemento liso recubierta con pintura antifúngica y lavable	Concreto liso provisto de tragaluces de fácil limpieza	Provistas de protección contra insectos y sin repisas	Cierre hermético y automático provistas de cortina de acceso

El área de las oficinas, mantenimiento, control de calidad, limpieza, presentan sus características que se detallan en la Tabla 3.45.

**Tabla 3.45.** Características de las áreas complementarias

Área	Descripción
Oficinas	Dotadas de iluminación natural, paredes lisas, piso de porcelanato, cada oficina será una área independiente provista de ventilación
Mantenimiento	Ubicada cerca del área de producción contará con piso de concreto y paredes lisas
Control de calidad	De color blanco en todas las superficies, piso de porcelanato, paredes lisas, provisto de ventilación
Limpieza	Piso de porcelanato, paredes lisas y provisto de ventilación

La descripción de las áreas sanitarias en la planta se detalla en la Tabla 3.46. Se toma el número mínimo de estos servicios sugeridos por Casp (2005), p.281.

**Tabla 3.46.** Descripción de áreas sanitarias

Área	Descripción	Cantidad
Sanitarios y duchas	Disponible uno para hombres y otro para mujeres, ubicados al ingreso de producción, dotado de ventilación y superficies de color blanco	2
Lavamanos	Disponibles en los sanitarios y en los vestidores, dispondrán de artículos de limpieza y desinfectantes, superficies de color blanco	4
Vestidores	Disponible uno para hombres y otro para mujeres, ubicados al ingreso de producción, dotado de ventilación y superficies de color blanco	2
Pediluvios	Ubicado al ingreso del área de producción, dispondrá de una solución desinfectante para el calzado	1

### 3.5.11. SEGURIDAD EN LA PLANTA

La seguridad del personal y el funcionamiento correcto de todas las operaciones, garantizan un confort y ergonomía en el ambiente de trabajo (Casp, 2005, p.274). En la distribución de las áreas se debe considerar la iluminación y la ventilación de los espacios que ocupen los trabajadores. Estos parámetros se detallan en la Tabla 3.47.

**Tabla 3.47.** Necesidades de iluminación y ventilación de las áreas de la planta  
(Casp, 2005, pp. 275-276)

Área	Iluminación (lx)	Ventilación (m <sup>3</sup> /h)
Producción	220	45
Mantenimiento	220	30
Control de calidad	540	30
Bodegas de insumos	110	25
Oficinas	110	25
Limpieza	110	45

El uso de indumentaria adecuada por parte del personal para el desenvolvimiento en las operaciones a desarrollarse en la planta, otorga seguridad a los trabajadores y garantiza inocuidad en el producto final. En la Tabla 3.48 se especifica la indumentaria que utilizará el personal en el desempeño de sus actividades.

**Tabla 3.48.** Especificación de la indumentaria de los trabajadores en cada área (Casp, 2005, p. 180)

Área	Indumentaria
Producción	Overol y botas blancas, cofia y mascarilla
Mantenimiento	Overol y zapatos de seguridad, casco y gafas
Control de calidad	Mandil y botas blancas, cofia, guantes y mascarilla
Supervisión	Mandil y botas blancas, cofia, guantes y mascarilla
Oficinas	Uniforme semiformal

### 3.5.12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para determinar el cronograma de actividades se implementa el diagrama de Gantt, donde se hace referencia al proceso que se va a realizar durante el día y los tiempos que se demoran cada una de las operaciones de acuerdo a la capacidad de los equipos. Esta planificación se encuentra estructurada en dos partes: La primera en los meses que se encuentra en producción la fruta de chontaduro durante las dos épocas del año. Se consideran los periodos de tiempo de febrero-abril y septiembre-diciembre. Durante la época de la cosecha de la fruta de chontaduro se establece el funcionamiento de la totalidad del proceso, congelando la cantidad de pulpa que no se procesa en bebida en la época de cosecha, garantizando disponibilidad de pulpa durante todo el año. Este primer cronograma se presenta en la Tabla 3.49.

El segundo cronograma corresponde a la época donde no existe la producción de la fruta pero se dispone de pulpa congelada. Se establece el funcionamiento de la parte del proceso donde se elabora la bebida saborizada de chontaduro. Esta parte del proceso se presenta estructurado en el diagrama de Gantt de la Tabla 3.50.

**Tabla 3.49.** Diagrama de Gantt para la obtención de la pulpa de chontaduro

PROCESO	HORAS LABORABLES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Recepción								
Selección								
Lavado								
Cocción								
Pelado								
Desintegrado								
Hidrolizado								
Despulpado								
Congelado								
Limpieza de equipos								

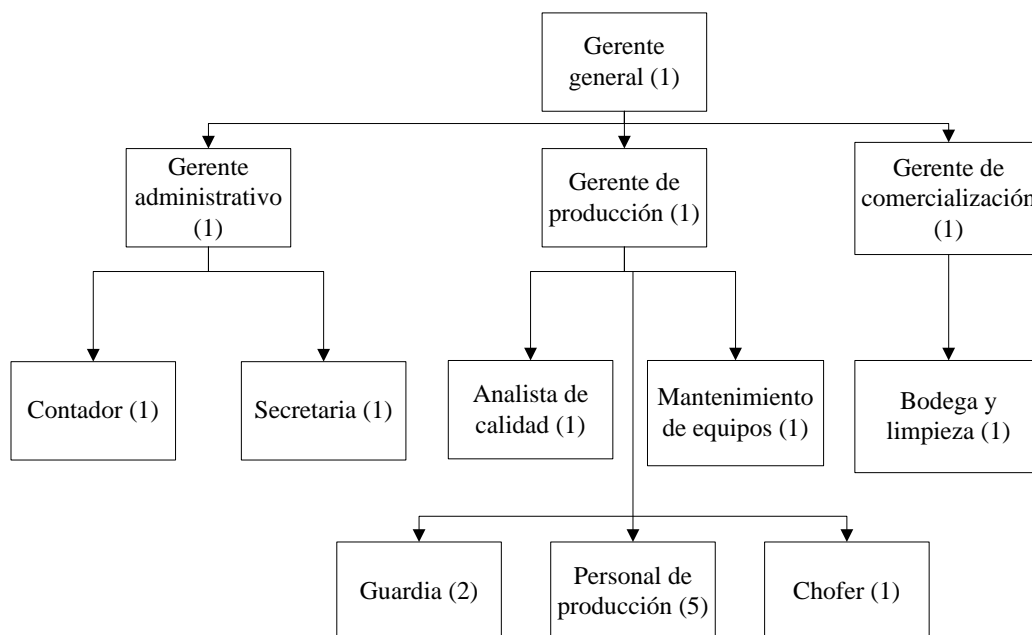
**Tabla 3.50.** Diagrama de Gantt para la obtención de la bebida saborizada de chontaduro

PROCESO	HORAS LABORABLES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Descongelado								
Formulado								
Mezclado								
Pasteurizado								
Envasado								
Almacenado								
Limpieza de equipos								

### 3.6. ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD FINANCIERA

Dentro de la factibilidad de un proceso industrial, se encuentra el estudio financiero para la ejecución de la planta. Donde a través de los costos de inversión, gastos de personal, gastos de insumos, materia prima, gastos de servicios básicos y las ventas del producto. Se determina si el proceso es rentable para los inversionistas.

Toda actividad empresarial cuenta con una organización jerárquica la cual permite la distribución de las actividades para cada una de las áreas. Esta organización se presenta en la Figura 3.24.



**Figura 3.24.** Organigrama de la planta de producción de bebida saborizada de chontaduro

### 3.6.1. INVERSIONES

Para la implementación de la planta de producción de la bebida saborizada de chontaduro se debe realizar inversiones fijas o tangibles, activos diferidos o intangibles y, el costo de trabajo y de operación que la planta requiera para el desarrollo del proceso de producción.

En la Tabla 3.51 se presentan los costos del área de terreno y construcciones necesarios para la estructura física de la planta.

**Tabla 3.51.** Inversión en terreno y construcciones de la planta

	Cantidad (m <sup>2</sup> )	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Terreno	1 200	30	36 000
<b>CONSTRUCCIONES</b>			
Fábrica	264	150	39 600
Oficinas y laboratorio	68	150	10 200
Cerramiento (m)	420	35	14 700
Corredores y bodegas	48	150	7 200
Taller	24	150	3 600
Reservorio Agua(m <sup>3</sup> )	60	25	1 500
<b>TOTAL</b>			<b>112 800</b>

Como se observa en la Tabla 3.51, para la construcción de la parte física de la planta, se requiere un costo fijo de \$ 112 800. El costo de maquinarias y equipos necesarios para las operaciones que intervienen en el proceso de obtención de la bebida saborizada de chontaduro se muestra en la Tabla 3.52.

**Tabla 3.52.** Inversión en maquinaria y equipos

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Valor (USD)</b>
Equipo de Producción (Importado y Nacional)	170 965
Equipo Auxiliar	15 000
Gastos de Instalación y Montaje	20 000
<b>TOTAL</b>	<b>205 965</b>

De acuerdo a la Tabla 3.52. La inversión en maquinaria y equipos para la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro es de \$ 205 965, costos que son obtenidos de acuerdo a valores de equipos y máquinas que se ofertan en el mercado. El costo de cada equipo se detalla en el Anexo XVI y Tabla XVI.1.

Para la implementación de la planta se requieren otros costos entre los cuales constan el equipamiento de oficinas, laboratorios, talleres, vehículos etc. Estos costos se presentan en la Tabla 3.53.

**Tabla 3.53.** Inversión de otros activos

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>VALOR (USD)</b>
Equipos y muebles de oficina	15 000
Talleres	5 000
Constitución de la sociedad	2 000
Repuestos y accesorios	5 000
Laboratorios	22 000
Intereses durante la construcción	16 920
Gastos de puesta en marcha	3 000
Suministros de Oficina	2 500
Vehículos (Distribución)	100 000
<b>TOTAL</b>	<b>171 420</b>

Dentro de otros activos que se requieren para la implementación de la planta se establece un valor total de \$ 171 420 que se resume en suministros, compra de vehículos, repuestos para el mantenimiento de los equipos y la dotación de muebles y equipos de computación y de laboratorio para las áreas administrativas y de calidad respectivamente.

### **3.6.2. COSTO DE OPERACIÓN**

En el funcionamiento de la planta de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro se requieren gastos que son de utilidad para la operación de la planta.

Estos costos están determinados por la compra de materia prima e insumos para la elaboración de la bebida, el costo de la mano de obra tanto directa como indirecta y toda la carga fabril que representan costos para la operación. Estos costos se detallan en la Tabla 3.54.

**Tabla 3.54.** Costos para la operación de la planta

<b>Costos de operación</b>	<b>VALOR (USD)</b>	<b>%</b>
Materia Prima (Anexo XVII )	284 418	52,80
Mano de obra directa (Anexo XVII)	48 600	9,02
Carga fabril (Anexo XVII)		
a) Mano de obra indirecta	41 472	7,70
b) Materiales indirectos	3 300	0,61
c) Depreciación	32 230	5,98
e) Suministros	96 338	17,89
d) Reparación y mantenimiento	14 063	2,61
f) Seguros	8 438	1,57
g) Imprevistos	9 792	1,82
<b>TOTAL</b>	<b>846 898</b>	<b>100,00</b>

Dentro de los mayores costos de operación en la elaboración de alimentos, se encuentra el costo de la materia prima e insumos. Este es el caso del porcentaje de costos que representa la materia prima del 52,80 % del total de costos de operación, siendo los más significativos el costo de los envases, la fruta de chontaduro y la enzima Pectinex<sup>®</sup>. Otro aporte a los costos de operación importante son los suministros de agua, energía eléctrica y combustibles necesarios para los equipos. El desglose de estos costos de operación se detalla en el Anexo XVII.

Para establecer el costo de la bebida, se realiza una estimación de los costos de las operaciones que vienen ligados a su producción. Dichos costos se detallan en la



Tabla 3.55. El desglose de cada uno de los rubros de la Tabla 3.55 se encuentra en el Anexo XVIII.

**Tabla 3.55.** Costos operacionales y costo del producto

<b>RUBRO</b>	<b>VALOR (USD)</b>	<b>%</b>
Costo de producción (Tabla 3.54)	538 652,00	88,99
Costos de ventas (Anexo XVIII)	3 815,00	0,63
Gastos de administración y generales (Anexo XVIII)	4 225,00	0,70
Gastos de financiamiento (Anexo XVIII)	65 090,00	9,68
<b>TOTAL</b>	<b>920 029,00</b>	<b>100,00</b>
Unidades producidas	934 080,00	
<b>Costo unitario del producto</b>	<b>0,65</b>	
<b>Precio de venta unitario</b>	<b>1,00</b>	

El mayor costo que implica la elaboración de la bebida es el de producción donde su valor representa el 89 % del total del precio de la bebida. Este valor se suma al costo de ventas, gastos administrativos y solicitud de financiamiento en una entidad bancaria que se debe realizar para la ejecución de la planta.

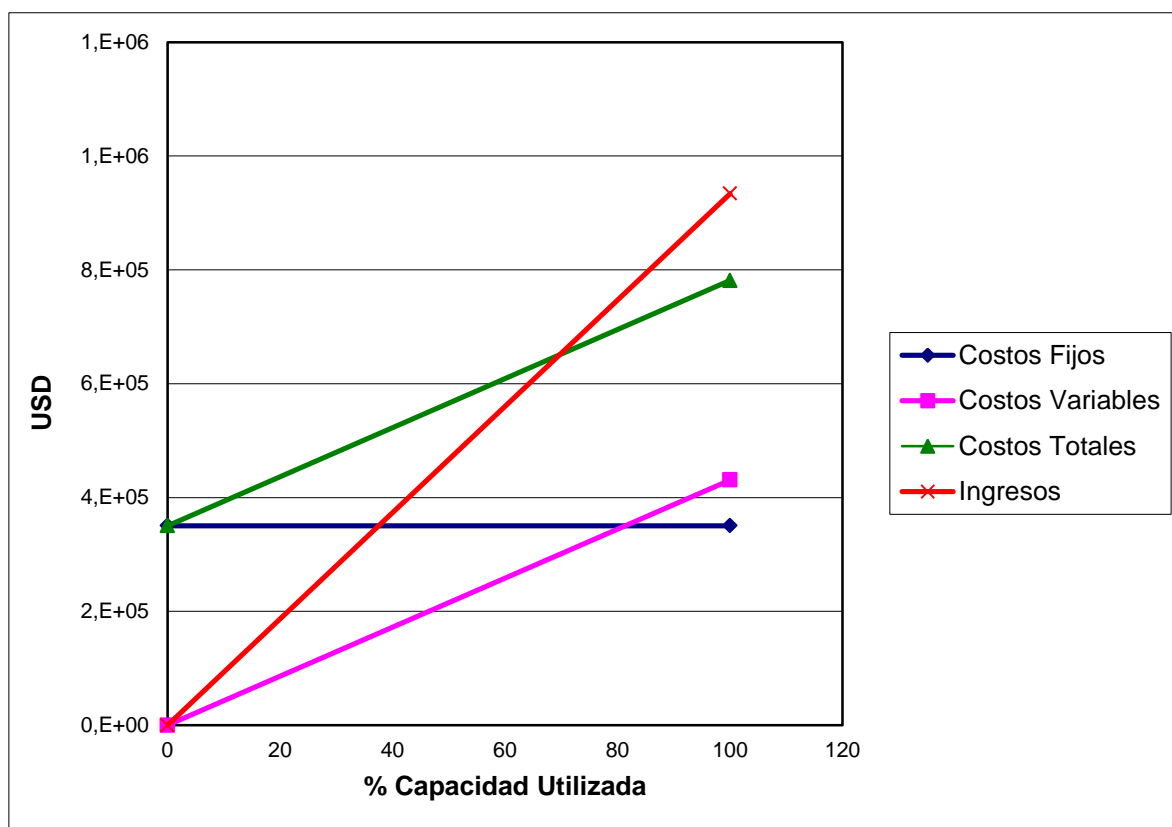
Se considera que anualmente se producirán 934 080 botellas de bebida saborizada de chontaduro de 250 mL, que serán distribuidos en la zona del Napo. El costo de producción de la bebida es de \$ 0,98, lo que implica, si se considera un margen del 35 % de ganancia, un precio de venta de \$ 1,00. Este precio es similar al de las bebidas energéticas o hidratantes que se encuentran en el mercado nacional.

### **3.6.3. PUNTO DE EQUILIBRIO, TIR, VAN**

El punto de equilibrio del proyecto se encuentra en la intersección de la recta de los costos totales y de los ingresos (Horngreen, Datar y Foster, 2007. p.65). Este punto

se presenta en la Figura 3.25 y es el valor mínimo que se debe producir en la planta para no incurrir en pérdidas. Para el caso de la elaboración de la bebida saborizada de chontaduro el proyecto determina un punto de equilibrio de 69,65 % del total de unidades que se producen durante el año y es el valor de 650 586 unidades de bebida de 250 mL.

Esta producción determina que se dispone de una capacidad de producción del 30,35 % y que se puede hacer incrementos en la producción durante los años posteriores a la instalación de la planta.



**Figura 3.25.** Punto de equilibrio del proceso de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro

La proyección de la producción y el flujo de fondos de la planta de producción durante los primeros 10 años de operación se presentan en la Tabla XVIII.4, donde

se destacan los valores del flujo de los ingresos y egresos para el proyecto. Con estos valores determinados en la el flujo de costos, se determina los indicadores financieros para el proyecto.

Los indicadores financieros del proyecto se presenta en la Tabla 3.56 donde se puede observar que el proyecto tiene una Tasa Interna de Retorno del 30,76 %, la cual es mayor al valor de intereses que son pagados por los bancos. Otro indicador muy importante para determinar si se ejecuta o no el proyecto es el Valor Actual Neto que representa un valor positivo de 128 094,09 lo cual hace que se acepte la inversión para la implementación de la planta de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro

**Tabla 3.56.** Indicadores financieros de la planta de elaboración de la bebida saborizada de chontaduro

<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR</b>
Valor Actual Neto (VAN)	128 094,09
Tasa Interna de Retorno (TIR) (%)	30,76
Flujo de Fondos (Años 1-10)	817 565,81
Flujo de Fondos (Año 0)	-689 471,72
Rentabilidad sobre la inversión (%)	18,58
Cálculo TIR	660 704,18
Rentabilidad anual promedio (%)	28,89
Punto de equilibrio (%)	69,65
Punto de equilibrio (unidades)	650 586,72

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

1. El uso de los cocteles enzimáticos Cellubrix<sup>®</sup>, Pectinex<sup>®</sup> y Rap Vegetable Juice<sup>®</sup> en la fruta de chontaduro a concentraciones de 1, 1,5 y 2 mL/kg de fruta a la temperatura de 30 °C, no produjo un cambio significativo de la variación de los sólidos insolubles en suspensión (SIS) en ninguno de los tres cocteles a las diferentes concentraciones.
2. Los resultados de los tres cocteles en la fruta de chontaduro a la concentración de 1 mL/kg y temperatura de 30 °C, indican que se obtuvo una mayor cantidad de sólidos solubles (°Brix) con la enzima Pectinex<sup>®</sup> que presentó un valor de  $4,4 \pm 0,04$  %(w/w). Esta condición es la mas favorable para la formulación de la bebida.
3. La mayor viscosidad de la mezcla de fruta de chontaduro y agua en relación (1:2), posterior al tratamiento con los tres cocteles enzimáticos a la concentración de 1 mL/kg y temperatura de 30 °C fue de  $0,015 \pm 0,04$  Pa.s, fue con el uso de la enzima Pectinex<sup>®</sup>.
4. Los tres cocteles enzimáticos empleados a una concentración de 1 mL/kg y temperatura de 30 °C determinó que la mayor recuperación de  $\beta$ -carotenos se dió con la enzima Pectinex<sup>®</sup> que presentó un valor de  $0,53 \pm 0,04$  mg/100 g.
5. La disponibilidad de  $\beta$ -carotenos en la fruta hidrolizada de chontaduro con la enzima Pectinex<sup>®</sup>, determinó el uso de esta enzima para el estudio de la obtención de la bebida saborizada de chontaduro.
6. La fruta hidrolizada de chontaduro con la enzima Pectinex<sup>®</sup> a la concentración de 1 mL/kg y temperatura de 30 °C, presentó un rendimiento del 95 % en el despulpado de la fruta. Este rendimiento no fue superior a de la fruta sin hidrolizar que mostró un rendimiento del 94 %.

7. El análisis sensorial para determinar la mejor formulación de la bebida, determinó que la bebida con el 35 % de pulpa y 0,05 % de vainilla en peso, fue la mezcla que presentó las mejores condiciones en cuanto a sabor a vainilla, aroma a vainilla, color y los aromas extraños que fueron escasos.
8. La aplicación de la ecuación de calidad con las ponderaciones de los atributos por los panelistas, mostró que la bebida con 35 % de pulpa y 0,05 % de vainilla fue la mejor formulación con un valor de 3,76. Este valor fue superior a las demás mezclas de la bebida.
9. La bebida saborizada de chontaduro mostró una mejor estabilidad a la condición de almacenamiento de refrigeración (6 °C), durante los 45 días de análisis, manteniendo los atributos de olor a vainilla, color, aromas extraños y textura.
10. Los resultados de los análisis microbiológicos en las bebidas a las condiciones de almacenamiento de refrigeración (6 °C), ambiente y estufa (35 °C), mostró que no hubo crecimiento de microorganismos a la temperatura de refrigeración. En las demás condiciones hubo fermentación por el crecimiento de levaduras.
11. Los  $\beta$ -carotenos analizados en la estabilidad de la bebida durante las tres condiciones de almacenamiento, se mostraron más estables a la condición de refrigeración (6 °C) tras disminuir de 0,22 a 0,17 mg/100 g de fruta durante los 45 días de análisis.
12. La bebida saborizada de chontaduro, a través de los análisis determinados en la estabilidad, tiene una vida útil de 30 días a temperatura de 6 °C, donde se garantiza la disponibilidad de la vitamina A y el mejor aprovechamiento de las características sensoriales de la bebida.
13. A través de la implementación de la planta de elaboración de la bebida, se determinó que la bebida de 250 mL tiene un precio de venta al público de

1,00 USD, valor que la hace competitiva en el mercado, pues se trata de una bebida natural y con disponibilidad de vitaminas y minerales.

14. El análisis de prefactibilidad financiera mostró que la implementación de la planta de obtención de la bebida saborizada de chontaduro, tiene un TIR de 30,76 % y un VAN de 128 094,09, que hace que este proyecto sea rentable.
15. La ejecución del proyecto generará empleo en el cantón Tena con 13 puestos para operarios y 8 a cargo de la dirección de la planta.
16. El uso de esta fruta tradicional en la provincia de Napo hace que este proyecto sea sustentable en la zona de producción de la bebida, contribuyendo al desarrollo del área agroindustrial y de la transformación de la matriz productiva.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Sugerir el método de cosecha de la fruta de chontaduro, ya que debido a la agricultura artesanal de la zona del chontaduro, existe disminución considerable al momento de clasificar la fruta, disminuyendo el rendimiento de la fruta para elaborar la bebida saborizada de chontaduro.
2. Probar con otros cocteles enzimáticos para hidrolizar la fruta. Ciertos fabricantes ofrecen diversas mezclas que ayudan a obtener mejores resultados en el producto final, favoreciendo los incrementos en los rendimientos del proceso.
3. Realizar formulaciones de bebida de chontaduro con otros saborizantes, como chocolate o mezclas de otras frutas que ayudarían a favorecer la comercialización en el mercado y al productor.

4. Desarrollar un estudio de aceptabilidad para saber qué tan apreciado es el producto por el consumidor a nivel nacional, para incrementar la producción. Esto, debido a que la elaboración de la bebida está localizada en la provincia de Napo, lugar en donde se consume esta fruta por tradición.
5. Producir la bebida saborizada de chontaduro como una línea de producción en otra planta donde ya se elabore bebidas de otras frutas. Esto ayudaría a disminuir costos de producción y el aumento del aprovechamiento de cierta maquinaria utilizada en la producción del producto, sabiendo que éste es de temporada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade, V. (2008). *Presente y futuro de las oleaginosas en el Ecuador*. Recuperado de <http://publicaciones.pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/59-74.pdf> (Enero, 2014).
2. AOAC. (1998). *Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists* "Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures". Adaptado en el laboratorio de servicios analíticos e investigación en alimentos del departamento de nutrición y calidad del INIAP. Arlington, USA.
3. AOAC. (2005). *Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists*, Arlington, USA.
4. Aranceta, J. Serra, LI. Pérez, C. y Ortega, R. (2006). *Frutas, verduras y salud*. Barcelona, España: Masson Elsevier.
5. Ayrton. (2012). La provincia de Napo. Recuperado de <http://laprovinciadenapo.blogspot.com/2012/05/napo-y-sus-cantones.html> (Agosto, 2014).
6. Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos*. (4ta. ed). Mexico D.F, Mexico: Pearson Educación.
7. Britton, G. Liaaen, S. y Pfander, H. (1995). *Carotenoids, isolation and analysis*, volumen 1<sup>a</sup>. Birkhauser, Basel; Boston; Berlín



8. Casp, A. (2005). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*. (1era. ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
9. Clement, C. Weber, J. Van Leeuwen, J. Astorga Domian, C. Cloe, D. Arévalo Lopez, L. y Arguello, H., (2004). Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, 61, 195-206.
10. Cochran, W.G. y Cox, G.M. (1983). *Diseños Experimentales*. Mexico: Trillas.
11. CORPEI. (2009). *Perfiles de producto, Perfil del palmito*. Recuperado de [http://www.puce.edu.ec/documentos/perfil\\_del\\_palmito\\_2009.pdf](http://www.puce.edu.ec/documentos/perfil_del_palmito_2009.pdf) (Enero, 2014).
12. CORPOICA. (1996). *El cultivo de chontaduro (Bactris gasipaes H.B.K)*. Recuperado de [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/El cultivo de chontaduro.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/El%20cultivo%20de%20chontaduro.pdf) (Enero, 2014).
13. EFB. (1997). *Biotecnología en alimentos y bebidas*. Recuperado de [http://bcmctema5.wikispaces.com/file/view/Biotechnology\\_in\\_foods.pdf](http://bcmctema5.wikispaces.com/file/view/Biotechnology_in_foods.pdf) (Enero, 2014).
14. Erazo, R. y García, I. (2001). Chontaduro, *Bactris gasipaes*. Especies promisorias de la Amazonia. Conservación, manejo y utilización de germoplasma. Corpoica Regional 10. Macagual-Caquetà, Colombia, 91-103.
15. Georgé, S. y Brat, P. (2005). Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant-Derived Products, *J Agric. Food Chem*, 53(2005), 1370-1373.

16. Gil Hernandez, A. (2010). *Tratado de nutrición, Tomo II, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. (2da ed). Madrid, España: Medica Panamericana.
17. Grazibzahedi, S. Mousavi, S. Hamed, M. Khodaiyan, F. y Hadi, S. (2011). Development of an Optimal Formulation for Oxidative Stability of Walnut-Beverage Emulsions Based on Gum Arabic and Xanthan Gum Using Response Surface Methodology. *Carbohydrate Polymers*, 87(2012), 1611-1619.
18. Guimaraes, L. Klabjan, D. y Almada-Lobo, B. (2011). Annual Production Budget in the Beverage Industry. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(2012), 229-241.
19. Gunathilake, K.D.P.P. Vasantha Rupasinghe, H.P. y Pitts, N. (2013). Formulation and Characterization of a Bioactive-Enriched Fruit Beverage Designed for Cardio-Protection. *Food Research International*, 52(2013), 535-541.
20. Guzmán, A. (2011). *Chontaduro aaa. apetitoso alimento medicina*. Recuperado de <http://aldemarguzman.files.wordpress.com/2011/07/alimentos-medicina.pdf> (Enero, 2014).
21. Hernández Bermejo, J. y León, J. (1992). *Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492*. (pp. 209-219).
22. Hernández, M. y Sastre, A. (1999). *Tratado de Nutrición*. Madrid, España: Díaz de Santos.
23. Horngreen, C. Datar, S. y Foster, G. (2007). *Contabilidad de Costos, Un Enfoque Gerencial*. (12va ed). Juárez, México: Pearson Educación.

24. I.N.E.N. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales*. Requisitos. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 337:2008. Quito, Ecuador.
25. IICA. (1987). *Tecnología del manejo de postcosecha de frutas y hortalizas*. Colombia: Biblioteca Venezuela.
26. Institute of Food Science and Technology. (2013). *Food and Drink: Good Manufacturing Practice, A guide to its Responsible Management*. (6ta. Ed.). USA: Wiley- Blackwell.
27. Lamas, J. (2014). *Inocuidad en la elaboración de bebidas*. Recuperado de <http://tematico8.asturias.es/export/sites/default/consumo/seguridadAlimentaria/seguridad-alimentaria-documentos/bebidas.pdf> (Febrero, 2014).
28. Madden, D. (2000). *Enzymes in fruit juice production*. Recuperado de <http://www.ncbe.reading.ac.uk/ncbe/protocols/inajam/pdf/jam01.pdf> (Enero, 2014).
29. Marwaha, K. (2010). *Food and Process Engineering: Theory and Laboratory Experiments*. Delhi, India: Global Media.
30. MIT. (2013). *Azúcares*. Recuperado de <http://esg-www.mit.edu:8001/esgbio/chapters.html>. (Enero, 2014).
31. Mitchell, A. (1990). *Formulation and Production of Carbonated Soft Drinks*. New York, USA: Blackie and Son Ltd.

32. Mora Urpi, J. Weberand, J. y Clement, C. (1997). *Peach palm Bactris gasipaes Kunth*. Roma, Italia: Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
33. Mora Urpi, J. y Gainza Echeverria, J. (1999). *Palmito de pejiyabe (Bactris gasipaes Kunth) su cultivo e industrialización*. San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
34. Moreno Rojas, R. (2013). *Nutrición y Dietética para Tecnólogos de los Alimentos*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
35. Naceur Belgacem, M. y Gandini, A. (2008). *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources* (1ra ed). Gran Bretaña: Elsevier.
36. Olmedilla, B. Granado, F. y Blanco, I. (2001). *Carotenoides y Salud Humana*. España: Fundación Española de Nutrición.
37. Pabón, M. (2004). *Bioquímica Ruminal*. (1ra ed). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
38. Panesar, P. Marwaha, S. y Chopra, H. (2010). *Enzymes in Food Processing: Fundamentals and Potential Applications*. New Delhi, India: I.K. International Publishing House Pvt. Ltd.
39. Piorkowski, D. y McClements, D. (2013). Beverage emulsions: Recent Developments in formulation, production and applications. *Food Hydrocolloids*. (2013), 1-37.

40. Profeco Reporta. (2014). *Bebidas*. Recuperado de: <http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/wpcontent/uploads/2012/04/R-C-316-bebidas-saborizadas.pdf> (Febrero, 2014).
41. Steen, D. y Arhurst, P. (2006). *Carbonated Soft Drinks: Formulation and Manufacture*. Chennai, India: Blackwell Publishing.
42. United States International Trade Commission. (2001). *Processed Foods and Beverages: A description of Tariff and non-Tariff Barriers for Major Products and their Impact on Trade*. Washington D.C, EE.UU: Office of Industries.
43. Ureña, M., D' Arrigo, M. y Girón O. (1999). *Evaluación Sensorial de los alimentos*. Lima, Perú: Agraria.
44. Varnam, A. y Sutberland, J. (1999). *Beverages: Technology Chemistry and Microbiology*. Great Britain: Aspen Publishers.
45. Zamora, A. (2014). *Carbohidratos o Glúcidos, Estructura Química*. Recuperado de <http://www.scientificsyhich.com/fitness/carbohidratos2.html>. (Enero, 2014).

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE $\beta$ -CAROTENOS POR HPLC

El contenido de  $\beta$ -Carotenos en la fruta y la bebida saborizada de chontaduro se determinaron mediante el siguiente método:

LÍMITE DE DETECCIÓN: > 0,02 ppm

LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN: > 2,6 ppm

RANGO DE APLICACIÓN: 0,02 – 87 ppm

INCERTIDUMBRE: 0,21. Se reporta la incertidumbre según la declaración de incertidumbre para el laboratorio de HPLC y según P5.4-02.

#### MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Materiales

Mortero

Matraz de cuello esmerilado 24/40

Matraz de cuello esmerilado 20/40

Matraces de vidrio tipo A de 5-500mL

Probeta de 1000mL y 50mL

Kitassato de 250mL

Embudo Büchner

Refrigerantes con cuello esmerilado 24/40

Refrigerantes con cuello esmerilado 20/40

Embudos de separación

Pipetas pasteur

Jeringas plásticas de 3mL

Filtros de 0.45  $\mu$ m para HPLC

Membrana de 0.45 $\mu$ m para fase móvil

Muestra referencia Secundaria

## Equipos

Balanza analítica (Ver P5.6-15)

Micro Pipetas(Ver P5.6-17)

Bomba de vacío

Termómetro

Rota vapor

Cromatógrafo (HPLC)

Columna: YMC carotenoid column C30, 4.8  $\mu$ m, 250 mm

Flujo: 1.5 mL/min

Presión: 140  $\pm$  10 bar

Temperatura: ambiente (20-23° C)

Detector: Ultravioleta a 450 nm BW 4, REF 580 nm BW 20

Peak Width = 0.1 min

Bomba cuaternaria con gradiente

Cuando se conoce los carotenoides que tiene la muestra

0 - 10 min Fase A

10 - 45 min Gradiente Fase A a Fase B

Cuando se conoce los carotenoides que tiene la muestra

0 – 90 min Fase C a Fase B

Convertidor de señal

Lazo de inyección: 20  $\mu$ L

Tiempo de retención referencial:

Luteína: 6 min

$\alpha$ - caroteno: 12 min

$\beta$ -caroteno: 16 min

Licopeno: 39 min



Tiempo por corrida: 45 min

## Reactivos

Agua desionizada

Helio grado 4.5

Agua destilada

Estándar de carotenoides certificados

Hexano grado reactivo

Di etil éter grado reactivo

Éter de petróleo grado reactivo

Cloruro de sodio grado reactivo

Bicarbonato de sodio

Sulfato de sodio anhidro grado reactivo

Metanol grado HPLC

Metanol grado reactivo

Solución al 5% de KOH o NaOH en metanol: Pipetear 1 mL de solución de NaOH o KOH al 50% y disolver en 9 mL de metanol grado reactivo.

NaOH 50% (p/v): pesar 50 g de NaOH y aforar a 100 mL con agua.

KOH 50% (p/v): pesar 50 g de KOH y aforar a 100 mL con metanol grado reactivo

Para la manipulación de reactivos ver la etiqueta de seguridad.

## PROCEDIMIENTO

Todo el material de vidrio y de plástico debe ser perfectamente lavado con agua, jabón y enjuagado con agua de la llave, agua destilada y finalmente acetona para comprobar que el material quede completamente limpio.

## **Preparación de la fase móvil**

### **FASE A**

Medir 750 mL de metano grado HPLC y 250 mL de Metyl ter butil éter grado HPLC en una probeta. Mezclar, filtrar a través de una membrana de 0.45  $\mu\text{m}$  utilizando vacío y desgasificar con Helio grado 4.5.

### **FASE B**

Medir 900 mL de Metyl ter butil éter grado HPLC, 60 mL de Metanol grado HPLC y 40 mL de agua desionizada en una probeta. Mezclar, filtrar a través de una membrana de 0.45  $\mu\text{m}$  utilizando vacío y desgasificar con Helio grado 4.5.

### **FASE C**

Medir 810 mL de Metyl ter butil éter grado HPLC, 150 mL de Metanol grado HPLC y 40 mL de agua desionizada en una probeta. Mezclar, filtrar a través de una membrana de 0.45  $\mu\text{m}$  utilizando vacío y desgasificar con Helio grado 4.5.

## **Preparación del estándar**

Pesar 5 mg de estándar de  $\beta$ -caroteno, añadir 0.5 mL de éter di etílico y disolver completamente el estándar, evaporar a sequedad en presencia de nitrógeno y aforar a 25 mL con una mezcla de fase A:B (50:50).

Hacer diluciones de 1/100, 1/50, 1/25, 1/10, 1/5 con mezcla de fase.

Almacenar la solución estándar en un lugar protegido de la luz y a una temperatura menor a 4° C.

Verificar la concentración del estándar

Preparar una solución estándar de  $\beta$ -caroteno hexano HPLC. Medir la absorbancia en un espectrofotómetro, en una celda de cuarzo de 1 cm y a una longitud de onda de 452 nm con una celda referencia de hexano HPLC.

Calcular la concentración en microgramos por mililitro ( $\mu\text{g/mL}$ ) mediante la ecuación:

$$\text{Concentración}(\mu\text{g} / \text{mL}) = \frac{\text{Absorbancia} * 1000}{\text{Coeficiente de extinción}} \quad [1.1]$$

Verificar para las soluciones estándar que han sido guardadas en congelación, verificar si el estándar se encuentra en buen estado, midiendo la absorbancia de la solución estándar.

### **Preparación de la muestra**

Si la muestra es fresca cortar en trozos pequeños y pesar con exactitud en un mortero de 1-10 g de muestra dependiendo del contenido de carotenoides existentes en la misma y adicionar inmediatamente 10% de bicarbonato de sodio para neutralizar los ácidos presentes en la muestra.

Si el producto es en polvo pesar con exactitud en un mortero entre 0.25 – 2.50 g de muestra dependiendo del contenido de carotenoides existentes en la misma e hidratar con unas gotas de agua.

En caso de que la muestra contenga gran cantidad de azúcares, colocar previamente 10 mL de metanol para facilitar la extracción de los carotenoides. Colocar 10 mL de acetona, mezclar y extraer los pigmentos. El residuo se extrae varias veces hasta no obtener más color (generalmente se realizan entre 3 y 4 extracciones).

## **Extracción**

Tomar  $\frac{1}{4}$  del extracto cetónico (mezcla de extractos) y colocar en un embudo de separación.

Adicionar aproximadamente 25 mL de una mezcla de di etil éter:hexano (1:1), seguido de aproximadamente 25 mL de agua destilada y mezclar suavemente para evitar formar emulsiones difíciles de separar. En caso de formarse emulsiones colocar 25 mL de una solución de NaCl 5% y mezclar suavemente.

Dejar reposar hasta separación de dos fases. Los carotenoides se encuentran en la parte superior (fase orgánica). Si la fase inferior mantiene coloración amarilla, se re-extrae con un volumen de di etil éter-hexano y se unen las fases orgánicas.

Este paso se repite varias veces hasta terminar con los extractos cetónicos.

Adicionar una porción de sulfato de sodio anhidro para eliminar las trazas de agua existentes. Este extracto es muy estable a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## **Saponificación**

Evaporar el extracto obtenido a sequedad al vacío, cuidando que la temperatura no supere los  $40^{\circ}\text{C}$  (rota-evaporador), hasta eliminar por completo las trazas de acetona.

Disolver el extracto seco en 20 mL de di etil éter y 20 mL de la solución al 5% de NaOH o KOH en metanol y dejar reposar la mezcla en la obscuridad por 2 horas. Colocar en un embudo de separación y dependiendo de la polaridad de los carotenoides, adicionar 20 mL de hexano o de di etil éter, 20 mL de metanol, 40 mL

de NaCl 5%, mezclar suavemente y dejar reposar hasta separación clara de dos fases. Los carotenoides se encuentran en la fase superior. La fase inferior se descarta si no contiene carotenoides (incolora).

Lavar la fase superior varias veces con NaCl 5% o agua destilada hasta eliminar todo el KOH residual. Se puede utilizar papel tornasol para confirmar.

Evaporar el extracto obtenido a sequedad al vacío, cuidando que la temperatura no supere los 40°C (rota-evaporador) y recuperar en un matraz de 5 mL con una mezcla de fase (50:50).

## CÁLCULOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Para hallar la concentración de  $\beta$ -carotenos de una muestra, se debe realizar la curva de calibración graficando en el eje X la concentración y en el eje Y el área del estándar, la cual se ajusta a una ecuación lineal:

$$A = a(C) + b \quad [1.2]$$

Dónde:

A= área del estándar

C= concentración del estándar

a= pendiente de la recta

b= corte con el eje Y

**Concentración (mg/mL):** Los valores a y b permanecen constantes, por tanto se debe remplazar el valor del área registrado por el equipo para la muestra y con ello se halla la concentración en mg de estándar por mL de muestra.

**Concentración verdadera (mg/100g):** Esta concentración se encuentra multiplicando la concentración por el volumen al que se aforó y dividiendo para el peso de la muestra.

$$C_2 = \frac{C_1 * V * 100 * D}{P} \quad [1.3]$$

Donde:

$C_1$ = concentración (mg/mL) de la muestra

$C_2$ = concentración verdadera de la muestra (mg/100g)

V= volumen (mL)

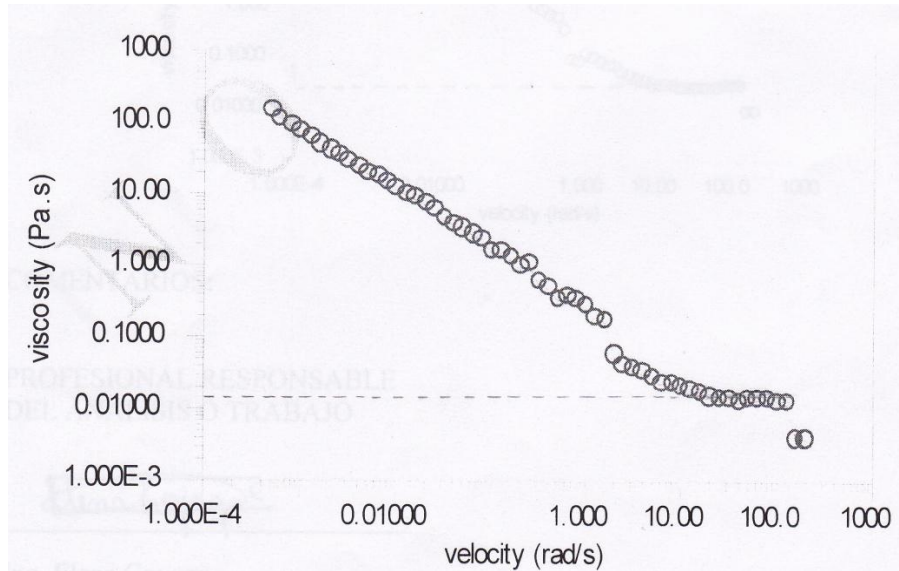
P= peso (g)

D= dilución

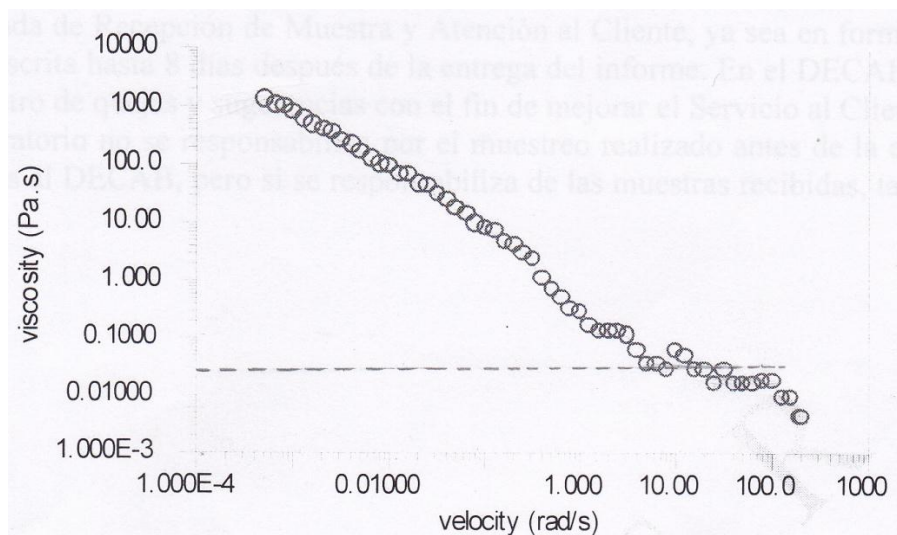
100= factor de conversión de unidades

## ANEXO II

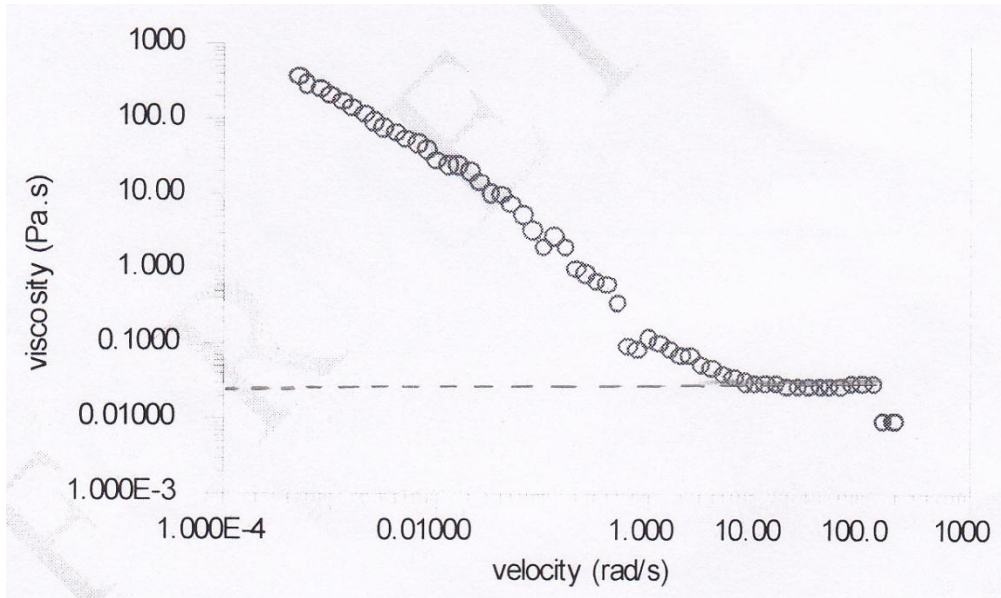
### GRÁFICAS DE REOLOGÍA EN LOS TRATAMIENTOS DE HIDRÓLISIS



**Figura AII.1.** Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Cellubrix®



**Figura AII.2.** Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Pectinex®



**Figura AII.3.** Gráfica viscosidad vs velocidad del fluido para el tratamiento fruta con enzima Rap Vegetable Juices<sup>®</sup>



### ANEXO III

## HOJA DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR FORMULACIÓN DE BEBIDA



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
(DECAB)**

Panelista: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Producto: Bebida Funcional Saborizada Hora: \_\_\_\_\_

Usted va a recibir 4 muestras para ser evaluadas. Califique las muestras en relación a los atributos señalados. Ubique a la izquierda el código de la muestra y en la línea una señal vertical, tomando en cuenta que el extremo izquierdo corresponde a débil presencia del atributo y el extremo derecho a fuerte presencia del atributo.

Intensidad de sabor a vainilla

Muestra	Débil	Fuerte
_____	_____	
_____	_____	
_____	_____	
_____	_____	

Intensidad de aroma a vainilla

Muestra	Débil	Fuerte
_____	_____	
_____	_____	
_____	_____	
_____	_____	

## Intensidad de sabores extraños

Muestra

Ausencia

Presencia

---

---

---

---

---

---

---

---

## Textura

Muestra

Ligera

Espesa

---

---

---

---

---

---

---

---

## Observaciones

---

---

---

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

JLS/JR

**ANEXO IV****HOJA DE IMPORTANCIA DE ATRIBUTOS PARA LA SELECCIÓN DE  
LA MEJOR FORMULACIÓN DE BEBIDA****ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
(DECAB)**

Panelista: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Producto: Bebida Funcional Saborizada Hora: \_\_\_\_\_

De acuerdo a su criterio determine la importancia de cada atributo que usted le otorgaría en una bebida de estas características y califique sobre 100 puntos.

Sabor a vainilla \_\_\_\_\_

Aroma a vainilla \_\_\_\_\_

Textura \_\_\_\_\_

Sabores extraños \_\_\_\_\_

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

JLS/JR

## ANEXO V

# HOJA DE ANÁLISIS SENSORIAL PARA LA ESTABILIDAD DE LA BEBIDA



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
(DECAB)**

Panelista: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Producto: Bebida Funcional Saborizada Hora: \_\_\_\_\_

Usted va a recibir 3 muestras para ser evaluadas. Califique las muestras en relación a los atributos señalados. Ubique a la izquierda el código de la muestra y en la línea una señal vertical, tomando en cuenta que el extremo izquierdo corresponde a débil presencia del atributo y el extremo derecho a fuerte presencia del atributo.

Intensidad de apariencia

Muestra	Heterogénea	Homogénea
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Intensidad de aroma a vainilla

Muestra	Débil	Fuerte
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

## Intensidad de aromas extraños

Muestra

Ausencia

Presencia

---

---

---

---

---

---

## Color

Muestra

Débil

Fuerte

---

---

---

---

---

---

## Observaciones

---

---

---

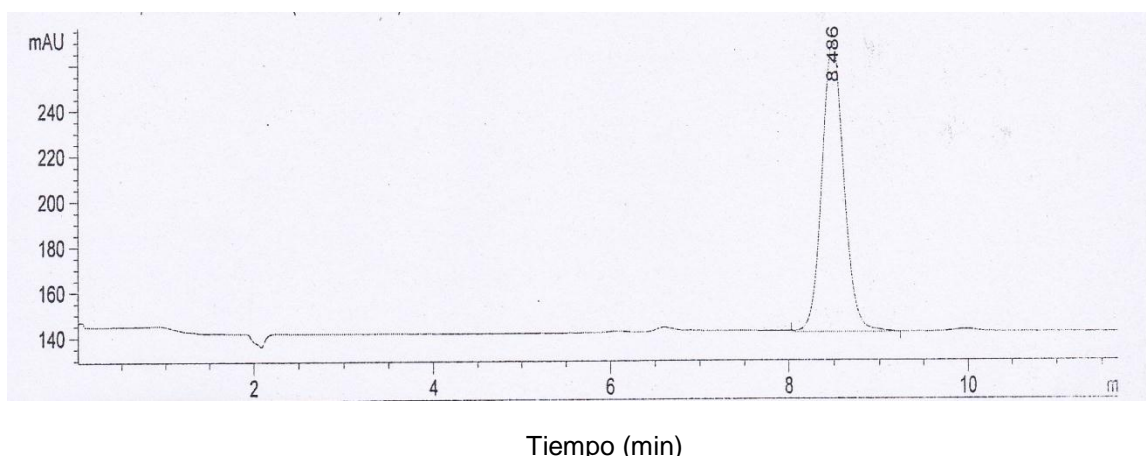
GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

JLS/JR

## ANEXO VI

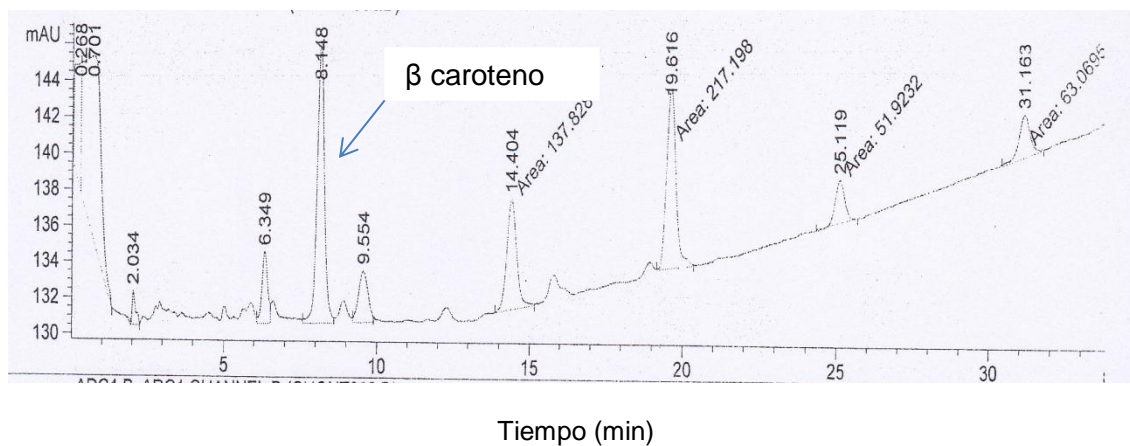
### CROMATOGRAMAS DE LOS ANÁLISIS DE $\beta$ -CAROTENOS EN CHONTADURO

Para el análisis de  $\beta$ -carotenos se cuantificó las muestras de bebida a través del HPLC marca HP modelo 1 050 con detector UV, del Departamento en Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional. En la Figura VI.1 se presenta el cromatograma del estándar de  $\beta$ -caroteno a una dilución de 1/10 del estándar. En este cromatograma se visualiza el tiempo de respuesta del analito a un tiempo de 9 min con un pico claramente definido de la concentración de los  $\beta$ -carotenos.



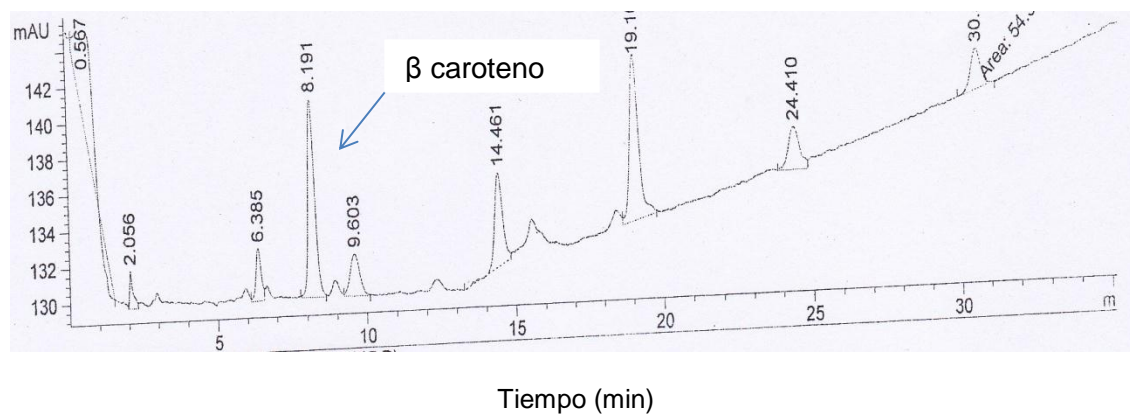
**Figura VI.1.** Cromatograma del estándar de  $\beta$ -caroteno en una dilución 1/10 del estándar

Se presenta en la Figura VI.2 el cromatograma de  $\beta$ -caroteno en la muestra de harina de chontaduro liofilizado e hidrolizado con la enzima Pectinex<sup>®</sup>. El pico de la concentración del analito se muestra en el mismo tiempo que se presenta en el estándar, es decir en el minuto 9.



**Figura VI.2.** Cromatograma de la muestra de harina de chontaduro hidrolizado con Pectinex®

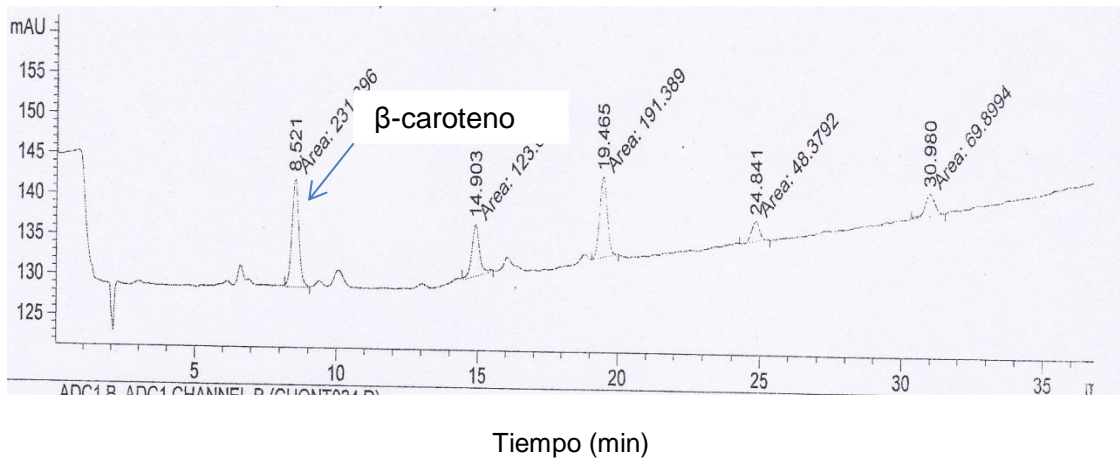
El cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro en el día inicial se muestra en la Figura VI.3. La respuesta de la concentración del analito se da en el minuto 9. La misma respuesta del análisis se obtiene en la Figura VI.4., donde se utilizó muestra de la bebida almacenada a refrigeración durante 15 días.



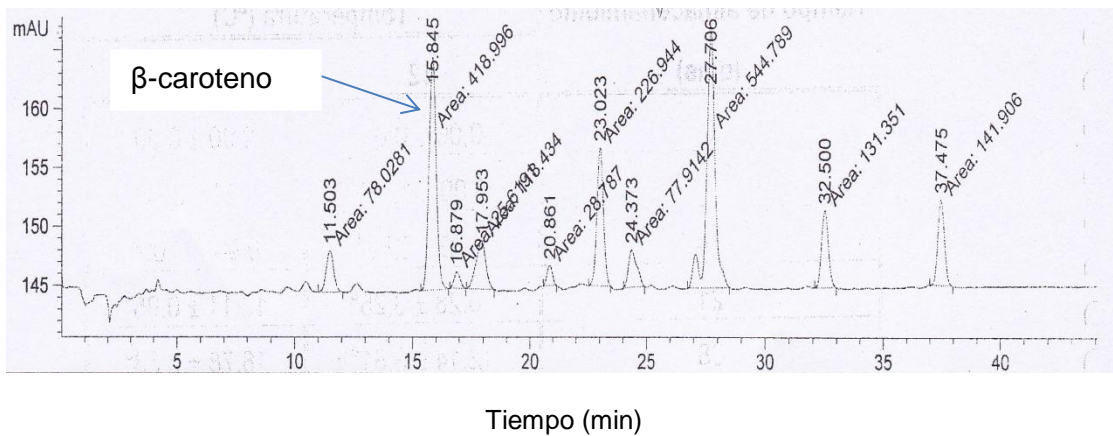
**Figura VI.3.** Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro en el día inicial

Debido a modificaciones del proceso de la extracción, la fase móvil y el equipo. El tiempo de respuesta de la concentración de los  $\beta$ -carotenos se incrementó, el pico de concentración pasó del minuto 9 al minuto 16 como se observa en la Figura VI.5 del cromatograma de la bebida almacenada en refrigeración durante 30 días y la Figura

VI.6 de la muestra de la bebida almacenada en refrigeración durante 45 días. Este incremento en el tiempo de respuesta no afecta al resultado del análisis de  $\beta$ -carotenos en cuanto a la concentración que el equipo determina mediante el método del Anexo I.

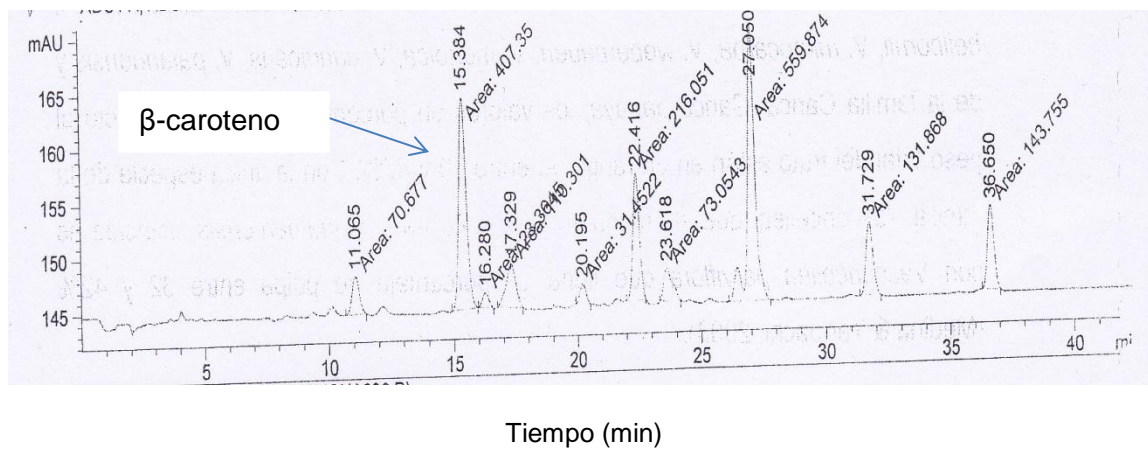


**Figura VI.4.** Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro en el día 15 almacenada en refrigeración a 6 °C



**Figura VI.5.** Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro al día 30 almacenada en refrigeración a 6 °C





**Figura VI.6.** Cromatograma de la muestra de bebida saborizada de chontaduro al día 45 almacenada en refrigeración a 6 °C

## ANEXO VII

### CÁLCULOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LA BEBIDA SABORIZADA DE CHONTADURO

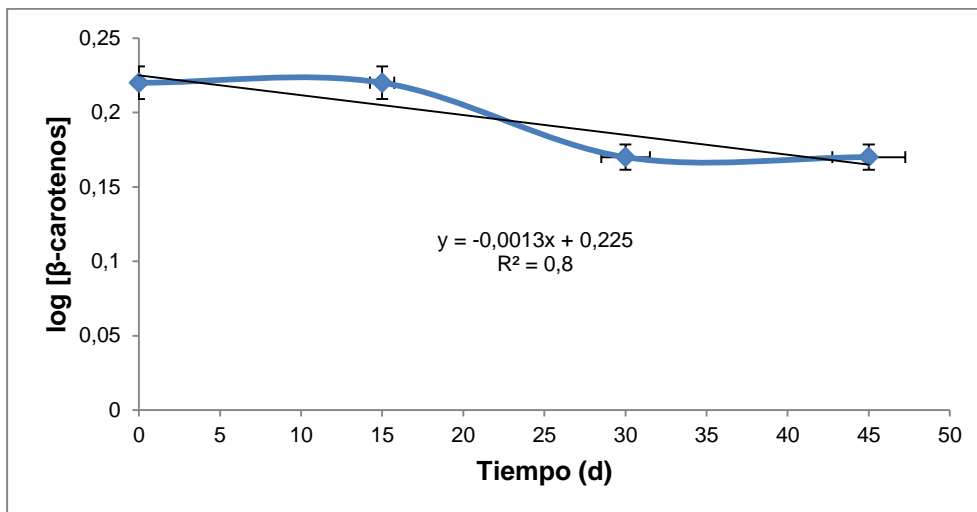
Para la estimación de la vida útil de la bebida saborizada de chontaduro se utilizó los resultados de la estabilidad de la bebida en los análisis de  $\beta$ -carotenos que se presentan en la Tabla 3.41.

Se calculó el log de las concentraciones a cada temperatura durante los 45 días. Estos valores se presentan en la Tabla VII.1.

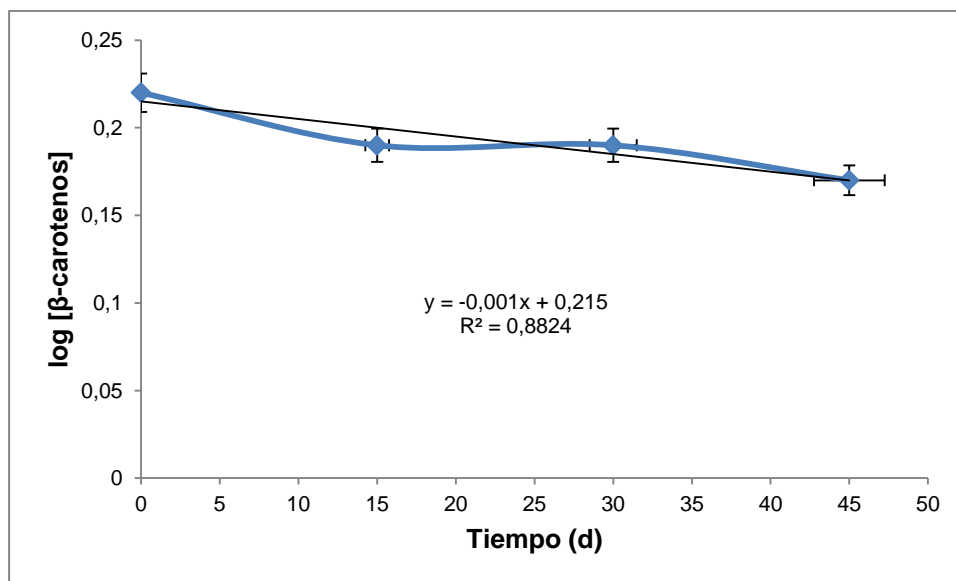
**Tabla VII.1.** Valores del log de la concentración de  $\beta$ -carotenos a diferentes temperaturas de almacenamiento

Días	log [ $\beta$ -carotenos]		
	6 °C	20 °C	35 °C
0	-6,58E-01	-6,58E-01	-6,58E-01
15	-6,58E-01	-7,21E-01	-6,78E-01
30	-7,70E-01	-7,21E-01	-7,70E-01
45	-7,70E-01	-7,70E-01	-8,24E-01

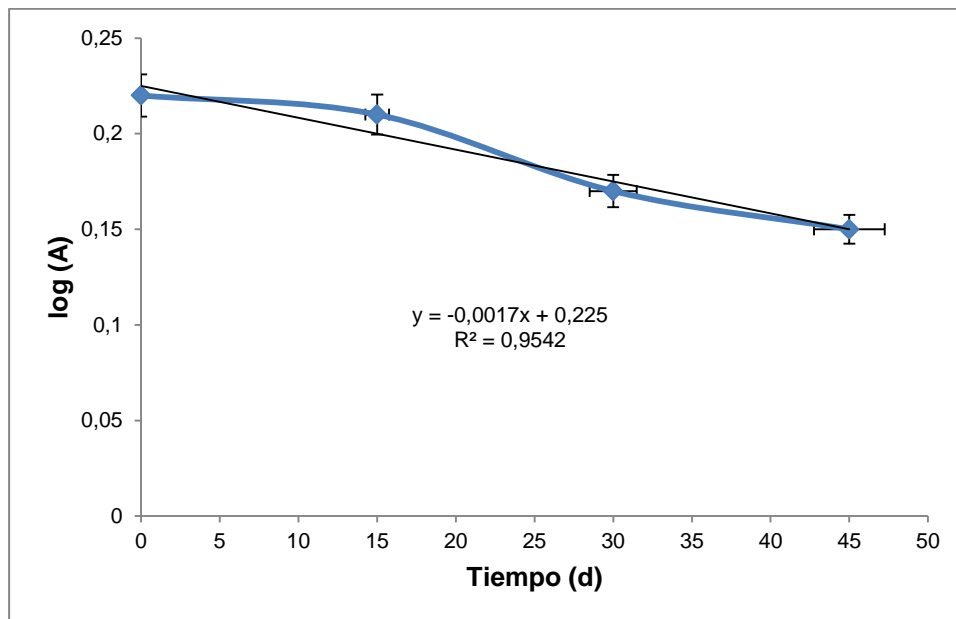
Con estos datos se graficó log [ $\beta$ -carotenos] vs el tiempo y se obtuvo la ecuación de regresión lineal como se observa en la Figura VII.1, Figura VII.2 y Figura VII.3.



**Figura VII.1.** Gráfico del log [β-carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a 6 °C



**Figura VII.2.** Gráfico del log [β-carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a temperatura ambiente



**Figura VII.3.** Gráfico del log [ $\beta$ -carotenos] vs tiempo para la bebida almacenada a 35 °C

Donde:

$$-\frac{k}{2,303} = m \quad [\text{VII.1}]$$

De la ecuación de regresión lineal de la Figura VII.3, se obtiene la pendiente  $m$  de la Ec VII.1 y se procede al cálculo de la constante de velocidad para cada temperatura. Los valores se muestran en la Tabla VII.2.

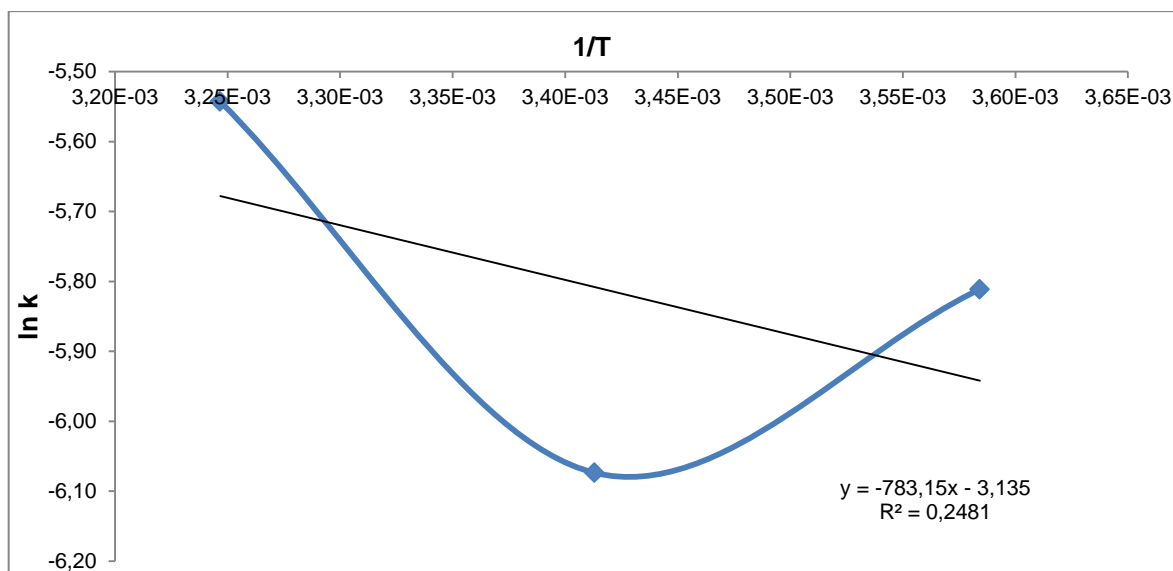
**Tabla VII.2.** Valores de la constante de velocidad a tres temperaturas

$k \text{ (d}^{-1}\text{)}$		
6 °C	20 °C	35 °C
2,99E-03	2,30E-03	3,92E-03

Para obtener la Figura VII.4 se obtiene el valor de  $1/T$  y se calcula el  $\ln$  de la constante de velocidad. Los valores de estos parámetros cinéticos se presentan en la Tabla VII.3.

**Tabla VII.3.** Valores de la constante de velocidad a tres temperaturas

T °C	T °K	1/T (°K)	k (d <sup>-1</sup> )	ln k
6	279	3,58E-03	2,99E-03	-5,81
20	293	3,41E-03	2,30E-03	-6,07
35	308	3,25E-03	3,92E-03	-5,54



**Figura VII.4.** Gráfico del  $\ln k$  vs  $1/T$  para el cálculo del factor de frecuencia ( $k'$ ) y la energía de activación ( $E$ )

De la ecuación de primer orden Ec VII.2

$$\ln(k) = \ln(k') - \frac{E}{RT} \quad [\text{VII.2}]$$

Dónde:

E = Energía de activación (J/ °K mol)

R = 8,314 J/ °K mol

T = Temperatura (°K)

Con la intersección de la ecuación de regresión lineal con ln k

ln k' = -3,315

Se obtiene k' = 4,35E-02 d<sup>-1</sup>

$$-\frac{E}{R} = m \quad \text{[VII.3]}$$

Donde m de la Ec VII.3 es la pendiente de la ecuación de regresión lineal de la Figura VII.4.

E = 6511,11 J/ °K mol

Para estimar la vida útil de la bebida a 6 °C se utiliza la ecuación de primer orden Ec. VII.4

$$\ln k = \ln k' - \frac{E}{RT} \quad \text{[VII.4]}$$

Se obtiene k = 2,63E-03 d<sup>-1</sup>

Para la obtención de la vida útil se emplea la ecuación Ec. VII.5

$$\log[A] = \log[A]_0 - \frac{k}{2,303} * t \quad \text{[VII.5]}$$

Dónde:

[A] = Concentración de  $\beta$ -carotenos al tiempo t (15 mg/100 g)

[A]<sub>0</sub> = Concentración inicial de  $\beta$ -carotenos ( 22 mg/100 g)

k = Constante de velocidad 2,63E-03 d<sup>-1</sup>

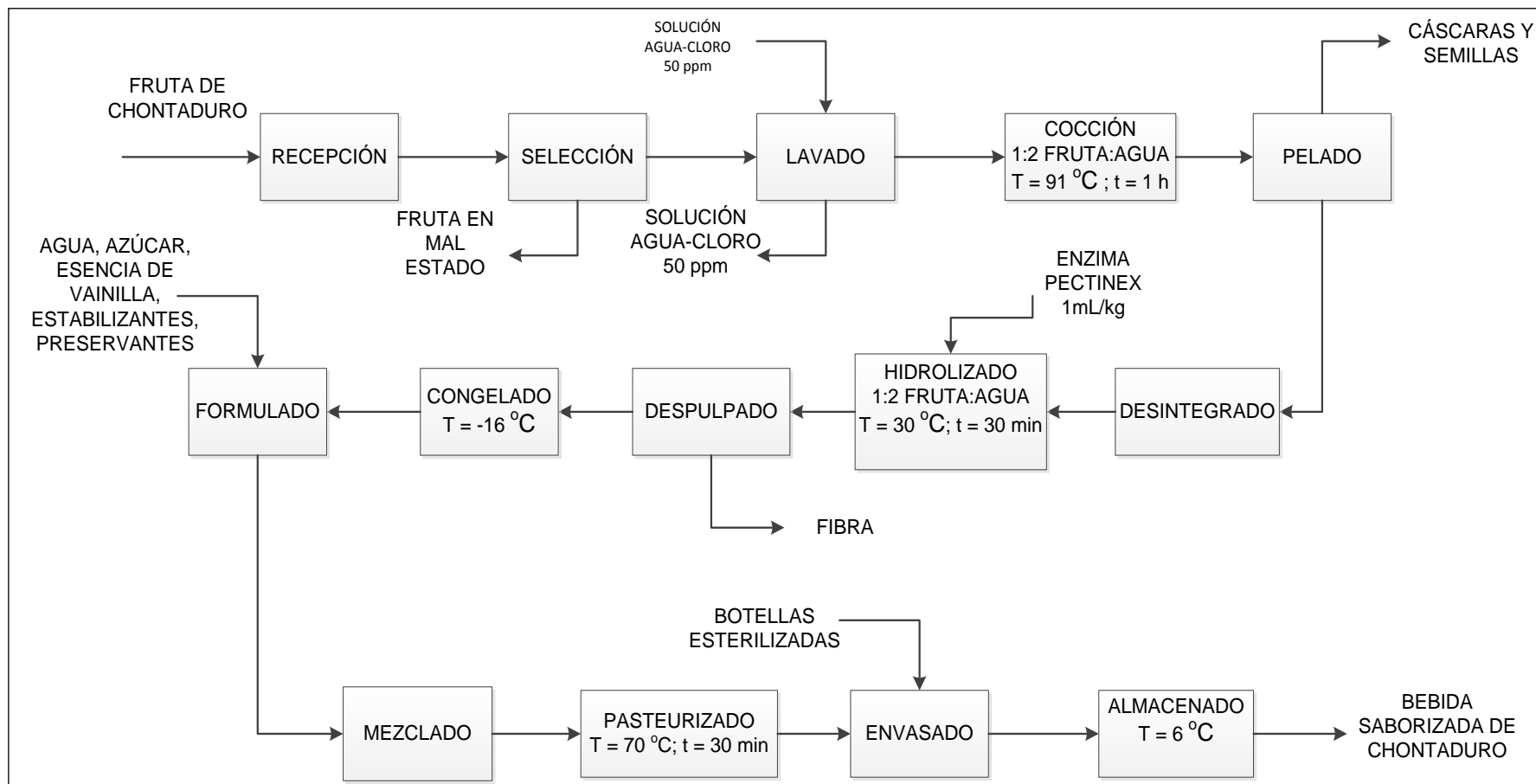
t = Tiempo (d)

Se encuentra t = 145,83 d

Desde el punto de vista de  $\beta$ -carotenos la bebida tiene una vida útil de 145 días almacenada a temperatura de 6 °C.

## ANEXO VIII

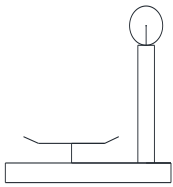


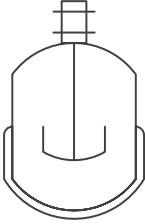

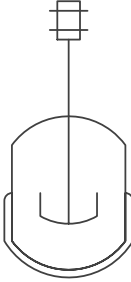

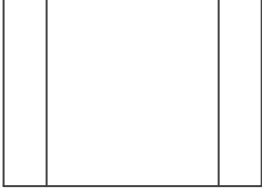
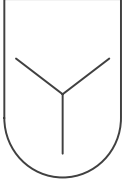
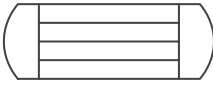

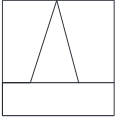
### DIAGRAMA BFD





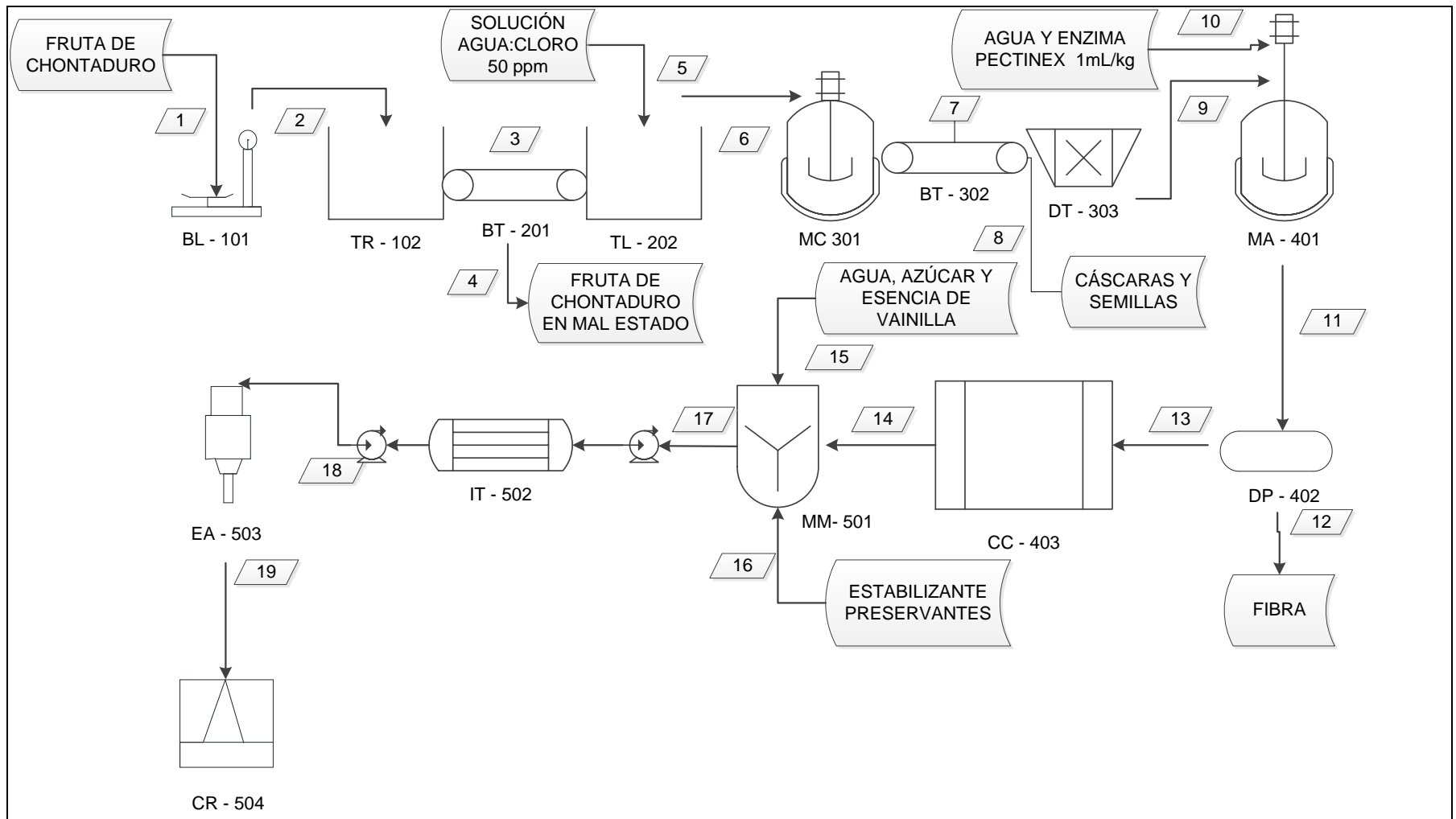
## ANEXO IX

## SIMBOLOGÍA DE LOS EQUIPOS PARA EL DIAGRAMA PFD

EQUIPOS		
<p>Balanza</p> 	<p>Tanque</p> 	<p>Banda Transportadora</p> 
<p>Marmita de cocción</p> 	<p>Desintegrador</p> 	<p>Marmita con agitación</p> 
<p>Despulpadora</p> 	<p>Cámara de congelación</p> 	<p>Mezcladora</p> 
<p>Intercambiador de calor</p> 	<p>Envasador</p> 	<p>Cámara de refrigeración</p> 

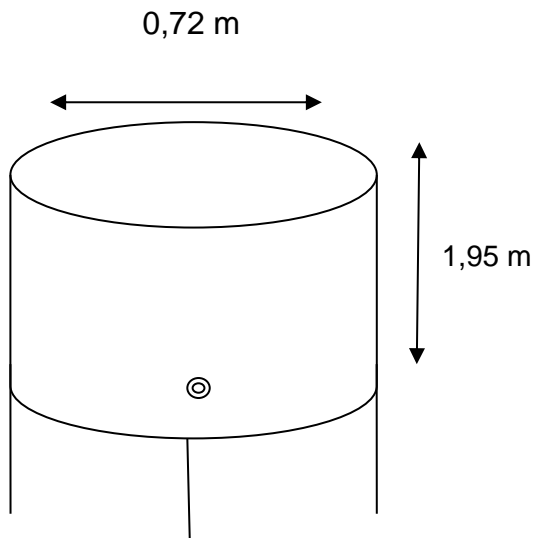
## ANEXO X

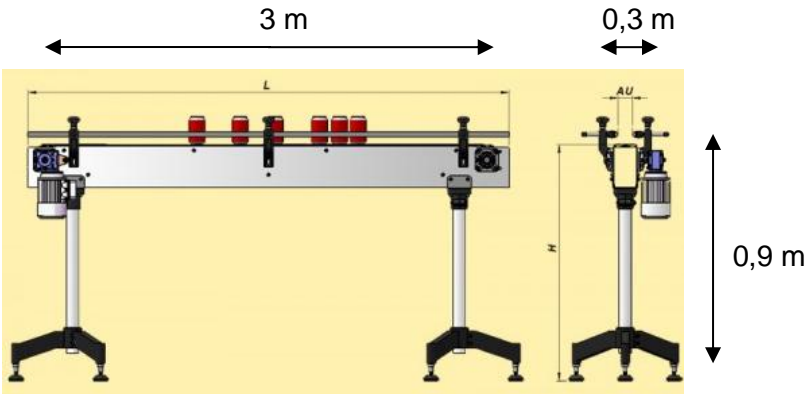
### DIAGRAMA PFD



**ANEXO XI**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS**

Hoja de especificación N° 1	
Balanza electrónica	
Identificación	N° requerido: 1
Fabricante: METTLER TOLEDO	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: BL-101	
Función: Pesaje de fruta de chontaduro e ingredientes para la formulación	
Operación: Batch	
Datos del diseño: Largo: 0,4 m Ancho: 0,5 m Capacidad nominal: hasta 150 kg Energía: 110 V, 50/60 Hz Peso de la balanza: 15 kg	
Material: Acero inoxidable 304	
Principio de operación: Balanza para el pesaje de chontaduro, en la recepción, y los ingredientes para la formulación de la bebida. Dispone de una plataforma rectangular de rápida medición a través de un display digital.	
Esquema: 	

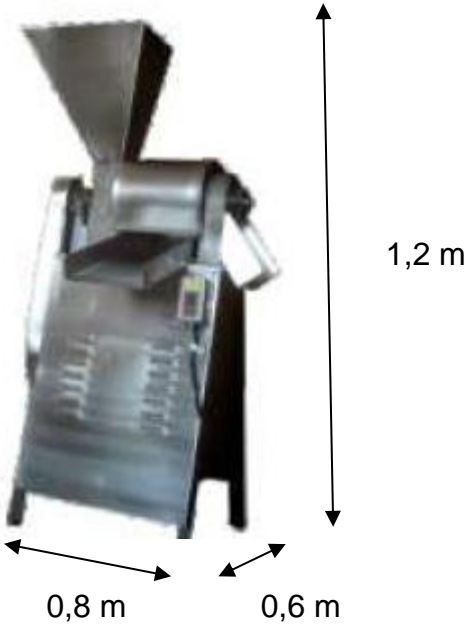
Hoja de especificación N° 2	
Tanque modelo VIVO B	
Identificación	N° requerido: 2
Fabricante: TOSCANA INOX	
Item: TR-102, TL-202	Fecha: 26 de junio de 2014
Función: Recepción y lavado de la fruta de chontaduro	
Operación: Batch	
Datos del diseño: Alto: 1,95 m Diámetro: 0,72 m Válvulas: 2 unidades de 1" Capacidad nominal: 500 L	
Material: Acero inoxidable 304	
Principio de operación: Depósito de fondo cónico sujeta con 3 soportes para recepción y lavado de la fruta de chontaduro	
Esquema: 	


Hoja de especificación N° 3	
Banda transportadora	
Identificación:	N° requerido: 2
Fabricante: Mega Food Technology Food Processing Item: BT-201, BT-302	Fecha: 26 de junio del 2014
Función: Transporte de fruta de chontaduro para la selección y para el pelado manual	
Operación: Continuo	
Datos del diseño: Longitud: L= 3 m Ancho: AU= 0,3 m Altura: H= 0,9 m Peso: 23 kg Banda: Sanitaria	
Material: Acero Inoxidable 304	
Principio de operación: Equipo de funcionamiento continuo a través de bandas movibles de giro impulsado por un motor de 1 HP de velocidad variable y con facilidad de giro de transporte.	
Esquema: 	

Hoja de especificación N° 4	
Marmita	
Identificación:	N° requerido: 2
Fabricante: Mega Food Technology Food Processing Item: MC-301, MA-401	Fecha: 26 de junio del 2012
Función: Cocción de la fruta de chontaduro y proceso de hidrólisis enzimática	
Operación: Batch	
Datos del diseño: Diámetro: 1,55 m Ancho de pared: 0,05 m Altura: 1,4 m Capacidad nominal: hasta 1 000 kg Peso: 250 kg Diámetro de descarga producto: 0,01 m Diámetro entrada y salida de condensado: 0,002 m	
Material: Acero inoxidable 316	
Principio de operación: Olla cilíndrica para calentamiento de productos con el uso de vapor saturado, posee un sistema de agitación en la parte superior de potencia 4 HP que puede ser desmontable si el proceso no lo requiere.	
Esquema:  <p>El diagrama muestra una marmita cilíndrica de acero inoxidable montada sobre cuatro patas. Una línea horizontal con flechas indica un diámetro de 1,55 m. Una línea vertical con flechas indica una altura total de 1,4 m. En la parte superior de la marmita se encuentra un motor de agitación azul. En la parte inferior, se ven las patas y algunos componentes de conexión.</p>	

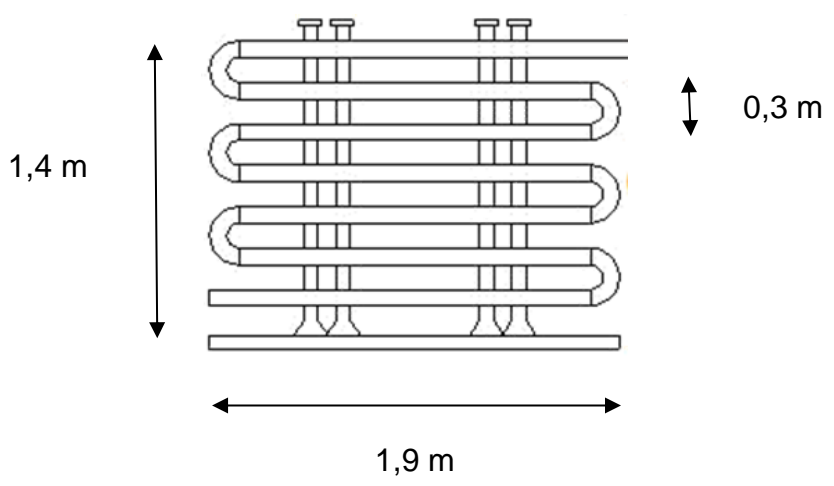
Hoja de especificación N° 5	
Desintegrador Ritz	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Bepex	Fecha: 26 de junio del 2012
Item: DT-303	
Función: Desintegrar la fruta pelada de chontaduro	
Operación: Batch	
Datos del diseño: Diámetro del rotor: 0,2m Velocidad de operación: 8 400 rpm Capacidad del motor: 5 hp Capacidad nominal: hasta 120 m <sup>3</sup> /h Eficiencia: 80-90 % Energía: 220 V	
Material: Acero al carbono y acero inoxidable	
Principio de operación: Disminución de la partícula de la pulpa a través de hélices a alta velocidad capaz de moler en medio húmedo o materiales fibrosos difíciles de desintegrar	
Esquema: <div style="text-align: center;">  <p>0,2 m</p> </div>	

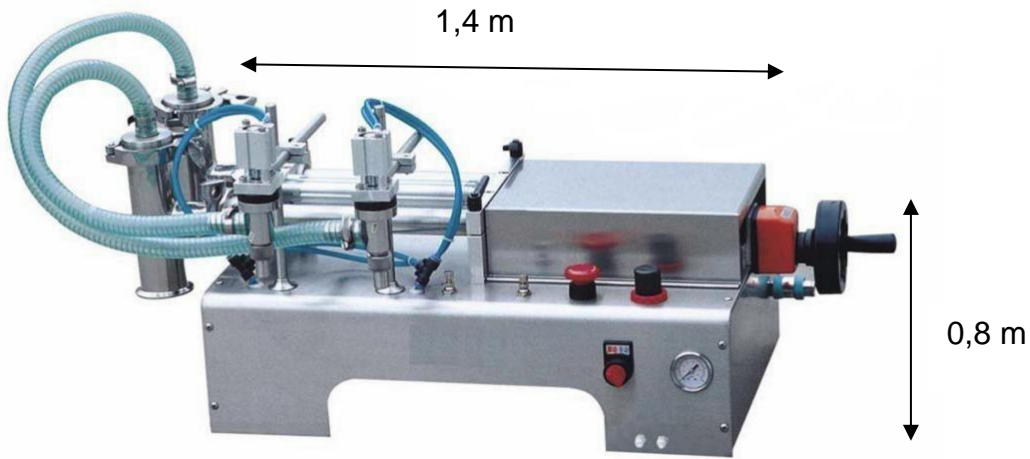


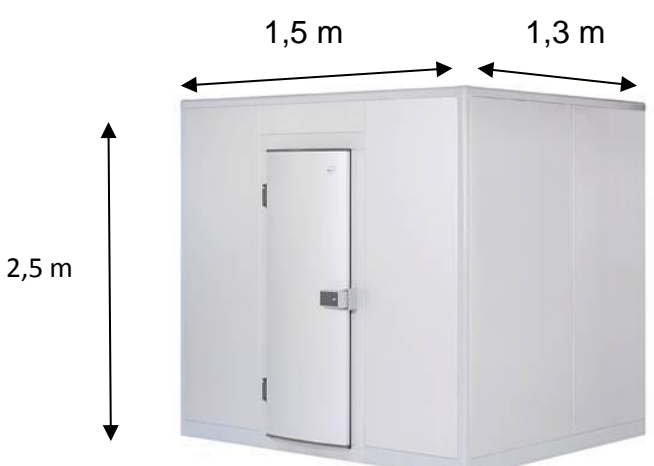
Hoja de especificación N° 6	
Despulpadora 500	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Comek	Fecha: 26 de junio del 2014
Item: DP-402	
Función: Despulpado de fruta de chontaduro hidrolizada	
Operación: Batch	
Datos del diseño: Alto: 1,20 m Ancho: 0,80 m Profundidad: 0,60 m Peso: 55 kg Motor: SIEMENS 2 hp Velocidad de despulpado: 1 750 rpm Capacidad: 500 kg/h	
Material: Acero Inoxidable 304	
Principio de operación: Despulpadora horizontal con aspas protegidas que no permite que se rompa las semillas dotado de mallas para cualquier tipo de fruta.	
Esquema:  <p>El diagrama muestra una despulpadora industrial de acero inoxidable. Se indican sus dimensiones principales: un alto total de 1,2 metros, un ancho de 0,8 metros y una profundidad de 0,6 metros. La máquina tiene un embudo superior para la carga de fruta y una bandeja inferior para recoger el pulpa.</p>	

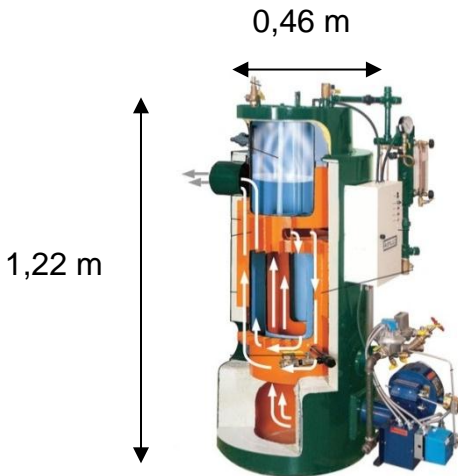
Hoja de especificación N° 7	
Cámara de congelación	
Identificación:	N° requerido: 3
Fabricante: Grupo Mega	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: CC-403	
Función: Congelación de la pulpa hidrolizada de chontaduro a $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y almacenamiento para la época donde no hay producción de la fruta	
Operación: Continuo	
Dimensiones: Largo: 2,40 m Profundidad: 2,00 m Alto: 2,50 m Electricidad: 220 V, 60Hz, monofásica	
Material: Poliuretano recubierto de acero inoxidable	
Principio de operación: Sistema de congelación con refrigerante R404 a través de aire forzado para almacenamiento de pulpa de chontaduro en cámaras de $12\text{ m}^3$	
Esquema:	
 <p>El diagrama muestra una cámara de congelación rectangular blanca con una puerta en el lado izquierdo. Se indican las dimensiones con líneas de doble flecha: la altura es de 2,5 m, el largo es de 2,4 m y la profundidad es de 2,0 m.</p>	

Hoja de especificación N° 8	
Molino coloidal vertical MC-5	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Lleal S.A	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: MM-501	
Función: Homogenizar y mezclar los componentes de la bebida saborizada de chontaduro	
Operación: Batch	
Dimensiones: Base: 0,54 m Alto: 1,54 m Peso: 403 kg Potencia: 15/20 cv Velocidad: 3 000 rpm Capacidad: 340 - 1 150 L/h	
Material: Acero inoxidable 304	
Principio de operación: Equipo para mezcla, emulsión y molienda de fases, mediante dos muelas cónicas accionadas por un motor que gira a 3 000 rpm generando fuerza de cizallamiento, emulsionando líquidos con gran finura. Adaptada con depósito de líquidos y sistema de enfriamiento	
Esquema:	 <p>0,54 m</p> <p>1,54 m</p>

Hoja de especificación N° 9	
Intercambiador de calor de superficie raspada	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Alfa Laval	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: IT-502	
Función: Pasteurizar la bebida saborizada de chontaduro para asegurar su inocuidad	
Operación: Continuo	
Dimensiones: Base: 1,90 m Alto: 1,40 m Separación entre tubos: 0,3 m Temperatura máxima: 150 °C Capacidad: 1 000 L/h	
Material: Acero inoxidable 316	
Principio de operación: Pasteurización de líquidos viscosos a diferentes temperaturas por medio de un fluido calefactor impulsadas por un rotor con paletas raspadoras del fluido.	
Esquema:  <p>El diagrama muestra un intercambiador de calor de superficie raspada con un rotor central que raspa los tubos. Las dimensiones indicadas son: altura total de 1,4 m, base de 1,9 m y separación entre tubos de 0,3 m.</p>	

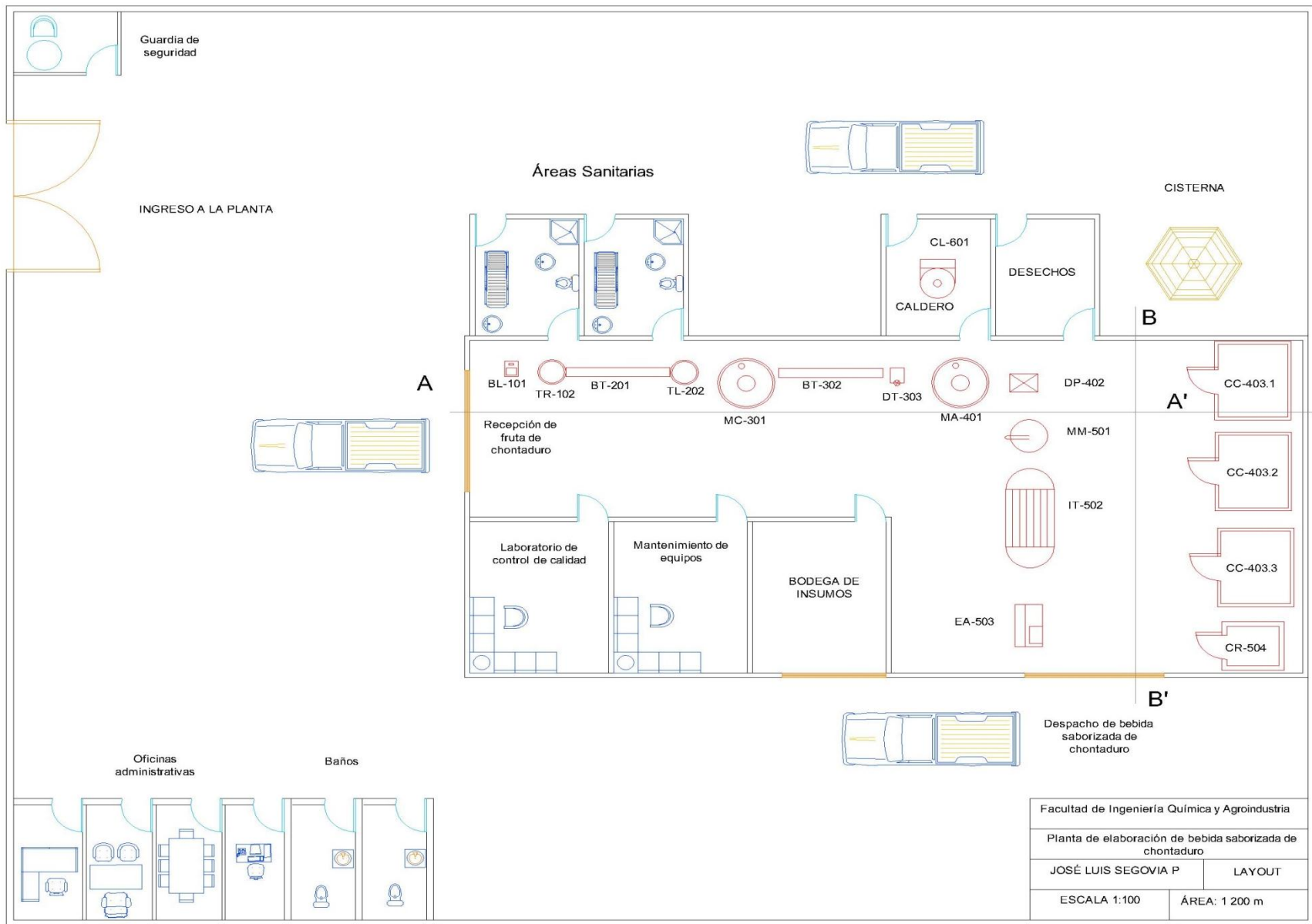
Hoja de especificación N° 10	
Envasador de dos pistones FLP 500-2	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: AVAN-TEC	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: EA-503	
Función: Envasado de la bebida saborizada de chontaduro	
Operación: Continuo	
Dimensiones: Base: 1,40 m Alto: 0,8 m Volumen de llenado: 200 - 500 ml	
Material: Acero inoxidable 316	
Principio de operación: Llenado de líquidos viscosos por medio de 2 pistones semiautomáticos con velocidad variable operado por un temporizador automático y con sistema antigoteo.	
Esquema: 	

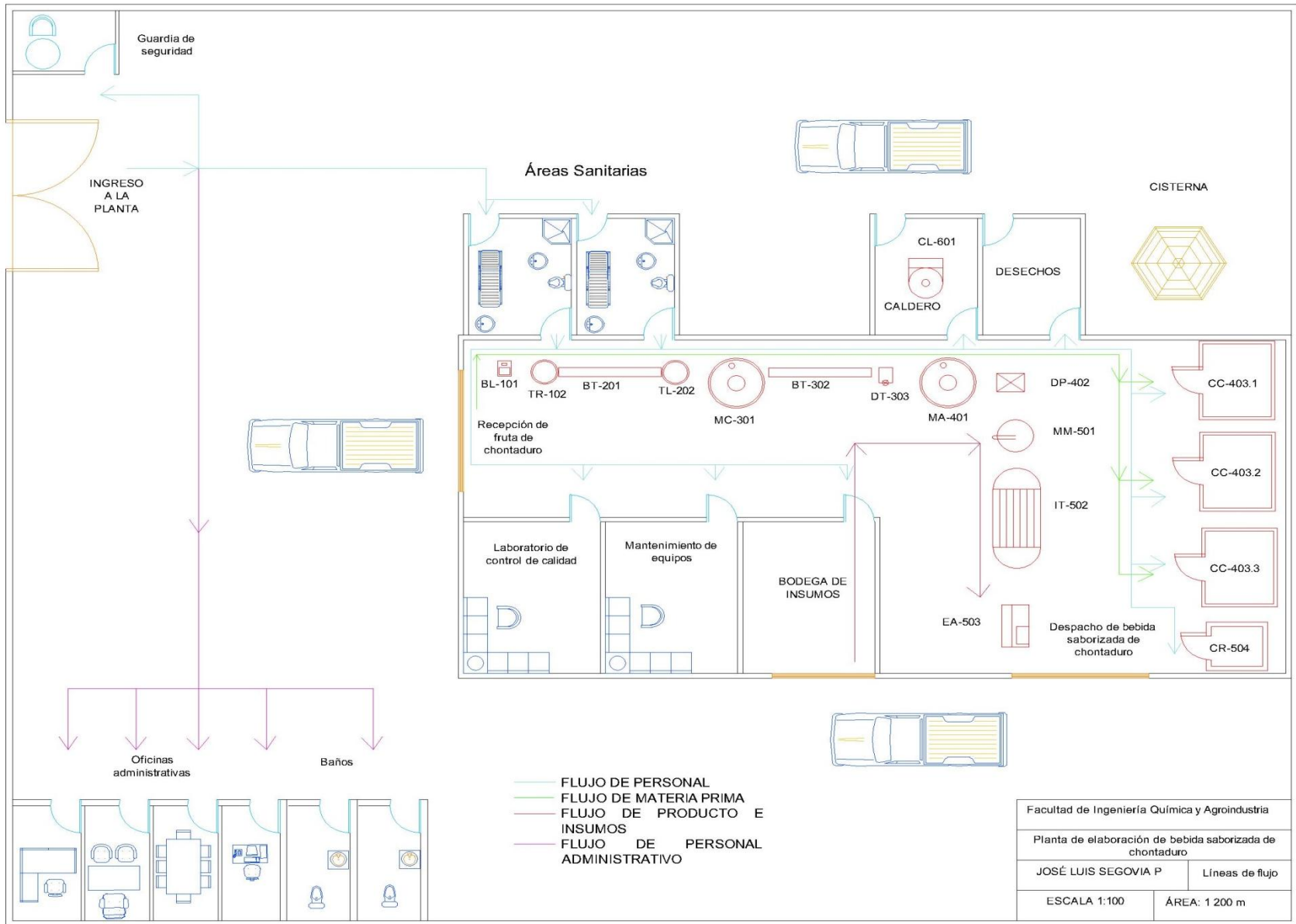
Hoja de especificación N° 11	
Cámara de refrigeración	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Grupo Mega	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: CR-504	
Función: Almacenamiento y refrigeración a 6 °C de la bebida saborizada de chontaduro envasada en botellas de 250 mL y empacadas en cajas de cartón	
Operación: Continuo	
Dimensiones: Largo: 1,50 m Profundidad: 1,3 m Alto: 2,50 m Electricidad: 220 V, 60Hz, monofásica	
Material: Poliuretano recubierto de acero inoxidable	
Principio de operación: Sistema de refrigeración con refrigerante 134A a través de aire forzado para almacenamiento de cajas de 24 botellas de 250 mL de bebida saborizada de chontaduro.	
Esquema:	
 <p>El diagrama muestra una cámara de refrigeración rectangular blanca con una puerta en la parte frontal izquierda. Se indican las dimensiones con líneas de doble flecha: el largo es de 1,5 m, la profundidad es de 1,3 m y la altura es de 2,5 m.</p>	

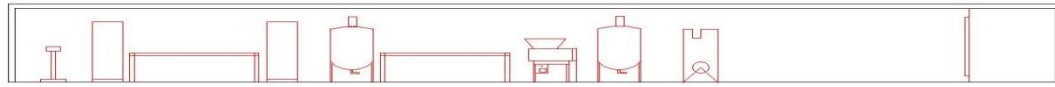
Hoja de especificación N° 12	
Calderín	
Identificación:	N° requerido: 1
Fabricante: Columbia Boiler Company	Fecha: 26 de junio de 2014
Item: CL-601	
Función: Generar vapor para las operaciones de calentamiento en la planta de obtención de la bebida saborizada de chontaduro	
Operación: Continuo	
Dimensiones: Largo: 0,46 m Profundidad: 0,46 m Alto: 1,22 m Chimenea: 0,46 m Capacidad: 5 BHP = 168 000 BTU/h Electricidad: 220 V	
Material: Mampostería de anillos refractarios	
Principio de operación: Generación de calor por medio de un quemador a diésel. Acoplado un sistema automatizado para control de temperatura y presión en el proceso de generación del fluido calefactor para la planta.	
Esquema:	
 <p>El diagrama muestra un calderín industrial de color verde y naranja. Se indican sus dimensiones: un ancho de 0,46 m y un alto de 1,22 m. El calderín tiene una estructura cilíndrica con una chimenea superior y un sistema de tuberías y válvulas a la derecha. Se ven flechas azules y rojas que indican el flujo de fluidos dentro del equipo.</p>	

**ANEXO XII**  
**LAYOUT Y CORTES DE LA PLANTA**

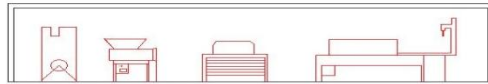








CORTE A - A'



CORTE B - B'

Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria	
Planta de elaboración de bebida saborizada de chontaduro	
JOSÉ LUIS SEGOVIA P	CORTES
ESCALA 1:100	ÁREA: 1 200 m



**Tabla XIII.3.** Balance de masa en la formulación de la bebida saborizada de chontaduro

Componente	Línea					
	14	15	16	17	18	19
Temperatura °C	-16	25	25	25	70	6
Pulpa de chontaduro hidrolizada (kg/día)	300	x	x	x	x	x
Agua (kg/día)	x	556,6	x	x	x	x
Azúcar (kg/día)	x	107,1	x	x	x	x
Esencia de vainilla (kg/día)	x	0,4	x	x	x	x
Goma de tara (kg/día)	x	x	8,6	x	x	x
Sorbato de potasio (kg/día)	x	x	0,2	x	x	x
Benzoato de sodio (kg/día)	x	x	0,2	x	x	x
Bebida saborizada de chontaduro (kg/día)	x	x	x	973,1	x	x
Bebida saborizada de chontaduro pasteurizada (kg/día)	x	x	x	x	973,1	x
Botellas de bebida de chontaduro (U/día)	x	x	x	x	x	3892

## ANEXO XIV

### BALANCE DE ENERGÍA

Para el cálculo de energía en cada proceso se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = m * Cp * \Delta T \quad \text{[AXIV.1]}$$

Donde:

Q = Calor necesario (kJ/día)

m = Masa del producto (kg/día)

Cp = Calor latente de vaporización (kJ/kg\* °C)

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura (°C)

#### Cocción de la fruta

Para determinar el calor requerido en el proceso de cocción se calculó el Cp de la fruta de chontaduro con los porcentajes de los principales componentes de la fruta y sus respectivos Cp. En la Tabla XII.1 se presenta el cálculo del Cp de la fruta de chontaduro.

**Tabla XIV.1.** Calculo del Cp de la fruta de chontaduro

Componente	% en la fruta	Cp (kJ/kg* °C)
Agua	58	4,17
Grasa	4	2,03
Carbohidratos	35	1,82
Proteína	2	2,18
Minerales	1	1,13
Total	100	3,19



$$Q = m * Cp * \Delta T$$

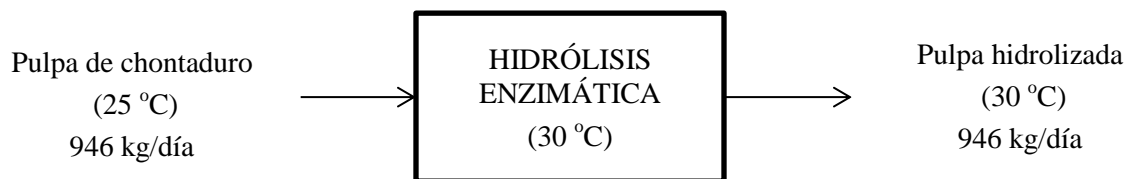
$$Q = (450 \text{ kg}) * \left(3,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}\right) * (100 - 25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q = 107\,662,5 \text{ kJ}$$

### Hidrólisis enzimática

**Tabla XIV.2.** Cálculo del Cp para la hidrólisis enzimática

Componente	% en la hidrólisis	Cp (kJ/kg* °C)
Agua hidrólisis	67	4,17
Fruta	33	3,19
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3,85</b>



$$Q = m * Cp * \Delta T$$

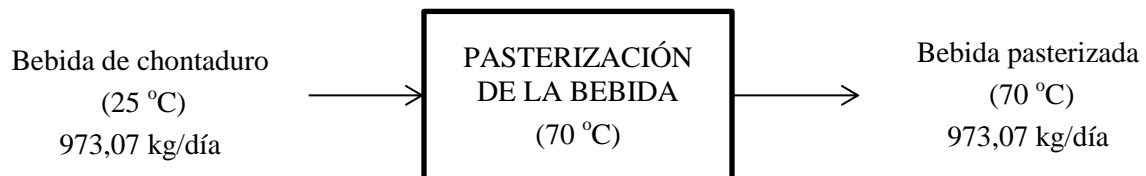
$$Q = (946 \text{ kg}) * \left(3,85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}\right) * (30 - 25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q = 18\,210,5 \text{ kJ}$$

## Pasterización de la bebida

**Tabla XIV.3.** Cálculo del Cp para la bebida saborizada de chontaduro

Componente	% en la hidrólisis	Cp (kJ/kg* °C)
Pulpa hidrolizada	31	3,85
Agua	57	4,17
Azúcar	11	1,25
Estabilizantes y preservantes	1	1,13
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3,72</b>



$$Q = m * Cp * \Delta T$$

$$Q = (973,07 \text{ kg}) * \left(3,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}\right) * (70 - 25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q = 162\,891,9 \text{ kJ}$$



## ANEXO XV

### VAPOR SATURADO

Para determinar la masa de vapor saturado necesaria para el proceso se aplica la siguiente ecuación:

$$Q_{total} = m_{vapor} * L_{V_{vapor}} \quad [AXV.1]$$

Donde:

$Q_{total}$  = Energía necesaria (kJ/día)

$m_{vapor}$  = Masa del vapor saturado (kg)

$L_{V_{vapor}}$  = Calor latente de vaporización (kJ/kg)

Aplicando la ecuación tenemos

$$Q_{total} = m_{vapor} * L_{V_{vapor}}$$

$$404\,270,86 \text{ kJ/día} = m_{vapor} * 2\,251,18 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{vapor} = \mathbf{179,58 \text{ kg/día}}$$

Con la cantidad de energía que requiere la planta se dimensiona el caldero

$$Capacidad \text{ del caldero} = 404\,270,86 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} * \frac{\text{día}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ BTU}}{1,055 \text{ kJ}} * \frac{1 \text{ BHP}}{33\,600 \text{ BTU/h}}$$

$$Capacidad \text{ del caldero} = \mathbf{1,42 \text{ BHP}}$$

Para el requerimiento de combustible del caldero se determina mediante la cantidad de energía que se requiere para el funcionamiento de la planta y la entalpía del diésel ( $h_{diésel} = 52\,325 \text{ kJ/kg}$ ) con una densidad de ( $\rho_{diésel} = 0,83 \text{ kg/L}$ ).

$$Q_{total} = m_{diésel} * h_{diésel}$$

[AXV.2]

$$404\,270,86 \frac{kJ}{día} = m_{diésel} * 52\,325 \frac{kJ}{kg}$$

$$m_{diésel} = 7,72 \frac{kg}{día}$$

$$\rho_{diesel} = \frac{m_{diésel}}{V_{diésel}}$$

$$0,83 \frac{kg}{L} = \frac{7,72 \frac{kg}{día}}{V_{diésel}}$$

$$V_{diésel} = 9,31 \frac{L}{día} * \frac{1 gal}{3,7854 L}$$

$$V_{diésel} = 2,45 \frac{gal}{día}$$

## ANEXO XVI

### INVERSIONES

**Tabla XVI.1.** Costos de maquinaria y equipos

<b>Equipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>
Balanza	1	Mettler Toledo	1 195
Tanque de recepción y lavado	2	Toscana Inox	800
Banda transportadora	2	Mega Food Technology Food Processing	1 000
Marmita de cocción con agitación	2	Mega Food Technology Food Processing	3 850
Desintegrador	1	Bepex	750
Despulpadora	1	Comek	2 720
Cámara de congelación	3	Grupo Mega	30 000
Molino	1	Leal S.A	30 000
Intercambiador de tubos	1	Alfa Laval	10 000
Envasador	1	AVAN-TEC	5 000
Cámara de refrigeración	1	Grupo Mega	20 000
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>		<b>170 965</b>

## ANEXO XVII

### COSTOS DE OPERACIÓN

**Tabla XVII.1.** Costos anuales de materia prima e insumos

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Fruta de chontaduro	60 000,00	1,00	60 000
Enzima Pectinex®	120,00	250,00	30 000
Esencia de vainilla	103,20	3,00	310
Goma de Tara	2 056,80	4,50	9 256
Sorbato de potasio	40,80	2,24	91
Benzoato de sodio	40,80	6,30	257
Azúcar	25 711,20	1,00	25 711
Botellas	934 080,00	0,17	158 794
<b>TOTAL</b>			<b>284 418</b>

**Tabla XVII.2.** Costos anuales de mano de obra directa

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (USD)</b>	<b>Total Anual (USD)</b>
Calificados	1	800	9 600
Semi-calificados	1	500	6 000
No calificados	5	340	20 400
<b>SUMAN</b>			<b>36 000</b>
Cargas sociales (35%)			12 600
<b>TOTAL</b>			<b>48 600</b>

**Tabla XVII.3.** Costos anuales de mano de obra indirecta

<b>a) MANO DE OBRA INDIRECTA</b>			
<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (USD)</b>	<b>Total Anual (USD)</b>
Jefe de Planta	1	700	8 400
Guardián – portero	2	340	8 160
Conserje	1	340	4 080
Bodeguero	1	340	4 080
Secretaria Producción	1	500	6 000
SUMAN			30 720
Cargas sociales (35%)			10 752
<b>TOTAL</b>			<b>41 472</b>

**Tabla XVII.4.** Costos anuales de materiales indirectos

<b>b) MATERIALES INDIRECTOS</b>			
<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Detergente	1	500,00	500
Desinfectantes	1	800,00	800
Materiales de limpieza	1	1 000,00	1 000
Otros	1	1 000,00	1 000
<b>TOTAL</b>			<b>3 300</b>

**Tabla XVII.5.** Costos anuales por depreciación

<b>c) DEPRECIACIÓN</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>Vida Útil (Años)</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Valor Anual (USD)</b>
Construcciones	20	75 300	3 765
Maquinaria y equipo	10	185 965	18 597
Laboratorio	10	22 000	2 200
Talleres	10	5 000	500
Repuestos y accesorios	3	5 000	1 667
Imprevistos de la inversión fija	5	24 509	4 902
Gastos de puesta en marcha	5	3 000	600
<b>TOTAL</b>			<b>32 230</b>

**Tabla XVII.6.** Costos anuales de suministros de operación

<b>d) SUMINISTROS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Energía eléctrica (Kw-h)	400 000	0,20	80 000
Combustible (gal)	588	1,00	588
Agua (m <sup>3</sup> )	30 000	0,50	15 000
Lubricantes (gal)	50	15,00	750
<b>TOTAL</b>			<b>96 338</b>

**Tabla XVII.7.** Costos anuales de reparaciones y mantenimiento

<b>e) REPARACIONES Y MANTENIMIENTO</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>%</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Maquinaria y equipo	5,0	205 965	10 298
Edificios y Construcciones	5,0	75 300	3 765
<b>TOTAL</b>			<b>14 063</b>

**Tabla XVII.8.** Costos anuales de seguros

<b>f) SEGUROS</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>%</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Maquinaria y equipo	3,0	205 965	6 179
Edificios y Construcciones	3,0	75 300	2 259
<b>TOTAL</b>			<b>8 438</b>

**Tabla XVII.9.** Costos anuales de los imprevistos

<b>g) IMPREVISTOS DE LA CARGA FABRIL</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Aprox. 5% de todos los rubros anteriores	9 792

**ANEXO XVIII**  
**COSTOS OPERACIONALES**

**Tabla XVIII.1.** Gastos anuales de ventas

<b>GASTOS DE VENTAS</b>			
<b>GASTOS DE PERSONAL</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (USD)</b>	<b>Total Anual (USD)</b>
Jefe de Ventas	1	800	9 600
Vendedores	3	600	21 600
SUMAN			31 200
Cargas sociales			109
SUMAN			31 309
<b>GASTOS DE PROMOCIÓN</b>			
Publicidad			35 000
Distribución			10 000
SUMAN			76 309
Imprevistos			3 815
<b>TOTAL</b>			<b>80 125</b>



**Tabla XVIII.2.** Gastos anuales administrativos y generales

<b>GASTOS DE ADMINISTRACIÓN Y GENERALES</b>			
<b>PERSONAL</b>	<b>N°</b>	<b>Sueldo Mensual (USD)</b>	<b>Total Anual (USD)</b>
Gerente General	1	3 000	36 000
Secretaria	1	500	6 000
Contador	1	500	6 000
Chofer	1	340	4 080
<b>SUMAN</b>			<b>52 080</b>
Cargas sociales			18 228
<b>SUMAN</b>			<b>70 308</b>
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)			1 500
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)			200
Gastos de oficina			10 000
Teléfonos			2 500
Imprevistos			4 225
<b>TOTAL</b>			<b>88 733</b>

**Tabla XVIII.3.** Gastos financieros

<b>GASTOS FINANCIEROS</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Tasa %</b>	<b>VALOR (USD)</b>
Amortización de intereses durante la construcción (10 años)		1 692,00
Intereses del préstamo	15,00	63 398,94
<b>TOTAL</b>		<b>65 089,94</b>

**Tabla XVIII.4.** Flujo de caja en 10 años de operación de la planta

<b>Flujo Neto de Fondos</b>											
	<b>AÑO</b>										
<b>CONCEPTO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Inversión inicial	689 471,72										
Ingreso por ventas	0	934 080	971 793	1 011 030	1 051 850	1 094 318	1 138 502	1 184 469	1 232 291	1 282 045	1 333 808
Costos Directos	0	333 018	346 339	360 193	374 600	389 584	405 168	421 375	438 230	455 759	473 989
Carga Fabril	0	173 403	180 339	187 553	195 055	202 857	210 972	219 410	228 187	237 314	246 807
Gastos Ventas	0	80 125	83 330	86 663	90 129	93735	97 484	101 383	105 439	109 656	114 042
Gastos Administrativos	0	88 733	92 283	95 974	99 813	103 806	107 958	112 276	116 767	121 438	126 295
Costos Totales	0	675 280	702 291	730 383	759 598	789 982	821 581	854 444	888 622	924 167	961 134
<b>UTILIDAD MARGINAL</b>	0	258 800	269 503	280 647	292 252	304 337	316 920	330 024	343 669	357 878	372 674
Impuestos	0	64 700	67 376	70 162	73 063	76 084	79 230	82 506	85 917	89 470	93 169
Valor Rescate Infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	564 00,00
Valor Rescate Equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 738,50
<b>FLUJO NETO EFECTIVO</b>	<b>-689 471,72</b>	<b>194 100</b>	<b>202 127</b>	<b>210 485</b>	<b>219 189</b>	<b>228 252</b>	<b>237 690</b>	<b>247 518</b>	<b>257 752</b>	<b>268 409</b>	<b>373 644</b>
<b>VALOR ACTUAL</b>	<b>-689 471,72</b>	<b>156 532</b>	<b>131 456</b>	<b>110 397</b>	<b>92 711</b>	<b>77 859</b>	<b>65 385</b>	<b>54 910</b>	<b>46 114</b>	<b>38 726</b>	<b>43 475</b>

