

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE

MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA: INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

PROCESO DE BEBIDA NATURAL

TÍTULO

“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN LA

ESTABILIDAD DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR”

AUTOR

JEAN CARLOS RODRÍGUEZ JARA

TUTOR

ING. LUVY LOOR SALTOS

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

2017

Ing. Luvy Loor Saltos, Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Extensión Chone, en calidad de Directora del Trabajo de Titulación,

CERTIFICO:

Que el presente TRABAJO DE TITULACIÓN titulado: **“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE PAUSTEURIZACIÓN EN LA ESTABILIDAD DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de su autor: **JEAN CARLOS RODRIGUEZ JARA**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, septiembre de 2017

Ing. Luvy Loor Saltos
TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones presentados en este Trabajo de Titulación es exclusividad de su autor.

Chone, septiembre de 2017

JEAN CARLOS RODRIGUEZ JARA
AUTOR



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

INGENIERO EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN EN LA ESTABILIDAD DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR”** elaborado por el egresado JEAN CARLOS RODRÍGUEZ JARA de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

Chone, septiembre de 2017

.....
Ing. Odilón Schnabel Delgado

DECANO

.....
Ing. Luvy Loor Saltos

TUTORA

.....
Ing. Ramón Zambrano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Llampell Peñafiel

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
SECRETARIA

DEDICATORIA

Es muy satisfactorio haber finalizado este proyecto, a pesar de las dificultades y de los obstáculos que se presentaron, siempre avanzando con empeño y dedicación porque cuando uno se propone algo hasta lo más difícil lo consigue.

Lo dedico a Dios, por enseñarme a sobrellevar los momentos más difíciles de la vida, dándome salud y trabajo. A mi madre por darme la vida e inculcarme siempre cosas buenas, apoyándome en todas las decisiones que puedo tomar durante mi vida. A mi esposa, mis hermanas y en especial a mi hijo, por estar siempre a mi lado alentándome para seguir adelante en mis estudios, y en todas las cosas que realizo a diario.

Jean Carlos

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser quien guía nuestras vidas iluminando nuestros corazones para ser excelentes humanos y seguir por el buen camino.

A mi familia, especialmente a mis padres que han sido y serán por siempre quienes nos apoyan en el sendero de la vida, a mi distinguida tutora Ing. Luvy Loor que nos ha enseñado que todo se gana con esfuerzo y dedicación.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por haberme permitido acceder a una formación de profesionales con nivel científico y humanístico.

Jean Carlos

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la temperatura de pasteurización en la estabilidad del jugo de caña de azúcar, para lo cual se aplicaron tres temperaturas de pasteurización (80 °C, 90 °C y 100 °C) en el proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar, manteniendo un solo tiempo de pasteurización (10 minutos). Se realizaron cinco réplicas para disminuir el error experimental. Una vez obtenido el producto se determinó mediante gravimetría el tiempo de sedimentación de los sólidos en suspensión del jugo. Con los datos obtenidos se aplicó un análisis estadístico a partir del cual se estableció que la mejor temperatura de pasteurización para el jugo de caña de azúcar es 100 °C por 10 minutos.

Palabras claves: jugo de caña de azúcar, sedimentación, temperatura de pasteurización.

SUMMARY

The objective of the present investigation is to determine the effect of pasteurization temperature on the stability of sugarcane juice, for which three pasteurization temperatures (80 ° C, 90 ° C and 100 ° C) were applied in the process of processing of sugarcane juice, maintaining a single pasteurization time (10 minutes). Five replicates were performed to reduce the experimental error. Once the product was obtained, the sedimentation time of the suspended solids of the juice was determined by gravimetry. With the data obtained, a statistical analysis was applied from which it was established that the best pasteurization temperature for sugarcane juice is 100 ° C for 10 minutes.

Key words: cane juice sugar, sedimentation, pasteurization temperature.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Efecto de la temperatura de pasteurización.....	3
1.1.1. Pasteurización.....	3
1.2. Estabilidad del jugo de caña de azúcar	6
1.2.1. Caña de azúcar.....	6
1.3. Sedimentación	18
1.3.1. Tipos de sedimentación	18
CAPITULO II	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Diseño Metodológico	21
2.1.1. Técnicas	21
2.2. Resultados	23
2.2.1. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar.....	23
2.2.2. Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes temperaturas en la pasteurización del jugo de caña de azúcar	26
CAPITULO III	28
PROPUESTA.....	28
3.1. Tema	28
3.2. Materiales y Equipos.....	28
3.3. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar pasteurizado	29
CAPITULO IV.....	32
EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1. Proceso de elaboración del jugo de caña	32
4.2. Efecto de la aplicación de diferentes temperaturas de pasteurización del jugo de caña de azúcar.....	32
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES.....	35
ANEXOS.....	39

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo de la caña de azúcar ha sido considerado desde hace muchos años una planta muy productiva en la industria alimentaria, ampliamente utilizada como materia prima en la elaboración de un sinnúmero de productos que son altamente demandados, entre los que se destaca el azúcar de mesa. En Ecuador la producción de caña de azúcar se encuentra localizada en ciertas ciudades o provincias del país, pese a ello los productos que se derivan de ésta se encuentran disponibles en todas las tiendas y centros comerciales del país.

Tal como se mencionó antes son muchos los productos que se elaboran a partir de la caña de azúcar, principalmente el azúcar de mesa; sin embargo existen nuevas alternativas que se expenden principalmente de manera artesanal, como el jugo de caña de azúcar.

Dado que el jugo de caña de azúcar se extrae directamente y no tienen ningún tipo de procesamiento, su tiempo de vida útil es bastante corto, para aumentar su vida de anaquel se requiere algún tipo de procesamiento; sin embargo existe poca información disponible sobre el procesamiento del jugo de caña de azúcar.

En la presente investigación se establece un proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar con la finalidad de evaluar tres temperaturas de

pasteurización (80 °C, 90 ° C y 100 °C) del jugo de caña y su efecto en la estabilidad del producto final.

El informe de la investigación está estructurado de la siguiente manera: En el Capítulo I se presenta una revisión bibliográfica considerando las variables del estudio. Se analiza principalmente la definición de caña de azúcar, sus derivados, el proceso de elaboración del jugo de caña, entre otros. Por otro lado se revisa definición de pasteurización, tipos, definición de sedimentación y tipos.

En el Capítulo II se describen los materiales y métodos usados en la investigación; en este capítulo también se presentan los resultados obtenidos a partir del experimento.

En el Capítulo III se presenta una propuesta a partir del mejor tratamiento identificado antes. En el Capítulo IV se realiza la discusión de los resultados a partir de una comparación con otras investigaciones similares.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio, se enlista la bibliografía revisada y se incluyen los anexos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Efecto de la temperatura de pasteurización

1.1.1. Pasteurización

La pasteurización es uno de los tratamientos térmicos más utilizados en zumos, jugos, lácteos y un sinnúmero de productos para poder alargar su vida útil y eliminar los microorganismos o agentes patógenos (bacterias, mohos y levaduras) presentes. En la pasteurización se emplean temperaturas altas o bajas dependiendo del tipo de producto que se vaya a elaborar procurando en lo posible mantener el valor nutricional que posee el alimento y sus propiedades organolépticas.

También se define a la pasteurización como un proceso térmico realizado en líquidos para así poder reducir agentes patógenos como: bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc.

La pasteurización tradicionalmente se emplea a temperaturas bajas pero que aseguran la eliminación de microorganismos patógenos, aunque depende del tipo de producto y sus características; se considera que la temperatura óptima de pasteurización debe ser inferior a los 100 °C dado que a temperaturas más altas se afectan de manera irreversible las características fisicoquímicas y organolépticas del producto.

1.1.1.1. Tipos de Pasteurización

La pasterización se la desarrolla normalmente a temperaturas por debajo del punto de ebullición, a continuación, se detallan los tres tipos principales de procesos empleados para la pasteurización: Pasteurización a altas temperaturas (HTST), Pasteurización a ultra-altas temperaturas (UHT) y Pasteurización VAT.

- **Pasteurización a altas temperaturas (HTST)**

La Pasteurización HTST (High temperature short time) es un proceso térmico que se realiza en productos alimenticios líquidos con el objetivo principal de reducir agentes patógenos como bacterias, mohos y levaduras, que pueden contaminar el producto; el objetivo principal de este tratamiento térmico es la esterilización de los alimentos líquidos para alargar su vida útil un poco más. Es uno de los métodos más aplicados en la industria alimentaria a una gran escala debido a que se utiliza grandes cantidades de líquidos que se pasteurizan en segundos.¹⁵

Este método es el empleado en los líquidos a granel tales como: leche, zumos de fruta, cerveza, etc. Por lo general es el más conveniente ya que se expone el alimento a altas temperaturas durante un breve tiempo en el que se eliminan o inactivan microorganismos, incluso los patógenos; además, se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos. Entre las desventajas del proceso está la

¹ <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2012/03/09/208595.php>

necesidad de contar con personal altamente cualificado para la realización de este trabajo, que necesita controles estrictos durante todo el proceso de producción.

Este tipo de pasteurización podría usarse en la pasteurización del jugo de caña de azúcar ya que no alteraría su acidez y sus propiedades organolépticas, características muy esenciales en este tipo de producto.

- **Pasteurización UHT (Ultra High Temperature)**

La pasteurización UHT (Ultra High Temperature) es un proceso de flujo continuo y mantiene a los líquidos a temperaturas más altas que las empleadas en el proceso HTST, mismas que pueden rondar los 138°C durante un periodo de al menos dos segundos. Este proceso garantiza la destrucción de todos los microorganismos presentes, pese a que la exposición del alimento es mínima² de igual manera éste presentará una cierta degradación en su composición. Se utiliza en alimentos como por ejemplo la leche, soja y preparación de la base del tomate con valores de acidez superiores a los 4.6.

- **Pasteurización VAT**

También conocida como Pasteurización Lenta, fue uno de los primeros métodos de pasteurización, aunque la industria alimenticia lo ha ido renovando por otros sistemas más eficaces. El proceso consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63 °C durante 30 minutos, para

² http://www.bedri.es/Comer_y_bebier/Conservas_caseras/Pasteurizacion.htm

luego dejar enfriar lentamente. Debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas.³₈

Este es tipo de pasteurización usado normalmente en proceso del jugo de caña de azúcar, en el que generalmente se utiliza una temperatura de 65°C durante 30 a 45 minutos para que no se degraden sus propiedades organolépticas y las vitaminas que contiene el jugo de caña de azúcar.

1.2. Estabilidad del jugo de caña de azúcar

1.2.1. Caña de azúcar

1.2.1.1. Definición

La caña de azúcar es una gramínea de género *Saccharum* perteneciente a la familia Poáceas, originaria de Nueva Guinea (Sudeste Asiático) y cultivada en zonas tropicales. Esta planta es conocida como caña de azúcar o simplemente caña, su tejido es muy esponjoso y dulce; es utilizada principalmente en la industria alimentaria como materia prima para elaborar una extensa variedad de productos, entre ellos, el azúcar de mesa.⁴

A continuación en la Tabla 1.1 se presenta un mayor detalle sobre sus características taxonómicas.

³ <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/4976/130125.pdf?sequence=1>

⁴ <http://www.botanical-online.com/medicinalscanadeazucar.htm>

Tabla 1.1. Taxonomía de la caña de azúcar

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Genero	<i>Saccharum</i>
Especie	<i>S. officinarum</i>

Elaborado por: Jara, J. (2017)

El cultivo y producción de la caña de azúcar constituyen un sector relevante en la economía del Ecuador, principalmente de algunas ciudades de la costa donde su principal ingreso es la producción de caña de azúcar; en Ecuador la producción de caña la realizan seis ingenios azucareros, siendo La Troncal, Valdez y San Carlos los principales productores, pues abarcan el 90% de la producción nacional.⁵

1.2.1.2. Características

Esta planta posee tallos largos, diámetros medianos a grueso, color amarillo verdoso, entrenudos de longitud media cubiertos con cerosina, su hábito de

crecimiento es semierecto y sus hojas abiertas. Contiene bastante pelusa, se deshoja de manera fácil y se adapta bien a diferentes ecologías. Su maduración es tardía, la floración escasa y genera jugos de buena calidad.

Los principales parámetros que intervienen en su desarrollo son la temperatura, humedad y luminosidad. En el tallo de la caña de azúcar se forma y acumula un jugo de gran poder alimenticio compuesto esencialmente por agua y una parte sólida rica en sólidos solubles, entre los que sobresalen la sacarosa, glucosa y fructosa; también contiene otros nutrientes y micronutrientes como proteínas, hierro, calcio, fósforo, vitamina B1, vitamina B2 y vitamina C⁶.

1.2.1.3. Composición

La caña de azúcar posee carbohidratos simples de sacarosa, glucosa, fructosa; en variedades salvajes el porcentaje que posee de sacarosa puede ser de un 12%, y aún menos para los demás azúcares.

Otros nutrientes que posee este alimento son fibra, vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico), minerales (potasio, calcio, hierro.), y ácidos aconítico, málico y cítrico⁷.

En la Tabla 1.2 puede apreciarse las cantidades de los nutrientes que posee el jugo extraído de esta planta.

⁶ <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/4976/130125.pdf?sequence=1>

⁷ <http://www.botanical-online.com/medicinalscanadeazucar.htm>

Tabla 1.2. de la composición del jugo de caña de azúcar

Composición del jugo de caña de azúcar por 100g	
Calorías	62Kcal
Azúcares	16.5g
Proteínas	0,6g
Grasas	0,1g
Fibra	3,1g
Calcio	8mg
Hierro	1,4mg
Tiamina	0,02mg
Rivoflavina	0,01mg
Niacina	0,10mg
Vitamina C	3mg

Elaborado por: Jara, J. (2017)

1.2.1.4. Derivados de la caña de azúcar

De ese espigado y alto tallo de la caña no sólo se produce azúcar, es una planta que ofrece diversos productos y subproductos.

La caña de azúcar se utiliza en la destilación para la producción de alcohol y otros licores (Ron y el Vodka), también en la elaboración de guarapo refinado, etanol, metanol. Además es utilizada para la elaboración del azúcar de mesa, mieles y jugos finales.

A partir de las mieles y azúcares se fabrican confites, dulces y bebidas; también mediante un proceso de destilación de las mieles se fabrica etanol y combustible vehicular (considerado como alternativa en la absorción de CO₂).

De la caña de azúcar no se desperdicia nada. Sus hojas y bagazo son utilizadas en alimento para animales como ganado y porcinos⁸; de la combustión del bagazo se genera energía eléctrica. La fibra de caña de azúcar sirve para la fabricación de papel; esta fibra tiene la característica de ser biodegradable, compostable y reciclable.

Su cultivo genera empleo permanente, contribuye al desarrollo económico, aporta en la estabilidad social y se convierte en uno de los cultivos que trabaja y está comprometido con el cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad.

A continuación se incluye un detalle más profundo de la lista de derivados de la caña de azúcar:

Azúcar: Aunque el azúcar siempre ha sido reconocido como el principal derivado de la caña de azúcar, en realidad actualmente en el mundo solo una tercera parte de los casi 250 millones de toneladas de caña que se procesan se destinan a la síntesis de la sacarosa, y el resto se emplea en otros usos, como la producción de alcohol. Aproximadamente un 11% del peso de la caña cortada puede transformarse en azúcar. Los azúcares solubles, principalmente sacarosa, glucosa y fructuosa, pueden extraerse en solución acuosa mediante

⁸ <http://cientomasuno.blogspot.com/2013/03/del-azucar-y-los-derivados-de-la-cana.html>

molinos o difusores, y éstos a su vez pueden transformarse en otros productos por vía química o biotecnológica.

Guarapo: El guarapo (jugo de la caña) es un excelente alimento rico en calorías, que tiene gran demanda como alimento humano, y que igualmente se utiliza para la nutrición de los cerdos.

Melaza (mieles): Para obtener la melaza de caña, básicamente la técnica consiste en la concentración del jugo obtenido directamente de la molturación de la caña de azúcar, sometido luego a un proceso de inversión ácida y evaporación al vacío, es decir, mediante la molienda de la gramínea utilizando unos rodillos o mazas que la comprimen fuertemente, obteniendo un jugo que después se cocina a fuego directo para evaporar el agua y obtener su concentración. Durante la evaporación del agua salen hasta la superficie las impurezas que contienen este jugo. Hay que sacar toda esa impureza, llamada cachaza, para que resulte una melaza clara, transparente y homogénea, El desecho sobrante puede servir de materia prima para fermentaciones. El producto final tiene una textura parecida a la miel de abeja y de sabor muy agradable. Según los expertos, cuanto más oscura sea, más sabor y nutrientes tendrá.

Alcoholes: En las destilerías se procesan las mieles para la obtención de alcohol, que se comercializa a granel o se convierte en ron y otros licores. El alcohol etílico o etanol es el resultado de la fermentación alcohólica realizada por bacterias anaerobias luego de que metabolizan las azúcares en su

organismo bacteriano; generalmente se puede obtener alcohol a partir del añejamiento de alimentos ricos en monosacáridos como frutas, la caña de azúcar, u otros en condiciones anaeróbicas, es decir sin aire.

Bagazo: El bagazo de caña de azúcar es un residuo fibroso que constituye, con el etanol gaseoso, un desecho importante de la industria azucarera. Una parte de la producción de este desecho es reciclada como fuente de materia prima para fabricación de papel, pero los tratamientos industriales de deslignificación y blanqueo de la pasta de papel pueden resultar nefastos para el medio ambiente. Generalmente se puede obtener 27,5 t de bagazo (50% de humedad) por cada 100 t de caña, lo que equivale a 5 t de fuel oil.

Panela: Producto obtenido por evaporación directa del jugo de caña de azúcar, previamente clarificado o no. La panela se puede encontrar en forma compacta (cuadrada o circular) como ha sido su presentación tradicional o de manera granulada, en polvo y hasta saborizada. Por normas de sanidad hoy su presentación debe llevar empaque.

Miel Rica Invertida: Es el producto que se obtiene cuando la meladura se somete a los procesos de inversión y concentración, logrando contenidos de azúcares totales como reductores superiores a 75%.

Miel: Líquido madre de las masas cocidas, que se separa de los cristales por centrifugación.

Masa Cocida: Mezcla, altamente concentrada, de cristales y líquido madre, que se obtiene por evaporación al vacío.

Miel final o Melaza: Líquido denso y viscoso obtenido de la centrifugación de la masa cocida final y del cual no es posible recuperar, económicamente, más sacarosa por los métodos usuales.

Ácido Cítrico: El ácido cítrico, o su forma ionizada, el citrato, es un ácido orgánico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria. Se obtiene por fermentación de distintas materias primas, especialmente la melaza de caña de azúcar. En el mercado mundial, cerca del 90% del producto, considerado un commodity (materias primas brutas que han sufrido procesos de transformación muy pequeños), es elaborado por la Unión Europea, Estados Unidos y China.

Sorbitol: El sorbitol es un sólido higroscópico que se utiliza en la industria como humectante para mantener diversos productos con un grado de humedad apropiado, y como emulsionante en la fabricación de pasteles y dulces para impedir que se separen la fase acuosa y la fase grasa en estos alimentos.

Saccharina: Se obtiene a través de la fermentación en fase sólida de los carbohidratos contenidos en la caña molida, con adición de urea. En este

proceso se logra un producto con contenido de proteína de 6-8 %. Se emplea para alimento animal.⁹

1.2.1.5. Jugo de caña de azúcar

El jugo de la caña de azúcar se obtiene a partir de la molienda de los tallos y es la materia prima la elaboración de azúcar de mesa; sin embargo en muchas zonas donde se cosecha la caña de azúcar, un pequeño porcentaje de ese jugo se expende directamente sin procesar.

Sin embargo, debido a la presencia de azúcares que contiene este jugo, es susceptible a sufrir alteraciones físicas y químicas ocasionadas por levaduras principalmente. Este riesgo puede ser evitado aplicando tecnología, utilizando buenas prácticas de manufactura y empleando un proceso térmico, que eliminaría las levaduras responsables de la formación de etanol a partir de azúcares.

Las principales reacciones de deterioro que sufren los jugos son originadas por los microorganismos; en menor proporción también pueden presentarse reacciones de origen bioquímico, que tienen lugar por la reacción de ciertos compuestos con el oxígeno del aire u otros compuestos en donde participan activamente las enzimas. Las reacciones microbiológicas producen rápidas reacciones de degradación como la fermentación y cambios sensoriales importantes; las reacciones de origen bioquímico causan cambios lentos de

⁹ [https://www.ecured.cu/Derivados de la ca%C3%B1a de az%C3%BAcar](https://www.ecured.cu/Derivados_de_la_ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar)

aparición, color, aroma, sabor, viscosidad y valor nutricional. Ambos tipos de deterioro en jugos pueden ser detenidos o retardados mediante Pasteurización.

1.2.1.6 Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar

A continuación, el detalle del proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar:

- **Recepción:** Se recibe la materia prima en este caso la caña de azúcar o demás ingredientes a utilizar para la elaboración del producto.
- **Lavado:** La limpieza del jugo de caña de azúcar se inicia después de la recepción con un lavado el cual retira toda la tierra, follaje y serafina adherida a la caña.
- **Pelado:** El pelado se lo desarrolla por medio de la acción mecánica de una grata de acero inoxidable incorporada al trapiche, retirando de esta forma los pigmentos que rodean la corteza y parte del material sólido de la caña.
- **Despulpado o extracción:** La caña de azúcar será triturada para así extraer el jugo, este proceso se lo desarrolla a través de un molino o trapiche totalmente de acero inoxidable.
- **Filtrado:** El jugo de caña de azúcar que se extrae será filtrado, para así retirar las partículas sólidas en suspensión no deseables en una bebida refrescante.

- **Pasteurizado:** Se procederá a pasteurizar el jugo para eliminar microorganismos y para así alargar la vida útil de este producto, conservando todas sus propiedades organolépticas en su totalidad.
- **Enfriamiento:** Después de la pasteurización inmediatamente se enfriará el producto a una temperatura de 4 °C.
- **Envasado:** Se envaso en envases de plástico o de vidrio sellado herméticamente para mantener sus características.
- **Almacenado:** El producto ya elaborado podrá ser almacenado en refrigeración esta permitirá que el producto no se altere con facilidad y mantenerlo en buen estado.¹⁰

A continuación en la Figura 1.1 se incluye un Diagrama de Flujo del procesamiento del jugo de caña de azúcar.

¹⁰<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14844/Jugo%20de%20Ca%c3%b1a%20de%20azucar%20envasado%20en%20vidrio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

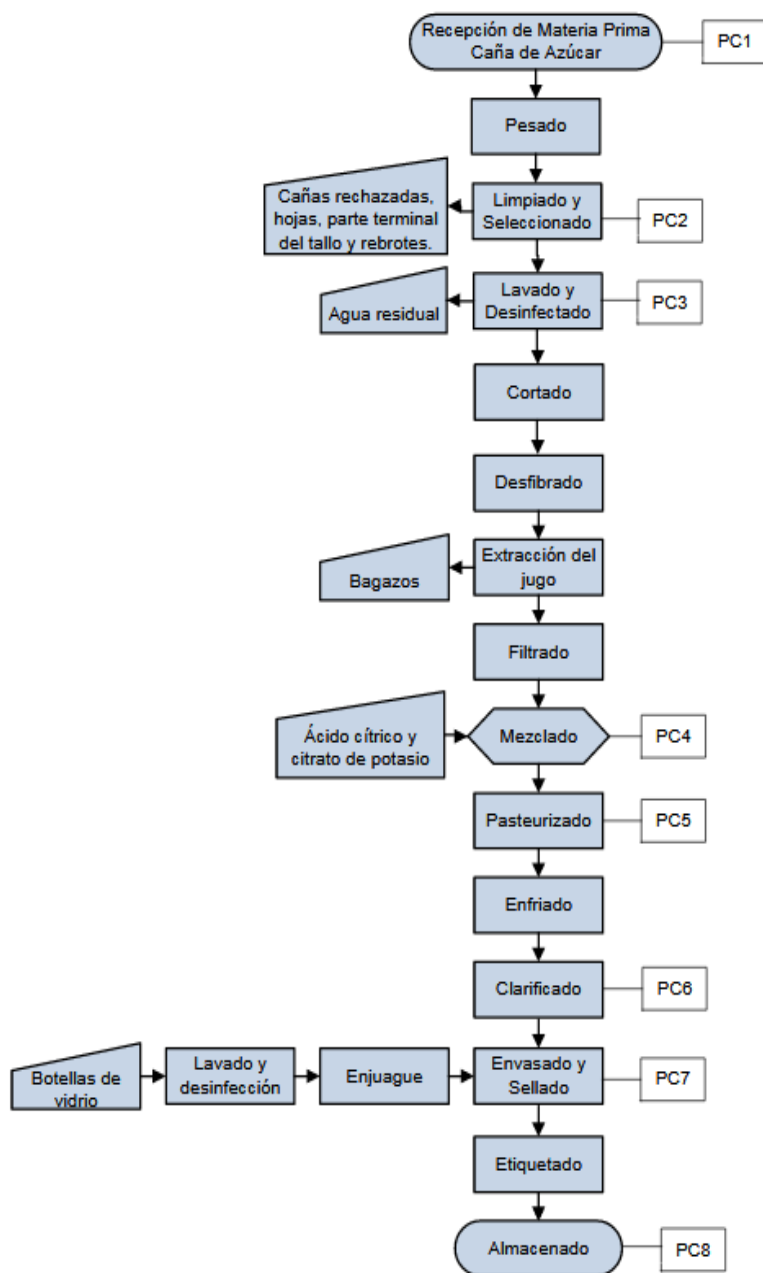


Figura 1.1 diagrama de flujo de la caña de azúcar
Elaborado Por: Carmen, G. Corrales, H. (2010)

1.3. Sedimentación

La sedimentación o decantación consiste en la separación, por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua y no pueden retenerse por su finura o densidad, ni pueden separarse por flotación..¹¹

1.3.1. Tipos de sedimentación

A continuación se incluye un breve detalle de los principales tipos de sedimentación:

Sedimentación libre: Proceso en el cual una partícula está a suficiente distancia de las paredes del recipiente y de otras partículas, de manera que no afecten su caída.

Sedimentación retardada: Proceso en el cual las partículas están muy juntas y se sedimentan a velocidad menor.

Sedimentación Simple: Tiene por objeto reducir la carga de sólidos sedimentables cuyos tamaños de partícula son relativamente grandes. Mediante esta operación se eliminan partículas simples, no aglomerables, por disminución de la velocidad y turbulencia del fluido, es decir, la eliminación se

¹¹ <http://procesosbio.wikispaces.com/Sedimentaci%C3%B3n>

da simplemente, cuando la fuerza de gravedad que obra sobre las partículas prevalece sobre la fuerza de arrastre del fluido. Esta operación se realiza en unidades conocidas como "desarenadores" o "clarificadores"¹².

Sedimentación Inducida: Se refiere a la sedimentación de partículas coloidales, cuya coagulación o aglomeración, ha sido inducida previamente por agentes químicos, tales como alumbre o hidróxido férrico, entre otros. Esta operación se realiza en unidades llamadas decantadores. La decantación es inherente a la coagulación y a la floculación.

Sedimentación de partículas floculentas: Partículas floculentas son aquellas producidas por la aglomeración de partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. A diferencia de las partículas discretas, las características de este tipo de partículas —forma, tamaño, densidad— sí cambian durante la caída. Se denomina sedimentación floculenta o decantación al proceso de depósito de partículas floculentas. Este tipo de sedimentación se presenta en la clarificación de aguas, como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida.

Sedimentación por zonas: Se observa en la sedimentación de suspensiones concentradas. Las interacciones entre las partículas son importantes, alcanzándose velocidades de sedimentación menores que en la sedimentación libre. La sedimentación se encuentra retardada o impedida. Dentro del

¹² <http://documents.tips/documents/sedimentacion-del-jugo-de-cana.html#>

sedimentador se desarrollan varias zonas, caracterizadas por diferente concentración de sólidos y, por lo tanto, diferente velocidad de sedimentación.

Sedimentación frenada: Cuando las partículas están muy juntas, se sedimentan a menor velocidad.

Sedimentación centrífuga: Una partícula determinada sedimenta por acción de la gravedad en un fluido dado con una velocidad máxima constante. Para aumentar la velocidad de sedimentación, la fuerza de gravedad que actúa sobre la partícula puede sustituirse por una fuerza centrífuga mucho más intensa.

Sedimentación por zonas: Se observa en la sedimentación de suspensiones concentradas. Las interacciones entre las partículas son importantes, alcanzándose velocidades de sedimentación menores que en la sedimentación libre. La sedimentación se encuentra retardada o impedida. Dentro del sedimentador se desarrollan varias zonas, caracterizadas por diferente concentración de sólidos y, por lo tanto, diferente velocidad de sedimentación.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño Metodológico

En la presente investigación se utilizó el Método Inductivo y Deductivo que permitió el planteamiento de hipótesis que se validaron con la realización del experimento, a partir de lo cual se definieron conclusiones. También se usó el Método Experimental dado que se establecieron las variables del experimento y de esta manera se obtuvieron los datos para dar respuesta al problema planteado.

2.1.1. Técnicas

Las técnicas usadas se detallan a continuación:

2.1.1.1. Diseño Experimental

En el experimento se usó un Diseño **UNIFACTORIAL**, donde el **Factor A** corresponde a **Temperatura de Pasteurización**, manteniéndose fijo el Tiempo de Pasteurización. Se realizaron 5 réplicas con la finalidad de disminuir el error experimental.

A continuación en la Tabla 2.1 el detalle de los tratamientos.

Tabla 2.1. Detalle de Tratamientos

Temperatura de Pasteurización	Réplicas				
	1	2	3	4	5
80 °C					
90 °C					
100 °C					

Elaborado por: Jara, J. (2017)

2.1.1.2. Determinación de Sedimentación

La determinación de Sedimentación de cada uno de los tratamientos de jugo de caña pasteurizado se determinó por Gravimetría, registrando el dato del tiempo que demoraba en sedimentarse cada réplica.

2.1.1.3. Análisis Estadístico

Los datos recolectados a partir de los resultados del experimento se organizaron en una tabla de Excel y posteriormente se analizaron estadísticamente mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos; dado que si existían diferencias se aplicó una Prueba de Medias de Tukey para establecer el mejor tratamiento de pasteurización del jugo de caña de azúcar.

2.2. Resultados

2.2.1. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar

Para la elaboración de jugo de caña de azúcar, la caña se lava, pela, corta y se extrae el jugo, el cual se tamiza, se pasteuriza y se enfría previo a su envasado y almacenamiento. A continuación se incluye el detalle de cada una de las operaciones del proceso utilizado en la presente investigación:

- **Recepción:** Se recibió la materia prima, en este caso la caña de azúcar a utilizarse para la elaboración del producto. Se verificó que ésta esté limpia y sana.
- **Lavado:** La limpieza de la caña de azúcar se realizó después de la recepción mediante un lavado con agua que retira todas las impurezas, tierra, follaje y serafina adheridos a la caña.
- **Pelado y Troceado:** El pelado se lo desarrolló por medio de cuchillos de acero inoxidable que retiraron la corteza de la caña, una vez pelada se troceó para facilitar la extracción del jugo.
- **Extracción del jugo:** Se trituró la caña de azúcar para así extraer el jugo, esta operación se realizó mediante un molino de acero inoxidable.

- **Filtrado:** Se filtró mediante un tamiz el jugo de caña de azúcar extraído, para así retirar las partículas sólidas en suspensión no deseables en este tipo de bebida.
- **Pasteurizado:** Se pasteurizó el jugo de caña obtenido utilizando tres temperaturas diferentes según el tratamiento correspondiente (80 °C, 90 °C y 100 °C durante 10 minutos cada uno) con la finalidad de evaluar el efecto de la temperatura en la estabilidad del producto.
- **Enfriamiento:** Después de la pasteurización inmediatamente se enfrió el producto a una temperatura de 4 °C.
- **Envasado:** Se envasó el jugo de caña pasteurizado en envases de vidrio, los cuales fueron rotulados y sellados herméticamente para mantener las características del producto. Se determinó la Sedimentación previo a su almacenamiento.
- **Almacenado:** El producto ya elaborado se almacenó en refrigeración para mantenerlo en buen estado por más tiempo.

En la siguiente página se incluye el Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de la caña de azúcar.

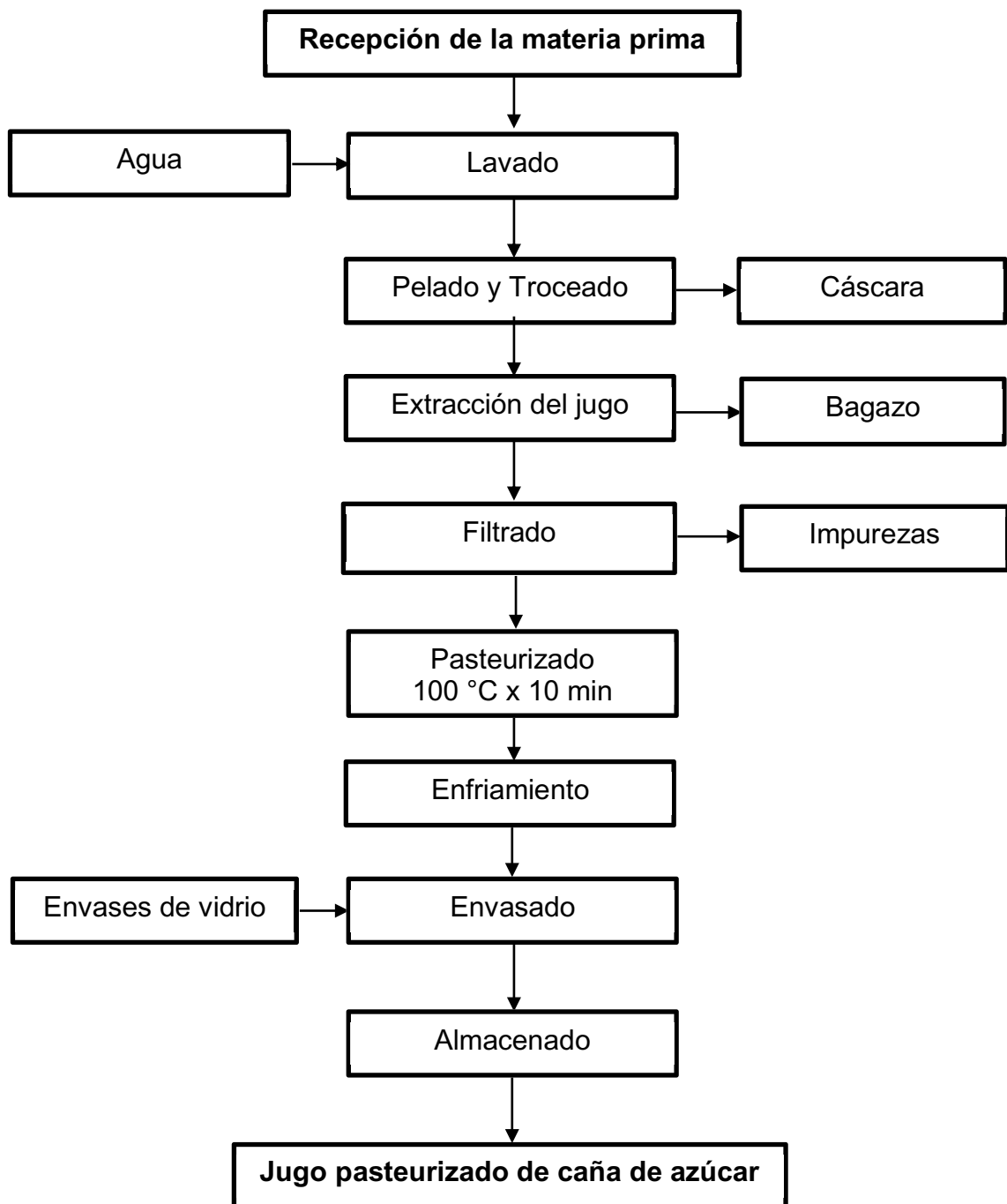


Diagrama 2.1. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar

Elaborado por: Jara, J. (2017)

2.2.2. Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes temperaturas en la pasteurización del jugo de caña de azúcar

Con los resultados obtenidos en el experimento se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una significancia del 5% entre los valores; el resultado de este proceso estadístico es el siguiente:

Tabla 2.2. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	61512,13	2	30756,07	10,65	0,0022
Tratamiento	61512,13	2	30756,07	10,65	0,0022
Error	34656,80	12	2888,07		
<u>Total</u>	<u>96168,93</u>	<u>14</u>			

Elaborado por: Jara, J. (2017)

El análisis de varianza realizado (Tabla 2.2) muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos lo que significa que las diferentes temperaturas de pasteurización usadas inciden en la sedimentación del jugo de caña de azúcar; ante esto se realizó una prueba de medias de Tukey para determinar el mejor tratamiento.

Tabla 2.3. Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=90,67702

Error: 2888,0667 gl: 12

Tratamiento Medias n E.E.

100,00 301,80 5 24,03 A

90,00 209,60 5 24,03 B

80,00 145,80 5 24,03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Jara, J. (2017)

Una vez realizada la prueba de medias de Tukey se estableció que el mejor tratamiento de pasteurización para el jugo de caña de azúcar es 100 °C durante 10 minutos, dado que éste se ubica en la primera categoría y tiene el mejor promedio (301,80), lo que significa que entre mayor sea la temperatura de pasteurización, más lenta será la sedimentación; esto se traduce en que el producto se mantendrá en anaquel homogéneo por más tiempo.

CAPITULO III

PROPUESTA

3.1. Tema

Elaboración de jugo de caña de azúcar pasteurizado a 100 °C por 10 minutos.

3.2. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar pasteurizado se enlistan a continuación:

- Caña de azúcar
- Molino
- Agua Potable
- 2 Cuchillos
- Lienzo
- Baño María
- 2 Termómetros
- 4 Galones de agua destilada
- 2 Matraces Erlenmeyer 500 ml
- 1 Matraz Erlenmeyer 1000 ml
- 3 Probetas de 1000 ml
- Envases de vidrio
- Refrigerador

3.3. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar pasteurizado

Para la elaboración del jugo de caña de azúcar pasteurizado se contempla el siguiente proceso:

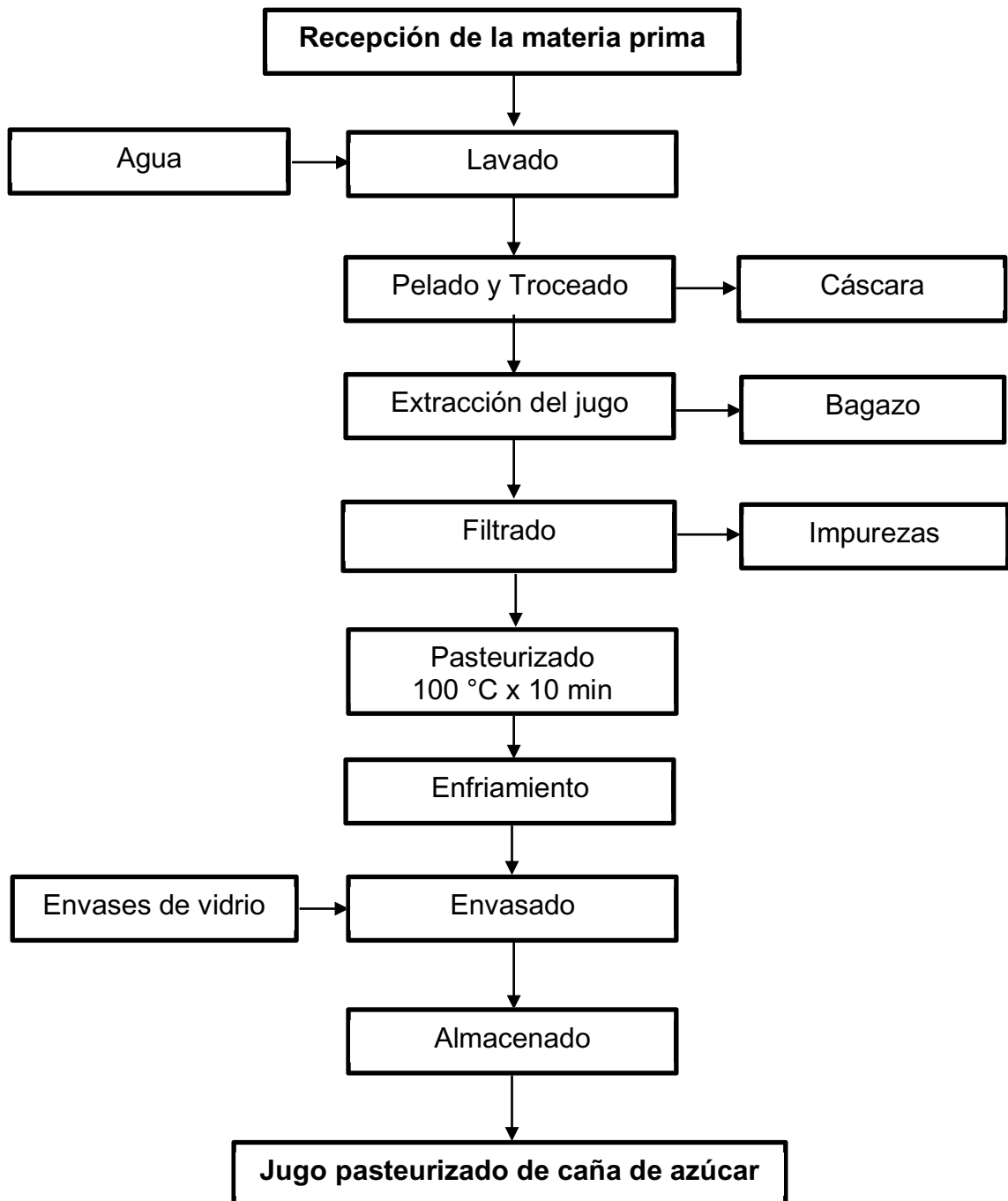


Diagrama 3.1. Proceso de elaboración del jugo de caña de azúcar
Elaborado por: Jara, J. (2017)

A continuación se incluye el detalle de cada operación:

- **Recepción:** Se recibe la materia prima, en este caso la caña de azúcar a utilizarse para la elaboración del producto. Se verifica que ésta esté limpia y sana.
- **Lavado:** La limpieza de la caña de azúcar se realiza después de la recepción mediante un lavado con agua que retira todas las impurezas, tierra, follaje y serafina adheridos a la caña.
- **Pelado y Troceado:** El pelado se lo desarrolla por medio de cuchillos de acero inoxidable que retiran la corteza de la caña, una vez pelada se trocea para facilitar la extracción del jugo.
- **Extracción del jugo:** Se tritura la caña de azúcar para así extraer el jugo, esta operación se realiza mediante un molino de acero inoxidable.
- **Filtrado:** Se filtra mediante un tamiz el jugo de caña de azúcar extraído, para así retirar las partículas sólidas en suspensión no deseables en este tipo de bebida.
- **Pasteurizado:** Se pasteuriza el jugo de caña obtenido a 100 °C durante 10 minutos con la finalidad eliminar microorganismos presentes y aumentar la vida útil del producto.

- **Enfriamiento:** Después de la pasteurización inmediatamente se enfria el producto a una temperatura de 4 °C.
- **Envasado:** Se envasa el jugo de caña pasteurizado en envases de vidrio, los cuales se sellan herméticamente para mantener las características del producto.
- **Almacenado:** El producto ya elaborado se almacena en refrigeración para mantenerlo en buen estado por más tiempo.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Proceso de elaboración del jugo de caña

En una investigación titulada “Conservación de jugo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) como bebida refrescante” realizada por Juan Alberto Flores Garazatúa y Pervis Atilio Tafur Gallardo en 2012, se utilizó como temperatura de pasteurización del jugo de caña 95 °C por 15 minutos; temperatura similar a las utilizadas en la presente investigación en que se estudiaron temperaturas de pasteurización del jugo de caña comprendidas entre 80 °C y 100 °C por 10 minutos.

4.2. Efecto de la aplicación de diferentes temperaturas de pasteurización del jugo de caña de azúcar

En una investigación titulada “Tiempos y temperaturas de pasteurización en la conservación del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)” realizada por Morales Rodríguez Winston y Bajaña Moscol Yoslin en 2014, se utilizaron tres temperaturas de pasteurización (86, 88 y 90 °C) y tres tiempos de pasteurización (12, 15 y 18 minutos) estableciéndose que el tratamiento que mejor influyó en las características organolépticas del jugo de caña fue 88 °C por 18 minutos; se destaca que se consideró la apariencia/color entre las características organolépticas evaluadas, atributo que tiene relación directa con la sedimentación de sólidos en suspensión del jugo de caña de azúcar. Puede

apreciarse que el mejor tratamiento es cercano a la temperatura óptima de pasteurización que se determinó en esta investigación.

.

CONCLUSIONES

- A partir de una revisión bibliográfica exhaustiva respecto al tema de investigación se determinó que existe escasa información sobre el tema.
- De acuerdo al proceso llevado a cabo en el experimento para la elaboración del jugo de caña pasteurizado se determinó que un punto crítico de control (PCC) del proceso es la Temperatura de Pasteurización debido a que ésta afecta directamente a las características del producto final.
- A partir de la evaluación de los resultados obtenidos en el experimento se determinó que la temperatura de pasteurización incide en la sedimentación del jugo de caña de azúcar, estableciéndose que el mejor tratamiento de pasteurización del jugo de caña de azúcar es 100 °C durante 10 minutos dado que se obtuvo una sedimentación más lenta en el producto final.

RECOMENDACIONES

- Realizar una caracterización fisicoquímica del jugo de caña de azúcar pasteurizado.
- Realizar análisis microbiológicos y de vida útil del jugo de caña de azúcar pasteurizado.

WEBGRAFIA

Aguirre, M.; Poveda, C. (2011). Jugo de caña de azúcar envasado en vidrio.

Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14844>

Carlos, G. (2015). Sedimentación Del Jugo De Caña. Disponible en:

<http://documents.tips/documents/sedimentacion-del-jugo-de-cana.html#>

Carmen, G. (2009). Gestión de proceso de la caña de azúcar. Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14844/Jugo>

[%20de%20Ca%c3%b1a%20de%20azucar%20envasado%20en%20vidirio.pdf?](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14844/Jugo)

[sequence=1&isAllowed=y](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14844/Jugo)

Camacho, G. (2002). Procesamiento y conservación de frutas. Disponible en:

<http://aktiva.com.co/blog/Estudios%20sectoriales/2013/conservacion%20de%20>

[0frutas.pdf](http://aktiva.com.co/blog/Estudios%20sectoriales/2013/conservacion%20de%20)

Daniel, M. (2017). La caña de azúcar. Disponible en: [http://www.botanical-](http://www.botanical-online.com/medicinalscanadeazucar.htm)

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

Guillermo, V. (2013). Derivados de la caña de azúcar. Disponible en:

https://www.ecured.cu/Derivados_de_la_ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar

Morato, N. (2012). Seguridad alimentaria. Disponible en:
<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnología/2012/03/09/208595.php>

María, Z. (2008). Conservas y mermeladas caseras. Disponible en:
http://www.bedri.es/Comer_y_beber/Conservas_caseras/Pasteurizacion.htm

Noe, M. (2012). Sedimentación. Disponible en:
<http://procesosbio.wikispaces.com/Sedimentaci%C3%B3n>

Néstor, J. (2017). Derivados de la caña de azúcar. Disponible en:
https://www.ecured.cu/Derivados_de_la_ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar

López, S.; Sandra, E. (2012). Caracterización Bioquímica y Solubilización de los Precipitados Formados en el Jugo Clarificado de Arazá (*Eugenia stipitata*) Obtenido por Procesos Enzimáticos y Membranarios. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1586>

Iván, R. (2013). Operaciones unitarias equipos de sedimentación. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ivanramma/sedimentacion-2>

Sánchez, M. (2013). Azúcar y los derivados. Disponible en:
<http://cientomasuno.blogspot.com/2013/03/del-azucar-y-los-derivados-de-la-cana.html>

Romero, M. (2014). Reingeniería del proceso de clarificación del jugo de caña en el ingenio azucarero del norte IANCEM. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2507>

ANEXOS

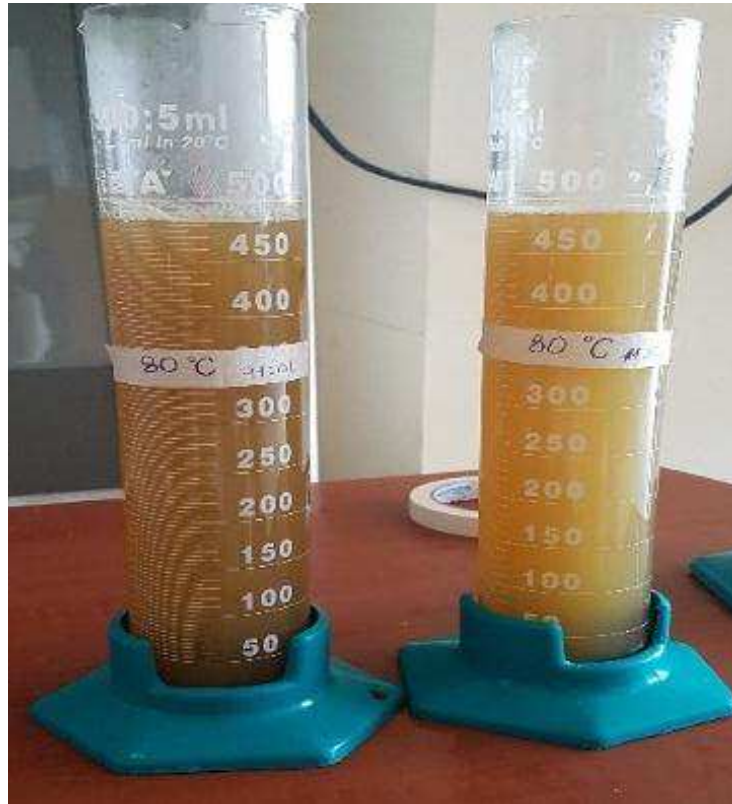
Anexo 1. Fotografías del Proceso



Fotografía 1. Pasteurización del jugo de caña



Fotografía 2. Sedimentación



Fotografía 3. Sedimentación



Fotografía 4. Sedimentación terminada