

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE
MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DEL PROCESAMIENTO DE PULPA DE COPOAZÚ
(*Theobroma grandiflorum*) ENLATADA, SOBRE LA RETENCION DE
VITAMINA C (ÁCIDO ASCORBICO)”**

TESIS PRESENTADO POR:

BACH. ROBERT ARTURO TECSE TECSI.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

ASESOR: ING. VIRNE MEGO MEGO

PUERTO MALDONADO, 2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE
MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.**



**“EFECTO DEL PROCESAMIENTO DE PULPA DE COPOAZÚ
(*Theobroma grandiflorum*) ENLATADA, SOBRE LA RETENCION DE
VITAMINA C (ÁCIDO ASCORBICO)”**

TESIS PRESENTADO POR:

BACH. ROBERT ARTURO TECSE TECSI.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

ASESOR: ING. VIRNE MEGO MEGO

PUERTO MALDONADO, 2017

DEDICATORIA.

La presente tesis la dedico a Dios, por haberme llenado de fuerza y optimismo para cumplir con este objetivo, a mis queridos padres, Hermogenes y Victoria, por su apoyo moral y económico, quienes hicieron posible la realización y culminación exitosa de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios mi alma mater, por haberme brindado una formación académica de nivel y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por haber contribuido con sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional.

Al Ing. Virne Mego Mego, por su asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Al Dr. Rosel Quispe Herrera, por el apoyo brindado.

Así también a los profesores de la Universidad Nacional Agraria La Molina que me brindaron su apoyo en cuanto a su asesoramiento, así mismo me dieron la facilidad para utilizar los ambientes de laboratorio fisicoquímico e instalaciones pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Al Dr. Américo Guevara Pérez, por su asesoramiento para la realización de la presente tesis.

Al Dr. Eduardo Morales Soriano, por el asesoramiento y apoyo brindado en la ciudad de Lima.

A los miembros de jurados, presidido por el M.Sc. Julián Colquehuanca Vilca, M.Sc. Raúl Huamán Cruz y al Dr. William Gerardo Lavilla Condori, mi más sincero agradecimiento por su destacada dirección en la evaluación del proyecto de tesis.

Finalmente, agradezco sobre todo a mi mamá Victoria Tecsi Quispe por su apoyo económico y darme fuerzas para la culminación de este trabajo de investigación.

Robert Arturo Tecse Tecsi

PRESENTACIÓN.

Mediante el presente estudio de investigación, se dio a conocer el efecto del procesamiento de pulpa de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) enlatada, sobre la retención de vitamina C (ácido ascórbico), estableciendo el proceso tecnológico y su influencia en la conservación de la vitamina C, ya que el proceso en cada etapa influye sobre la composición y propiedades del producto.

Es así, que el ácido ascórbico presentes en los alimentos cambian durante el procesamiento. La exposición de los componentes de los alimentos al procesado con calor, es la principal causa de cambios detectables, no solo en la calidad nutricional, sino también en la actividad antioxidantes (Pokony, 2001).

El criterio de medición se llevó a cabo en el análisis fisicoquímico del fruto fresco de copoazú y del producto terminado. Las variaciones obtenidas son asociadas al comportamiento de los componentes del fruto copoazú, según datos esperados en base a estudios demostrados en otras frutas similares en cuanto a sus características fisicoquímicas. Además, se evalúa el grado de retención de la vitamina C, mediante el método por titulación.

De esta manera el trabajo de investigación consta de tres capítulos principales dentro del estudio.

Capítulo I: Marco teórico, donde se consignan toda la revisión bibliográfica de los conceptos relevantes utilizados en el estudio. Capítulo II: los métodos de análisis realizados y materiales empleados para la realización del estudio y así también se utilizaron una metodología para el desarrollo de la investigación. Capítulo III: constituido por los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones y recomendaciones a los que se llegó después de la investigación.

ÍNDICE GENERAL.

	Página
INDICE DE GENERAL	I
INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCION	XI
I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. COPOAZÚ (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	1
1.1.1. VARIEDADES	2
1.1.2. TAXONOMÍA	3
1.1.3. EL COPOAZÚ Y SUS USOS.....	4
1.1.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL COPOAZÚ.....	4
1.2. ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C)	6
1.2.1. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO	7
1.2.2. ESTABILIDAD DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN LOS ALIMENTOS	9
1.3. TRATAMIENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS.....	10
1.3.1. PRINCIPIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	10
1.3.2. VALORACION DEL TRATAMIENTO TÉRMICO	10
1.3.3. CINÉTICA DE LA PENETRACIÓN DE CALOR EN LOS PRODUCTOS ENVASADOS	15
1.3.4. PASTEURIZACIÓN	18
1.3.5. MÉTODOS DE EVALUACION DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALIMENTOS ENLATADOS	20
1.4. ENLATADOS DE ALIMENTOS	32
1.4.1. RECUBRIMIENTOS PARA LOS ENLATADOS DE FRUTAS Y HORTALIZAS	33

II.	MATERIALES Y METODOS	35
2.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	35
2.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	35
2.2.1.	MATERIA PRIMA	35
2.2.2.	REACTIVOS	35
2.2.3.	MATERIALES DE LABORATORIO	36
2.2.4.	MATERIALES DE PROCESO	36
2.2.5.	EQUIPOS	36
2.3.	METODOS DE ANALISIS	37
2.3.1.	ANALISIS FISICO QUÍMICO	37
2.3.2.	ANALISIS MICROBIOLÓGICO	38
2.3.3.	ANALISIS ESTADISTICO	38
2.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	38
III.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	50
3.1.	ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	50
3.1.1.	ANÁLISIS FISICOQUIMICO	50
3.1.3.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	52
3.2.	TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ENLATADO.....	53
3.2.1.	DETERMINACION DEL PUNTO MÁS FRIO	53
3.2.2.	DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE LAS CURVAS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO	57
3.2.3.	DETERMINACION DE LAS UNIDADES DE PASTEURIZACIÓN (UP)	61
3.2.4.	DETERMINACION DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO	64
3.2.4.1.	Mediante el método de Stumbo	64
3.2.4.2.	Por el método general	64
3.2.5.	VEREFICACIÓN DEL CÁLCULO	65
3.3.	VARIACIÓN DE LA VITAMINA C POR EL EFECTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE COPOAZÚ	66
3.4.	ANALISIS DEL PRODUCTO FINAL	69

3.4.1.	ANALISIS FISICOQUIMICO	69
3.4.2	ANALISIS MICROBIOLÓGICO	72
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	81

INDICE DE TABLAS	Página
TABLA 1. Composición porcentual del Copoazú	2
TABLA 2. Composición fisicoquímico proximal de la pulpa de copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>	5
TABLA 3. Análisis químico de de componentes menores de pulpa de copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>) en mg/100 g	5
TABLA 4. Contenido de vitamina C en diversas frutas y verduras	6
TABLA 5. Alimentos según su pH y microorganismo de referencia.....	14
TABLA 6. Parámetros base para el tratamiento térmico	14
TABLA 7. Clasificación de los enlatados según su pH y microorganismo de referencia	32
TABLA 8. Análisis Físico Químico de la pulpa, métodos y sus respectivas normas	37
TABLA 9. Análisis fisicoquímico de la pulpa de copoazú	50
TABLA 10. Análisis microbiológico de la pulpa de copoazú	52
TABLA 11. Punto más frio dentro del envase	53
TABLA 12. Punto más frio durante el calentamiento de la pulpa de copoazú envasada	55
TABLA 13. Punto más frio durante el enfriamiento de la pulpa de copoazú envasada	56
TABLA 14. Características de las curvas de penetración de calor de cada por tratamiento	55
TABLA 15. Valores de la curva de calentamiento y enfriamiento	60
TABLA 16. Valores R^2	60
TABLA 17. Parámetros de las curvas de calentamiento y enfriamiento	60
TABLA 18. Valores de PU	63
TABLA 19. Valor de tiempo de proceso para temperatura a 100 °C	60
TABLA 20. Valores de UP y tiempos de proceso a a 100 °C	65
TABLA 21. Variación de la vitamina C (b.h) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú	67

TABLA 22	Variación de la vitamina C (b.s) durante el proceso de producción de pulpa de enlatada de copoazú	69
TABLA 23.	Análisis fisicoquímico del enlatado de pulpa de copoazú	71
TABLA 24.	Resultados microbiológico del producto final	72

INDICE DE FIGURAS	Página
FIGURA 1. Árbol de copoazú, su fruto y la pulpa	1
FIGURA 2. Variedades del fruto, (A) Copoazú Mamau, (B) Copoazú Mamorana y (C) Copoazú Redondo	3
FIGURA 3. Estructura del ácido ascórbico	7
FIGURA 4. Degradación oxidativa del ácido ascórbico	9
FIGURA 5. Representación logarítmica de una población microbiana en función al tiempo	11
FIGURA 6. Representación logarítmica del Valor D frente a la temperatura, mostrando de forma gráfica el valor z	12
FIGURA 7. Punto más frío de transferencia de calor	16
FIGURA 8. Representación de la velocidad letal vs. Tiempo para un proceso térmico	21
FIGURA 9. Integración de un área bajo la curva mediante el método del trapezoide	22
FIGURA 10. El tiempo de levante del proceso e inicio del tiempo de procesamiento de Ball	24
FIGURA 11. Términos utilizados por Ball en su método de cálculo	25
FIGURA 12. Curva representativa de diferencia de temperatura contra tiempo en papel semilogarítmico que indica el comienzo del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball	26
FIGURA 13 Curvas semilogarítmicas de calentamiento (izquierda) y enfriamiento (derecha)	31
FIGURA 14 Barniz blanco para productos vegetales y frutas.....	34
FIGURA 15. Partes en un envase de hojalata para alimentos	34
FIGURA 16 Esquema experimental que se siguió en la investigación	40
FIGURA 17 Ubicación de los sensores en los envases para la determinación del punto crítico de calentamiento en el producto	41

FIGURA 18.	Selección y clasificación de la materia prima	44
FIGURA 19.	Lavado de la materia prima	44
FIGURA 20.	Desinfección de la materia prima	45
FIGURA 21.	Cortado o partido de la materia prima	45
FIGURA 22.	Pulpeado y refinado de la materia prima	46
FIGURA 23.	Envasado de la materia prima	46
FIGURA 24.	Evacuado de la materia prima	47
FIGURA 25.	Pasteurizado de la materia prima	48
FIGURA 26.	Diagrama de operaciones para la obtención de pulpa enlatada de copoazú	49
FIGURA 27.	Proyección de la sección lineal de la curva logarítmica de penetración de calor en el punto ubicado 1/3 de altura de la base	55
FIGURA 28	Proyección de la sección lineal de la curva logarítmica de penetración de calor en el punto ubicado 1/3 de altura de la base	56
FIGURA 29.	Historia tiempo-temperatura de muestra de pulpa de copoazú enlatada. (Primera repetición)	57
FIGURA 30.	Historia tiempo-temperatura de muestra de pulpa de copoazú enlatada. (Segunda repetición)	58
FIGURA 31.	Curva de calentamiento de pulpa de copoazú enlatada	59
FIGURA 32	Curva de enfriamiento de pulpa de copoazú enlatada	60
FIGURA 33	Determinación de la unidad de pasteurización (UP) por el método general	62
FIGURA 34	Curva de la velocidad letal (L) a 100 °C	65
FIGURA 35.	Variación del contenido de vitamina C (b.h.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú	68
FIGURA 36.	Retención (%) de la vitamina C (b.h.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú	68

FIGURA 37.	Variación del contenido de vitamina C (b.s.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú	69
FIGURA 38.	Retención (%) de la vitamina C (b.s.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú	70

RESUMEN.

La investigación se basa en la dificultad en el manejo de las etapas para la obtención de la pulpa de copoazú enlatada, teniendo como fundamento la pérdida de la Vitamina C, lo cual se generó un producto de acuerdo a la exigencia en donde el enlatado de pulpa de copoazú presenta la mayor estabilidad. Así mismo de acuerdo a lo mencionado se evaluó la estabilidad de la vitamina C, durante su procesamiento, teniendo al fruto del copoazú como estudio. El contenido de vitamina C, en cada etapa, se determinó utilizando el método de titulación con una solución de 2,6-diclorofenolindofenol, además, el punto más frío del enlatado de pulpa de copoazú se encontró a 1/3 altura desde la base a una temperatura de 100 °C, obteniendo las pruebas de penetración de calor del enlatado de pulpa de copoazú a: $f_h = 48,78$ minutos, $f_c = 65,36$ minutos, $j_h = 1,20$; $j_c = 1,27$; $T_{psi\ h} = 47,52$ °C, $T_{psi\ c} = 114,80$ °C, $T_o = 56,10$ °C y $T_g = 94,9$ °C. Alcanzando una letalidad $UP = 4.10$. Así mismo se obtuvo un contenido de ácido ascórbico (b.h) del copoazú fresco, 29.78 mg/100 g, disminuyendo progresivamente durante el pulpeado en 20,29 mg/100 y la pasteurización 14,62 mg/100 g. La retención total fue del 49,10 %.

En base a este estudio de investigación se recomienda determinar como el tratamiento de pasteurización, influye en la retención de compuestos bioactivos como son los compuestos carotenoides y compuestos fenólicos en la pulpa enlatada de copoazú, así como el efecto sobre su capacidad antioxidante.

Palabras claves: Copoazú, pulpa, Vitamina C, enlatado y Tratamiento térmico

ABSTRACT.

The research is based on the difficulty in handling the stages to obtain canned copoazu pulp, based on the loss of Vitamin C, which generated a product according to the requirement where canning pulp de copoazú presents the greatest stability. Likewise, according to the aforementioned, the stability of vitamin C was evaluated during its processing, with the fruit of copoazú as a study. The content of vitamin C, in each stage, was determined using the titration method with a solution of 2,6-dichlorophenolindophenol, in addition, the coldest point of canning of copoazú pulp was found at 1/3 height from the base to a temperature of 100 ° C, obtaining the heat penetration tests of the canning of copoazú pulp at: $f_h = 48,78$ minutes, $f_c = 65.36$ minutes, $j_h = 1,20$; $j_c = 1,27$; $T_{psi\ h} = 47,52$ ° C, $T_{psi\ c} = 114,80$ ° C, $T_o = 56,10$ ° C and $T_g = 94,9$ ° C. Reaching a lethality $UP = 4,10$. Likewise, an ascorbic acid content (b.h) was obtained from fresh copoazu, 29, 78 mg / 100 g, decreasing progressively during pulping at 20.29 mg / 100 and pasteurization 14, 62 mg / 100 g. The total retention was 49, 10%.

Based on this research study it is recommended to determine how the pasteurization treatment influences the retention of bioactive compounds such as carotenoid compounds and phenolic compounds in the canned pulp of copoazú, as well as the effect on their antioxidant capacity

Keywords: Copoazú, pulp, Vitamin C, canning and Heat treatment

INTRODUCCION.

El copoazú es una planta amazónica pariente muy cercano del cacao, el cual es considerado una fruta tropical muy promisoría para los trópicos húmedos y es una especie nativa de América oriental, distribuida en la cuenca amazónica de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Bolivia (Hernández y Barrera, 2004). El nombre específico *grandiflorum*, significa “flores grandes” enfatizando el tamaño de la flor del copoazú, ya que su fruto es el mayor entre los del género *Theobroma* (Carazo y Palma, 1999). Considerando como una de los mejores de la flora amazónica su importancia económica radica en el fruto, que se destaca por la diversidad de usos y por las características organolépticas de su pulpa, reuniendo óptimas condiciones de aprovechamiento en la industria de los alimentos (Souza *et al.* 1998). La pulpa de este cacao posee un sabor ácido agradable, muy apreciado para la preparación a gran escala de refrescos, sorbetes, mermeladas, compotas y dulces; de sus semillas es posible extraer chocolate blanco de excelente calidad (Venturieri, 1998).

Las vitaminas presentes en los alimentos cambian durante el procesado y el almacenamiento. Según Coultate (2007) y Fennema (2000), Sin embargo la inestabilidad de la vitamina C en la actualidad, es considerada el principal “problema” dentro de la producción de alimentos enlatados, pues como se sabe: la vitamina C, es probablemente la menos estable de las vitaminas hidrosolubles. En especial es la más lábil e inestable y puede ser degradada el ácido ascórbico en presencia de oxígeno y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Badui, 2006). Pokony (2001) indica que la exposición de los componentes de los alimentos al procesado con calor, es una de causas de cambios detectables, no solo en la calidad nutricional, sino también en la actividad antioxidante. Entonces, se determina que la pasteurización es una de las etapas principales del proceso de elaboración de alimentos enlatados, por lo que se realiza (diseño y evaluación) del

tratamiento térmico, para determinar los parámetros que permitan obtener un producto inocuo y favorezcan la conservación de la vitamina C.

El propósito de los procesos térmicos es alargar el tiempo de vida de almacenaje de los alimentos para asegurar que sean fuentes de nutrientes; maximizando la retención de estos. Así mismo, el contenido de vitamina C en conservas de frutas y hortalizas es de gran importancia, no solo por el valor nutritivo que le confiere, sino por constituir un índice de la apreciación de otras vitaminas y servir como criterio válido de la conservación de otros componentes sensoriales o nutritivos, tales como pigmentos naturales y las sustancias aromáticas.

Entre los frutales de la amazonia peruana de Madre de Dios se tiene al copoazú pues de gran importancia comercial de alto contenido nutricional, lo que lo confiere un gran producto potencial económico para la región de Madre de Dios. Es así que la comercialización de productos elaborados a base de copoazú como: néctar, mermelada, enlatados en almíbar, etc., pues durante la elaboración de estos productos pierde sus características organolépticas. Estas consideraciones han llevado a pensar procesos adecuados para el tratamiento de este fruto, pues además de la vitamina C, su calidad también radica en la calidad de color de la fruta, sabor y aroma, cuya conservación exige cuidados especiales en manufacturas, que permita aprovechar al máximo sus particularidades.

El consumo de productos procesados a base de frutas es por lo general en forma de jugos, néctares y productos similares, en los cuales las pulpas están considerablemente diluidas, reduciéndose así el aporte nutricional, además de existir el riesgo de producirse enfermedades que transmiten los alimentos (ETA) por el consumo directo de frutos que no son manipulados apropiadamente. Por ello, la pulpa copoazú enlatada es un producto seguro y original de consumo directo como en la elaboración de golosinas, postres, bebidas y comidas.

Este trabajo de investigación da a conocer el nivel de retención del ácido ascórbico sobre el procesamiento la pulpa de copoazú enlatada, determinando la pérdida de vitamina C total y en cada una de las etapas del proceso. Esto nos llevará

a determinar si en los procesos industriales para obtener pulpa pasteurizada, las pérdidas de vitamina C sobrepasan los valores teóricos calculados y las posibles correcciones para evitar las pérdidas en los procesos.

Estas fueron las razones que motivaron a desarrollar este trabajo de investigación, teniendo como objetivo principal el evaluar la estabilidad de la vitamina C, en el procesamiento de pulpa de copoazú enlatada. Y como objetivos secundarios, fue: Determinar la composición fisicoquímica del copoazú, evaluar el tratamiento térmico de la pulpa de copoazú enlatada y por último determinar el contenido de vitamina C y porcentaje de retención, correspondiente a cada etapa del proceso de pulpa copoazú enlatada.

La hipótesis de la investigación planteada de este proyecto sostiene que al disponer de un procesamiento adecuado se garantizará el uso comercial del enlatado de pulpa de copoazú en empresas agroindustriales, lo que permitirá una buena producción agroindustrial y con una óptima reducción de vitamina C.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.

1.1 COPOAZÚ (*Theobroma grandiflorum*).

Se conoce con el nombre de copoazú y se menciona como cacao silvestre. “Es específicamente una baya drupácea elipsoidea u oblonga, de extremos redondeados, con una longitud aproximada de 15-32 cm y de 10-15 cm de ancho; su peso promedio es de 1 500 g posee un epicarpio (cáscara) leñoso y quebrantable” (Hernández y Barrera, 2004).

“El Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) es un árbol típicamente amazónico que produce frutos carnosos” (Venturieri et al. 1988). “Como cultivo crece de 4 a 8 m de altura y su copa abarca unos 7 m de diámetro. El tallo es recto con base acanalada, la corteza es fibrosa, anaranjada con ramificada tricotómicas, con ramas superiores ascendentes y las inferiores horizontales” (Prodar, 1996; citado por Medrano 2010).

En la Figura 1, se observa el árbol del *Theobroma grandiflorum*, su fruto y la pulpa (Reisdorff, 2007; citado por Ferreira, 2008)

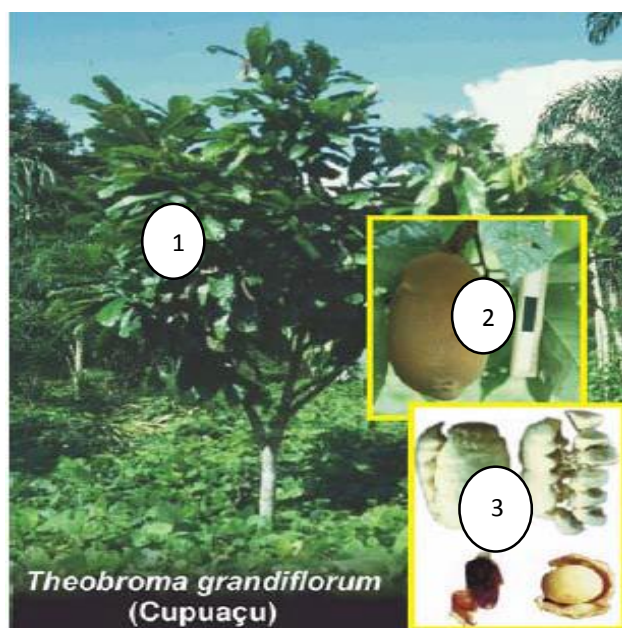


Figura 1: (1) Árbol de copoazú, (2) su fruto y (3) la pulpa

Fuente: Reisdorff, (2007); citado por Ferreira, (2008).

Además, “el rendimiento del fruto de copoazú, varía de acuerdo al peso fresco, al tamaño del fruto, genotipo, localidad de producción y periodo de cosecha” (Villachica, 1996).

Para efectos de comparación se presentan en la siguiente Tabla 1, los resultados de diferentes rendimientos obtenidos:

Tabla 1: *Composición porcentual del fruto*

	Barbosa (1979)	Venturieri (1988)	Villachica (1996)	INIAP Y SENACYT (2008)
Cáscara	42 %	46,47 %	43 %	53 %
Pulpa	40 %	36,79 %	38 %	24 %
Semilla	18 %	16,74 %	17 %	23 %
Placenta			2 %	

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida (2015).

“La pulpa del copoazú es un producto no fermentado, no concentrado, no diluido, obtenido de frutos pulposos, a través de procesos tecnológicos adecuados, con una parte mínima de sólidos totales, provenientes de parte comestible del fruto” (Ministerio de agricultura del Estado Federal de Brasil, 2003; citado por Ferreira, 2008). Asimismo, la pulpa obtenida en la región de Madre de Dios, es trabajada de manera manual y semindustrial (pulpeadora) por pequeñas empresas y personas individuales.

1.1.1 VARIEDADES.

Según Hernández y Barrera (2004), distinguen tres variedades:

- **Copoazú redondo:** “Es la variedad más común de la Amazonia brasilera, los frutos presentan extremos redondeados y su cascara tiene de 6 a 7mm de grosor”.
- **Copoazú mamorana:** “Sus frutos son los de mayor tamaño en todas las variedades conocidas, sus extremos son puntudos y su cascara es más gruesa, entre 7 y 9 mm y puede alcanzar un peso de 4 Kg”.

- **Copoazú mamau:** “Su mayor característica es la carencia de semilla también recibe los nombres de copo sin semilla o copoazú sin semilla”.

En la Figura 2 se observa las variedades de copoazú. De acuerdo a Zapata et al. (1996).

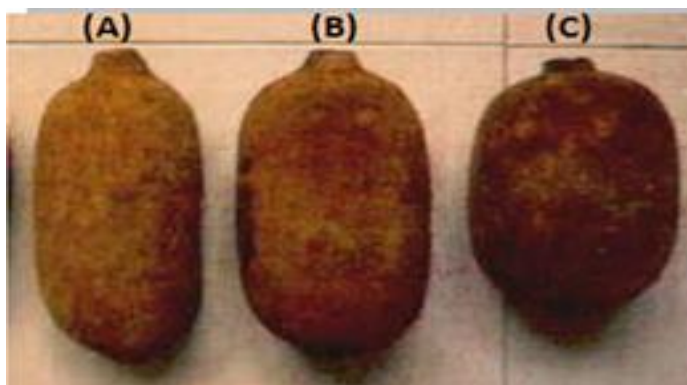


Figura 2: Variedades del fruto, (A) Copoazú Mamau, (B) Copoazú Mamorana y (C) Copoazú Redondo.

Fuente: Zapata et al. (1996).

1.1.2 TAXONOMÍA.

Según Cronquist (1981), citado por el Tratado de Cooperación Amazónica (1999) indica la siguiente clasificación taxonómica.

División : Magnoliophyta
 Clase : Angiospermae
 Subclase : Dicotyledoneae
 Orden : Marvales
 Familia : Sterculiaceae
 Subfamilia: Byttnerioideae
 Tribu : Theobromeae
 Género : Theobroma
 Especie : Grandiflorum

Nombres comunes: Copuazú (Perú), copoasú (Bolivia), cupuaçu cacau, cupuaçu, cupuaçu verdadeiro (Brasil).

1.1.3. EL COPOAZÚ Y SUS USOS.

Según Villachica (1996), el fruto de copoazú tiene los siguientes usos.

- “La pulpa es directo y se utiliza en la preparación doméstica o industrial de refrescos, jugos, postres, dulces, helados, pasteles, caramelos, jaleas, néctares, mermeladas, yogurt y pizza”.
- “La semilla se utiliza en la elaboración de cupulate en polvo, semejante al chocolate en polvo de cacao; tiene restricciones para la elaboración de tabletas de chocolate por el mayor punto de derretimiento respecto al cacao”.
- “La cascara del fruto contiene 1,5 % de potasio, 0,7 % de nitrógeno y 0,04 % de fosforo; puede utilizarse en la preparación de compost para abonamiento orgánica; el peso de la cascara representa el 43 % del peso total del fruto”.

1.1.4 COMPOSICION NUTRICIONAL DEL COPOAZÚ.

La composición proximal y química de pulpa de copoazú varía acorde al tamaño, su procedencia, periodo de cosecha y método de extracción. “Está pulpa comestible es de coloración amarilla-blanquecina, de sabor ácido y aroma fuerte” (Venturieri, 1993). En la Tabla 2; se presenta la composición físico-químico proximal de pulpa de copoazú. Igualmente, en la Tabla 3, la composición química de componentes menores de pulpa de copoazú.

Barbosa et al. (1979); Chaar, (1980), citado por Hernández (2010), reportaron cantidades importantes de vitamina C, (15-28 mg ácido ascórbico/100 g pulpa). Además, Viera et al. (2010); reportó un contenido de vitamina C, (25-35 mg ácido ascórbico /100 pulpa).

Tabla 2: Composición físico-químico proximal de la pulpa de copoazú (*Theobroma grandiflorum*).

Componente	Contenido por 100 g de porción comestible		
	1	2	3
Acidez (g)	2,15	-	2,15
Brix	10,80	-	11,17
pH	3,30	-	3,45
Humedad (g)	89,00	87,5	87,27
Aminoácidos (mg)	21,90		
Extracto etéreo (g)	0,53	0,00	0,41
Ceniza (g)	0,67	1,23	0,70
Fibra (g)	0,50	0,57	1,04
Proteína.	0,923	0,53	1,31
Carbohidratos (g)	11,00	9,77	9,27
Azúcares reductores (g)	3,00	-	6,29
Pectina (mg)	3 900	-	-

Fuente: ¹Villachica (1996) ,²LABRON-UAGRM (2000), ³INIAP Y SENACYT (2008)

Tabla 3: Análisis químico de componentes menores de pulpa de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en mg/100 g.

Componente.	1	2	3
Calcio (mg)	40,00	23,00	-
Fosforo (mg)	310,00	26,00	-
Hierro (mg)	-	2,60	-
Retinol (mg)	-	30,00	-
Vit. B1 (mg)	-	0,04	-
Vit. B2 (mg)	-	0,04	-
Niacina (mg)	-	0,50	-
Vitamina C (mg)	23,10	33,00	54,67

Fuente: ¹Villachica (1996) ,²Franco (1999), ³INIAP Y SENACYT (2008)

1.2 ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C).

“El ácido ascórbico o vitamina C, están presentes en las frutas y verduras en forma de ácido L-ascórbico y ácido dehidroascorbico. Hay una creciente evidencia de que la vitamina C pueda proporcionar efectos protectores adicionales contra enfermedades como el cáncer. El ascorbato es probablemente el antioxidante hidrosoluble más efectivo presente en el plasma y es capaz de atrapar y reducir nitritos inhibiendo por tanto la formación en el estómago del compuesto carcinogénico N-nitroso” (Pokony, 2001).

Según Badui (2006) señala, “la vitamina C se encuentra principalmente en vegetales frescos y diversas frutas, el consumo rutinario de estos aporta vitamina C requerida diariamente, ya que, al ser hidrosoluble, el hombre no la almacena”. En la Tabla 4 se muestra el contenido de vitamina C de diversas frutas y verduras.

Tabla 4: *Contenido de vitamina C en diversas frutas y verduras.*

Frutas y Verduras	mg/100 g muestra fresca
Durazno	4
Manzana	10
plátano	10
Mandarina	25
Piña	25
Jitomate	25
Papa	30
Toronja	40
Naranja	50
Limón	50
Col	60
Chiles	120
Guayaba	300
Brócoli	300

Fuente: Badui, (2006).

a) Estructura química del ácido ascórbico.

La vitamina C o ácido ascórbico, “es una cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1-gulofuranolactona; contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y muy reductor, por lo que se oxida fácilmente” (Badui, 2006). En la Figura 3, se muestra la estructura química del ácido ascórbico.

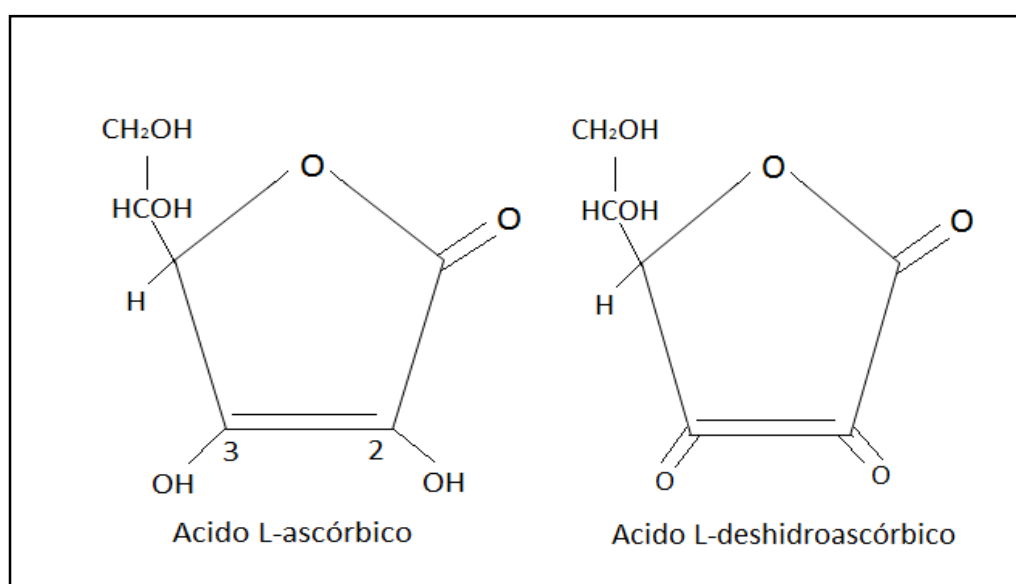


Figura 3: Estructura química del ácido ascórbico.

Fuente: Fennema, (2000)

La estructura química de la vitamina C es la más inestable y la más reactiva. Fennema (2000) afirma, “la vitamina C, se oxida fácilmente, mediante una reacción reversible, a ácido deshidroascorbico, estableciendo un sistema de oxidación-reducción; a su vez, este ácido se sigue oxidando y se transforma en ácido 2,3- dicetogulónico que no tiene actividad biológica”, tal como se mostró en la anterior figura.

1.2.1. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO.

Fennema (2000) menciona, “los factores capaces de influir sobre la naturaleza del mecanismo de degradación son: temperatura, concentración de sal y azúcar, pH, oxígeno, enzima, catalizadores metálicos, aminoácidos

oxidantes o reductores, concentración inicial de ácido ascórbico y relación ácido ascórbico-ácido dehidroascorbico”.

Badui (2006) menciona, “todas las vitaminas, la C es la más lábil e inestable y puede ser degradada a través de muchas vías: las de oxidación y degradación térmica son las más importantes”. “Las reacciones de oxidación de la vitamina C se aceleran por el calor, los álcalis, la presencia de algunos metales como el cobre y el hierro y la acción de la luz, sobre todo la presencia de riboflavina. Fennema (2000) menciona que la vitamina C, es estable a pH ácidos en ausencia de oxígeno, resiste temperaturas de esterilización” Fennema (2000).

La vía exacta de degradación de la vitamina C es muy variable y depende de cada sistema. Al ser tan numerosos los factores susceptibles de influir en la degradación del ácido ascórbico, resulta imposible establecer relaciones precursoras-producto claramente definidas, salvo para los primeros productos de reacción (Manayay, 1992).

Coultate (1985); citado por Manayay (1992), refiere, “en presencia de aire la degradación de la vitamina C tiene lugar principalmente, por la formación del ácido dehidroascorbico, menos estable. El ácido dehidroascorbico, una vez formado, experimenta una serie de reacciones irreversibles de apertura del anillo que conducen a la formación del ácido dicetogulonico, el cual no presenta actividad vitamínica. Para entender las características de la oxidación del ácido ascórbico es que esta reacción ocurre en dos pasos. El primero es irreversible, mientras que el segundo no lo es. Esto es debido a que en la etapa uno la oxidación no es severa y puede perder solamente dos hidrogeno. Las formas que son efectivas contra el escorbuto son, L-ácido ascórbico, y su forma reversible, ácido dehidroascorbico”. En la Figura 4 se presenta gráficamente la oxidación del ácido ascórbico.

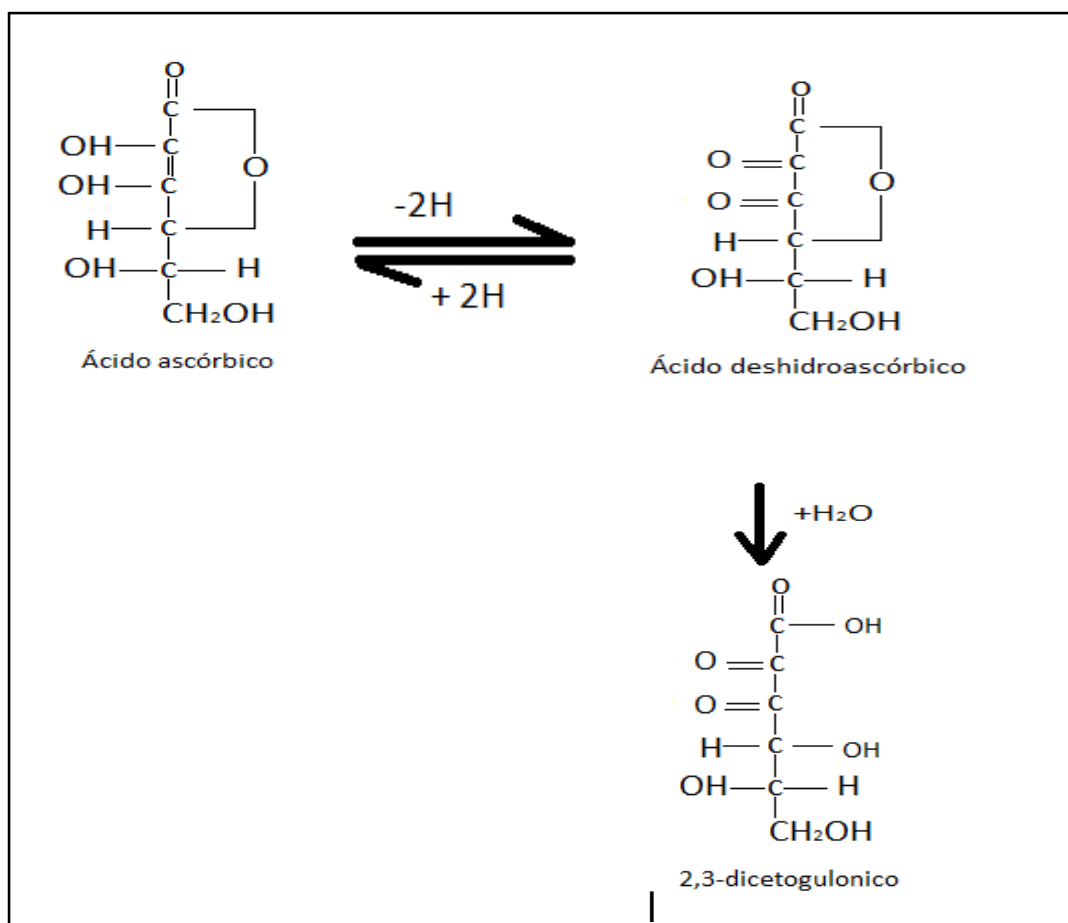


Figura 4: Degradación oxidativa del ácido ascórbico.

Fuente: Badui, (2006).

1.2.2. ESTABILIDAD DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN LOS ALIMENTOS.

Fennema (2000) señala, “la estabilidad del ácido ascórbico aumenta a medida que disminuye la temperatura del alimento, diversas investigaciones han señalado la posibilidad de que se produzca pérdida acelerada por congelación o almacenamiento en frío. Se ha demostrado que esto es improbable para la mayoría de los alimentos, aunque temperaturas de almacenamiento superiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pueden, finalmente, ocasionar considerables pérdidas”.

Braverman (1980) reportó, “los grandes cambios, especialmente en color y sabor, que tiene lugar durante el almacenamiento de las frutas y hortalizas corren paralelos con la disminución progresiva del ácido ascórbico que

poseen. Por ejemplo, el oscurecimiento de los jugos cítricos durante el almacenamiento se ha visto que se produce después que todo el ácido ascórbico ha sido irreversiblemente oxidado”.

1.3 TRÁTAMIENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS.

1.3.1 PRINCIPIO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.

Fellows (2007) señala que, “el tratamiento térmico constituye uno de los métodos más importantes de conservación de alimentos, no solo por los efectos deseables que se obtienen sobre su calidad, sino también por su efecto conservador al destruir enzimas, parásitos y microorganismos”. Rees y Bettinson (1994) afirman que “el objetivo primordial puede consistir en la destrucción de los microorganismos capaces de multiplicarse en el producto a la temperatura prevista de distribución, o de poner en peligro la salud del consumidor. Sin embargo, para diversos productos, las propiedades organolépticas pueden ser más importantes al establecer la intensidad del tratamiento térmico”.

Al respecto Barbosa-Cánovas (2010), menciona “el objetivo principal del tratamiento térmico es la inactivación de microorganismos patógenos y esporas (dependiendo del tratamiento) para proporcionar a los consumidores un producto microbiológicamente seguro. Sin embargo, a pesar de este beneficio, una serie de cambios tienen lugar en el producto que altera su calidad final, por ejemplo, sabor, color, textura y aspecto general”.

Lespinard (2012) señala, “existen diversos procesos de tratamiento con calor, siendo la pasteurización y la esterilización los dos más utilizados para el procesamiento térmico de conservas. La elección de un método u otro depende de las características del producto (pH. La carga microbiana inicial, entre otros)”.

1.3.2 VALORACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO

a. Tiempo de reducción decimal o valor D.

Es el tiempo necesario para que la población de microorganismo se reduzca en un 90 %. Dicho de otra forma, el valor D es el tiempo que se requiere para una reducción de un ciclo logarítmico en la población (Singh et al. 1998).

Cuando los datos de supervivencia se representan en escala logarítmica, se obtiene una línea recta, tal como se muestra en la Figura 5.

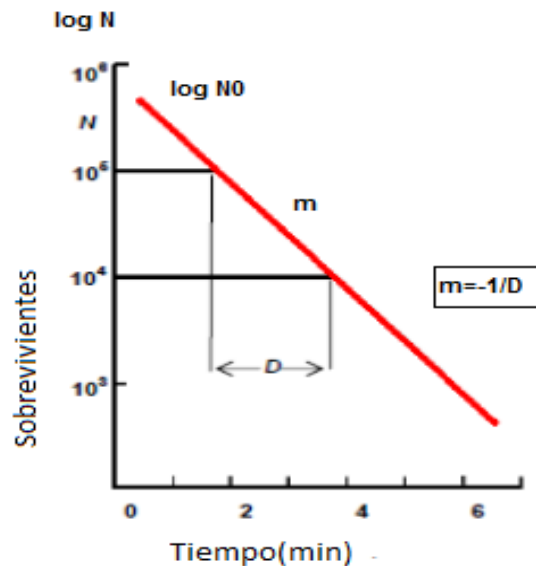


Figura 5: Representación logarítmica de una población microbiana en función al tiempo.

Fuente: Lespinard, (2012).

Basándose en la definición del tiempo de reducción decimal, la siguiente ecuación, describe la curva de supervivencia (Singh et al. 1998).

$$D = \frac{t}{\text{Log}N_0 - \text{Log}N} \quad (\text{Ec.1})$$

Dónde:

- N_0 = número inicial de esporas.
- N = número final de esporas.
- t = tiempo cuando atraviesa un ciclo logarítmico.

b. Factor cinético o valor z.

La constante de resistencia térmica (z), es el aumento de temperatura que es necesario para causar una reducción del 90% del tiempo de reducción decimal D . Los valores de D se representan en función a la temperatura en coordenadas logarítmica (Figura 6). El valor z es el incremento de temperatura para un cambio de un ciclo en los valores de D (Singh et al.1998).

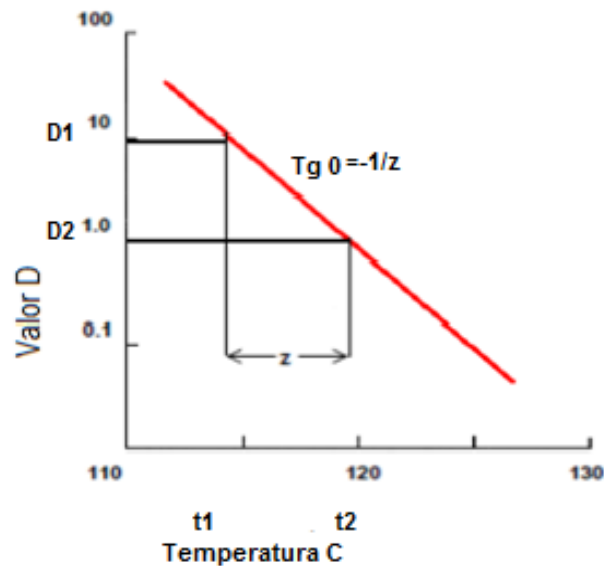


Figura 6: Representación logarítmica del Valor D frente a la temperatura, mostrando de forma gráfica el valor z

Fuente: Lespinard, (2012).

Singh et al. (1998) señala en base a lo indicado, el valor Z puede expresarse mediante la siguiente Ecuación 2

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\text{Log}D_{t1} - \text{Log}D_{t2}} \quad (\text{Ec.2})$$

c. Tiempo de muerte térmica o valor UP.

Se tiene interés en reducir los números de bacterias o de esporas en varios factores de 10. “En un enlatado de un producto, podría reducir el número de esporas desde una cuenta inicial de 10^3 a una cuenta final de 10^{-9} . Cuando el número de esporas es menor que 1 por lata, se llama “probabilidad de una unidad no estéril” o PNSU. Se definirá Y_n como el número de reducciones del ciclo log que se va alcanzar, así como se muestra en la Ecuación 3” (Sharma et al. 2003).

$$Y_n = (\log N^0 - \log N) \quad (\text{Ec.3})$$

Dónde:

- N^0 = “Numero inicial de microorganismo”.
- N = “Numero de microorganismo sobrevivientes”.
- Y_n =” Numero de ciclos logarítmicos reducidos”

Si se define F_T como el número de minutos que se quiere alcanzar Y_n ciclos log de reducción, entonces:

$$Y_n = F_T \times D_T \quad (\text{Ec.4})$$

d. Microorganismo de importancia en las conservas de frutas.

Hersom y Hulland (1984) señalan, “los microorganismos responsables de la alteración de los alimentos ácidos están comprendidos de bacterias esporuladas, no esporuladas, levaduras y mohos. En la mayoría de los casos los organismos se controlan fácilmente con un tratamiento térmico relativamente corto a temperaturas inferiores a $100\text{ }^\circ\text{C}$ ”.

En función de la acidez del alimento, los microorganismos utilizados como referencia se muestran en la siguiente Tabla 5.

Byssochlamys fulva: Generalmente los mohos son considerados insignificantes como agentes de deterioro en alimentos enlatados. Una

notable excepción a esto es la especie *Byssochlamys fulva*. Estos microorganismos son importantes en el deterioro de frutas enlatadas. Su poder causar una completa desintegración de la fruta debido a la destrucción del material péctico. También produce suficiente CO₂ causando hinchamiento. Tienen una termorresistencia relativamente grande y no sobreviven a procesos del orden de 10 minutos a 87.8 °C (Stumbo, 1973).

Tabla 5: Alimentos según su pH y microorganismo de referencia

ALIMENTOS	Microorganismos de referencia
Grupo III: Ácidos (3,7 < pH < 4,5)	Bacterias esporuladas (<i>Clostridium pasteurianum</i> y el <i>Clostridium butyricum</i>)
Frutas (pera, piña), tomate	Bacterias no esporuladas (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> y <i>Lactobacillus brevis</i>) Mohos y levaduras (<i>Byssoshlammys fulva</i> y del <i>Byssoshlammys nívea</i>)
Grupo IV: Muy ácidos (pH < 3,7)	Mohos y levaduras (<i>Byssoshlammys fulva</i>)
Encurtidos, cítricos, zumos	Bacterias lácticas (<i>Bacillus coagulans</i>)

Fuente: Adaptado de Hersom y Hulland, 1984; Casp y Abril, 1999.

En la Tabla 6 se muestran algunos parámetros base usados para el tratamiento térmico, tanto para la esterilización como para la pasteurización.

Tabla 6: Parámetros base para el tratamiento térmico.

	Esterilización	Pasteurización
Microorganismo	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Byssochlamys fulva</i>
T de referencia	250 F = 121,1 °C	200 F = 93,3 °C
Valor D	0,21 minutos	1 minuto
Valor Z	18 °F = 10 °C	16 °F = 8,9 °C
T mínima letal	212 °F = 100 °C	158 °F = 70 °C
Expresión de la letalidad	$F^{18}_{250} = F^{10}_{121,1} = F_0$	$F^{16}_{200} = F^{8,9}_{93,3} = UP$

Fuente: Hurtado, (1987).

1.3.3 CINÉTICA DE LA PENETRACIÓN DE CALOR EN LOS PRODUCTOS ENVASADOS.

a. Penetración de calor en alimentos enlatado

“La forma que requiere el alimento para alcanzar la temperatura deseada y el tiempo que necesita para enfriarlo se detalla en la penetración de calor. Esto significa, que en productos envasados depende básicamente de la naturaleza del producto, que es la que determina el mecanismo de transferencia del calor” (Casp y Abril, 1999; Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005, citado por Lespinard, 2012).

Según Casp y Abril, 1999; Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005, citado por Lespinard, 2012, clasifican estos productos en:

- “Líquidos de baja viscosidad: en este caso el calentamiento se lleva a cabo, predominantemente, por convección; generándose corrientes conectivas que producen un calentamiento rápido del producto”.
- “Sólidos o líquidos de alta viscosidad: el calor se transmite por conducción y ocurre en forma más lenta que en alimentos fluidos”.
- “Sólidos en medio líquidos: en este caso el líquido se calienta por convección y el sólido por conducción, siendo la velocidad de penetración del calor determinada por la movilidad del líquido”.
- “Otra clase la constituyen aquellos productos que empiezan a calentarse por conducción y que, por cambios en su estructura y propiedades reológicas, terminan el proceso calentándose por convección”.

b. Punto más frío en productos enlatados.

“Para destruir los microorganismos en un producto con o sin envase, el calor suministrado debe penetrar en todos los puntos del producto o recipiente. Aproximadamente el punto crítico en un envase, se localiza en la región que casi siempre es la última en calentarse y que se conoce como punto más frío. Es una región crítica ya que es donde hay más probabilidades de que los microorganismos presentes en el alimento sobrevivan” (Bosque y Colina, 2012). A continuación, se muestra en la Figura 7, se observa los diferentes puntos que se consideran según el tipo de transferencia de calor del alimento.

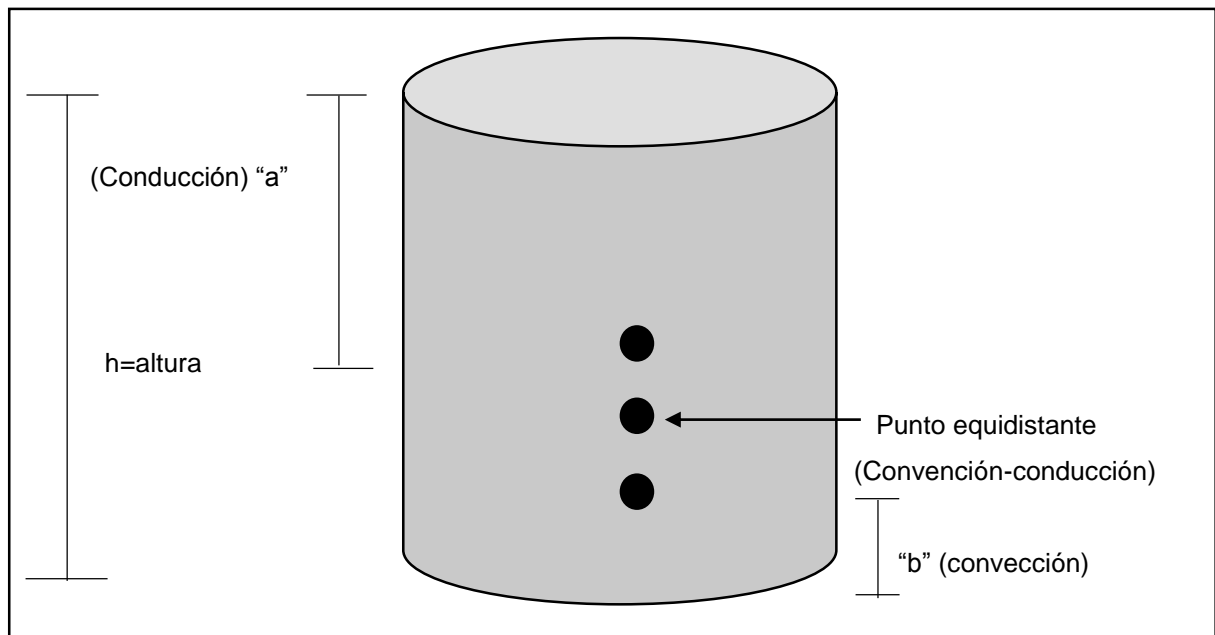


Figura 7: Punto más frío de transferencia de calor.

Fuente: Encina, 2005

Dónde:

- a= “la mitad de la altura h del envase”.
- b= “un tercio de la altura del envase tomada desde la base”.

Según Casp y Abril (1999), generalmente se admite que:

- “En productos que se calientan por convección en envases cilíndricos, el punto crítico se sitúa en el eje longitudinal a $1/5$ de la altura medido desde la base”.
- “En productos que se calientan por conducción, en envases cilíndricos o de otras formas, el punto crítico se localiza en el centro geométrico”.
- “En productos del tipo sólidos en líquidos de gobierno es necesario asegurarse que el centro del sólido de mayor tamaño situado en una zona central del envase recibe el tratamiento adecuado, siendo en dicho punto donde debe evaluarse el efecto”.

Así mismo, se ha encontrado que el punto más frío para el caso de productos sólidos donde la transferencia de calor se da por conducción está en el centro geométrico del espacio ocupado por el producto. En los productos líquidos está ubicado a $1/4$ de la base. En el caso de un producto que presenta transferencia de calor por convección y luego por conducción el punto más frío estará ubicado entre los dos puntos ya mencionados para conducción y convección respectivamente (Hurtado, 1987).

Hersom y Hulland (1984) señalan, “los alimentos sólidos el calor se transmite por conducción y que el proceso es relativamente, puesto que no hay intercambio de sustancia entre las partes más calientes de la lata y las frías; mientras que, en los líquidos, el calor se transmite principalmente por convección y la elevación térmica es más rápida, de modo que las diferencias térmicas dentro de la lata son mínimas en cualquier instante del proceso”.

Stumbo (1973) señala que no existen alimentos que se calientan exclusivamente por conducción o convección. Existe una gran variedad de alimentos que principalmente se calientan por conducción, pero en los cuales, hay una pequeña cantidad de convección que podría ayudar a la transferencia de calor y reducir un poco los parámetros correspondientes a la temperatura. Del mismo modo, hay alimentos que se calientan inicialmente por convección,

pero debido a alguna alteración en las características del producto, cambian a un calentamiento por conducción antes que la temperatura de esterilización sea alcanzada.

Bosque y Colina (2012) menciona, “en productos envasados en los que el calor se transmite por convección, el punto frío usualmente se localiza sobre el eje vertical entre el centro geométrico y el fondo del envase, lo cual depende de la fluidez del producto; cuando es por conducción, se considera el centro geométrico del envase sobre el eje vertical”.

1.3.4 PASTEURIZACIÓN

Fellow (1994) señala. “La pasteurización es un tratamiento térmico relativamente suave que se utiliza para para prolongar la vida útil de los alimentos hasta durante varios meses (productos de frutas envasados)”.

“Este método conserva los alimentos por inactivación sus enzimas y destrucción de los microorganismos relativamente termosensibles como bacterias no esporuladas, levaduras y mohos, provocando cambios en el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento. Así mismo, afirma que la intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de su vida útil se hallan determinados principalmente por el pH. El objetivo principal en los alimentos de pH inferior a 4.5, suele ser la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas. El efecto conservador de los tratamientos térmicos se debe a la desnaturalización de las proteínas, que destruye la actividad enzimática y metabólica de los microorganismos” (Fellow, 1994).

Según Brennan et al. (1998), “para productos ácidos como frutas (pH 3.7 a 4.5), se utilizan procesos de tratamiento a 100 °C”.

a. Valor de la unidad de pasteurización objetivo.

Según Condori (2002), para establecer la intensidad con la que los alimentos envasados deben procesarse, es necesario prestar una gran atención a las probabilidades de supervivencia térmica de las esporas. El hecho de que la muerte de las bacterias sigue un orden logarítmico, significa que si una muestra, de un tamaño dado, se somete a calentamiento a una temperatura constante, en cada unidad sucesiva de tiempo se destruye la misma proporción de bacterias sobrevivientes, la curva de supervivencia térmica puede definirse mediante la ecuación 5, que se puede expresarse de la siguiente manera:

$$P_0 = D_r (\log a - \log b) \quad (\text{Ec.5})$$

Dónde:

- a= concentración inicial de microorganismos.
- b= concentración final de microorganismos.
- D_{ref} = valor de D a 93,3 °C.

Por consiguiente, “la ecuación permite calcular directamente el tiempo requerido a temperatura constante para obtener una reducción de los niveles de esporas, teniendo en cuenta, que se hayan especificado la cantidad existente antes del tratamiento térmico y al nivel que se desea llegar, y siempre que se conozca el valor D de las esporas en examen. Por ejemplo, si consideramos el tratamiento mínimo generalmente aceptado para prevenir el *Byssoshlammys* originado por procesamiento insuficiente de los productos de frutas enlatadas conservados mediante calor únicamente. Se indica un nivel de reducción de 3 a 5 ciclos logarítmicos para conservas de pH menor a 4.5; según el nivel de contaminación en el que llegue la materia prima” (Rangama, 1977).

b. Unidad de letalidad o pasteurización

Rees y Bettinson (1994) mencionan que a temperaturas inferiores a 100 °C resulta más conveniente utilizar los valores de pasteurización o UP en lugar

de los valores F . Los valores UP se calculan de una forma muy similar al de los valores F usando la ecuación 6.

$$UP = L = 10^{\frac{(T-T_{ref})}{z}} \quad (\text{Ec.6})$$

La principal diferencia con los valores F estriba en que mientras que los valores F_0 , suelen tener una temperatura estándar de referencia de 12,1 °C y $Z= 10$ °C, los valores UP carecen de temperatura estándar de referencia y de valor z . En su lugar, los industriales utilizan, los industriales utilizan la temperatura de referencia que es apropiada para su tratamiento particular, por ejemplo, 70 °C, 82,2 °C o 90 °C, y un valor z apropiado para el microorganismo que desean controlar. Es muy importante que se especifique siempre la temperatura y el valor z de los valores UP. El valor UP representa también de forma abreviada, como valor P. Un valor P correspondiente P_{565} constituye un valor P calculado con una temperatura de referencia de 65 °C y $z = 5$ °C (Rees y Bettinson, 1994).

1.3.5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALIMENTOS ENLATADOS

a) MÉTODO GENERAL MEJORADO.

Este método se deriva del método general descrito por Bigelow y Cols (1920), que fue la primera metodología científica para calcular el proceso térmico. “Se basa en el hecho de que cada punto de las curvas de calentamiento y enfriamiento, correspondiente a la historia térmica de un producto, ejerce un efecto letal para el microorganismo contaminante de dicho producto, por lo que el cálculo del proceso térmico implica la integración gráfica del efecto letal de tales puntos. Este método se fue modificando hasta llegar a lo que actualmente se conoce como **método general mejorado**, que se apoya en el principio de que diferentes combinaciones de tiempo y temperatura puedan lograr el mismo efecto letal sobre un microorganismo dado” (Bosque y Colina, 2012)

Así también Stumbo (1973) señala. “Los valores obtenidos por la termocupla o sensores, las curvas de calentamiento y enfriamiento son construidas para representar las temperaturas existentes durante el proceso. En cada temperatura representada por un punto en las curvas, se considera que esa posee un valor esterilizante o letal”.

En la figura 8 se representa la curva de velocidad letal frente al tiempo del proceso. De acuerdo a Singh et al. (1998), El área bajo la curva es lo que se denomina LETALIDAD, el impacto del tiempo y la temperatura en la población microbiana, expresado como un tiempo a la temperatura de referencia, tal como se demuestra con la siguiente ecuación 7.

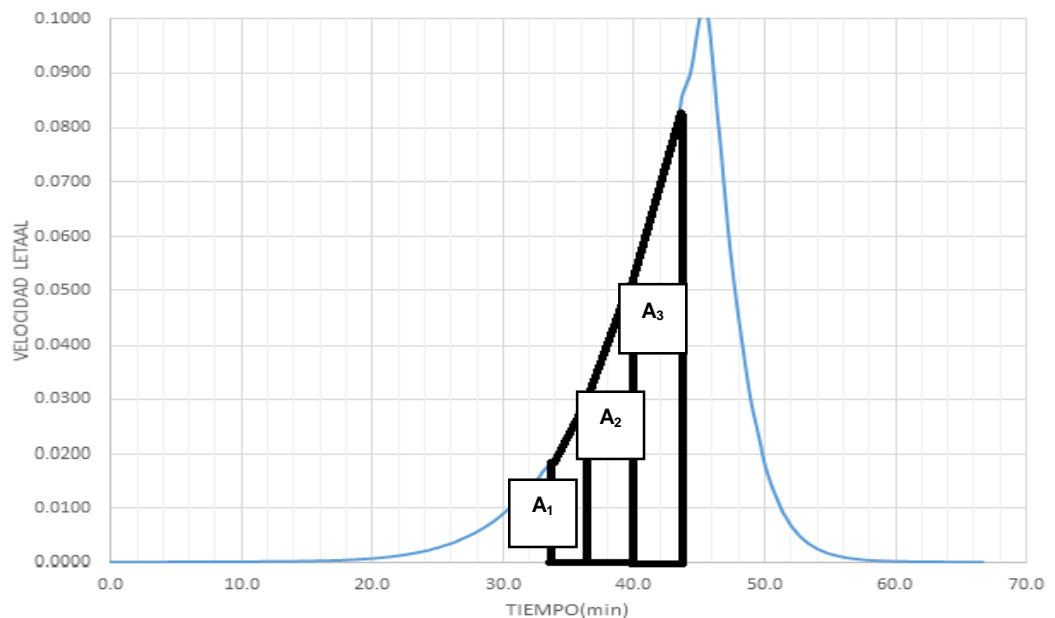


Figura 8: Representación de la velocidad letal vs. Tiempo para un proceso térmico

Fuente: Singh et al. (1998)

$$L = 10^{\frac{(T - T_{ref})}{z}} \quad (\text{Ec.7})$$

En donde:

- L = “Valor letal o letalidad”.

- T = “Cada una de las temperaturas registradas durante el calentamiento y enfriamiento del producto”.
- T_{ref} = “Temperatura de referencia”.
- Z = “Valor z del microorganismo utilizando como base del proceso”.

Sharma et al. (2003) indican. “La letalidad del proceso se calcula integrando la velocidad letal con respecto al tiempo y puede considerarse como la suma del área bajo una función”. Puede emplearse la regla trapezoidal, mediante la cual se aproxima la curva con una serie de paralelogramos, como se observa en la Figura 9. El área de un paralelogramo se calcula como la altura promedio multiplicada por la anchura:

Se utiliza la siguiente ecuación.

$$A_i = \frac{L_{i-1} + L_i}{2} \Delta t \quad (\text{Ec.8})$$

Dónde:

- A_i = “área del i -ésimo paralelogramo”.
- L_i = “altura (velocidad letal) del lado derecho del paralelogramo i -ésimo”.
- L_{i-1} = “altura del lado izquierdo del paralelogramo i -ésimo”.
- Δt = “El ancho de cada paralelogramo”.

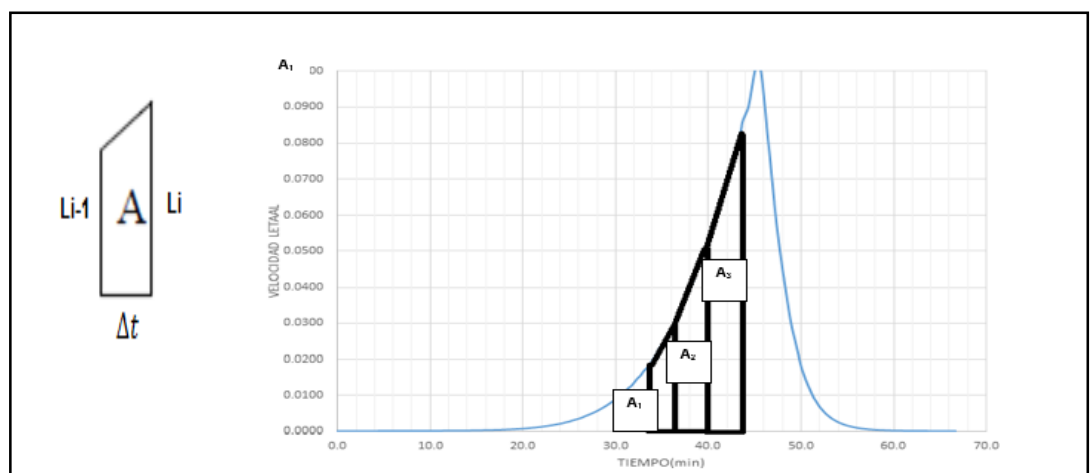


Figura 9: Integración de un área bajo la curva mediante el método del trapezoide

Fuente: Sharma et al. (2003).

b) MÉTODOS MATEMÁTICOS

Para este método matemático se utilizarán las curvas de calentamiento y enfriamiento donde se obtendrán los parámetros de penetración de calor para diseñar o evaluar un proceso. “El diseño implica determinar el tiempo que se necesita para alcanzar cierta letalidad. La evaluación incluye determinar la letalidad alcanzada por el proceso” (Sharma et al. 2003).

▪ Método de Ball

“Ball ha propuesto una fórmula para calcular la letalidad en una nueva situación utilizando los valores de f (velocidad de penetración de calor durante el calentamiento y enfriamiento) y j (tiempo que transcurre antes que la velocidad de penetración de calor alcance f) obtenidos experimentalmente para un producto en particular. Este método implica utilizar la misma serie de valores f y j , los cuales pueden utilizarse con distintas temperaturas iniciales y temperaturas del medio de calentamiento sin necesidad de experimentación adicional. Además, se cuenta con fórmulas para convertir valores f a fin de que se ajusten a diferentes tamaños de lata” (Sharma et al. 2003).

La diferencia entre el método general y el de Ball o Stumbo, es que, para cada nueva situación, se necesitan datos experimentales. Si se utiliza una autoclave nueva, cambia la temperatura inicial del producto o cambian las temperaturas de la autoclave, o bien cambia el tamaño del envase, se necesitaría una nueva serie de datos experimentales. “Ball propone una fórmula para calcular la letalidad utilizando los valores de f y j obtenidos experimentalmente, para un producto en particular. Este método implica utilizar la misma serie de valores f y j , los cuales pueden utilizarse con distintas temperaturas iniciales y temperaturas del medio de calentamiento sin necesidad de experimentación adicional. Además, se cuenta con las fórmulas para convertir valores f a fin de que se ajusten a diferentes tamaños de envase” (Sharma et al. 2003).

Sharma et al. (2003) afirman que la propuesta de Ball, da resultados confiables en cuanto a la siguiente simplificación señalando, “la temperatura de la autoclave empieza a ascender desde el tiempo 0 hasta el tiempo en que se alcanza la temperatura de procesamiento. Durante este tiempo t_c (de levante), la velocidad letal está cambiando constantemente. Ball propuso reemplazar esta curva por otra que permanece a la temperatura inicial durante 58 % del tiempo de levante, luego cambia instantáneamente a la temperatura de procesamiento total, como se indica en la Figura 10”.

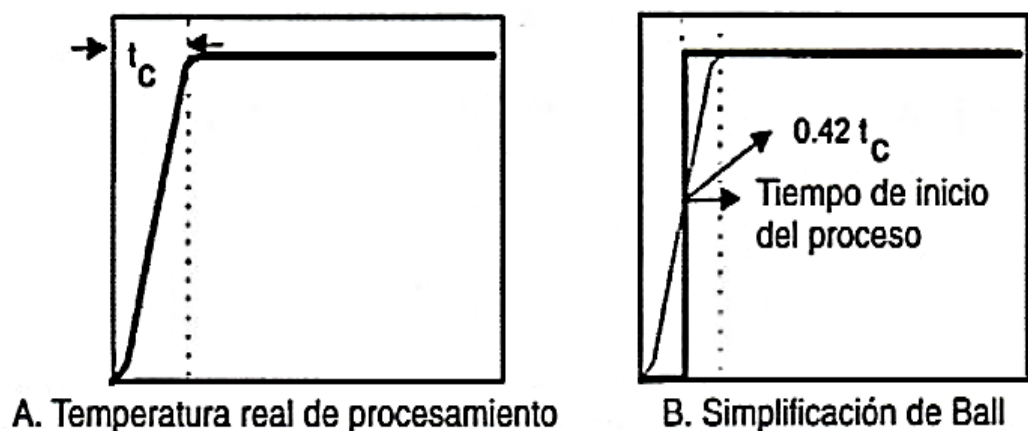


Figura 10: El tiempo de levante del proceso e inicio del tiempo de procesamiento de Ball.

Fuente: Sharma et al. (2003).

Entonces se tiene los siguientes términos que define Ball, que aparecen en la Figura 11.

- t_c = “(Come Up Time –CUT), es el tiempo en el que la retorta alcanza su temperatura de operación contando a partir del momento en el que se abre su válvula de vapor de calefacción (del orden de 10 minutos normalmente)”.

- t_p = “tiempo de procesamiento: Tiempo durante el que la autoclave mantiene la temperatura de procesamiento”.

- t_h = “Tiempo total de calentamiento = $t_c + t_p$ ”.

- t_B = “Tiempo de procesamiento de Ball = $0.42 t_c + t_p$ ”.

“En el método de la fórmula de Ball, se hace la suposición de que la autoclave se halla a la temperatura de procesamiento durante todo el tiempo de procesamiento de Ball, pero que no hay ningún tratamiento térmico antes de que comience el procesamiento Ball” (Sharma et al. 2003).

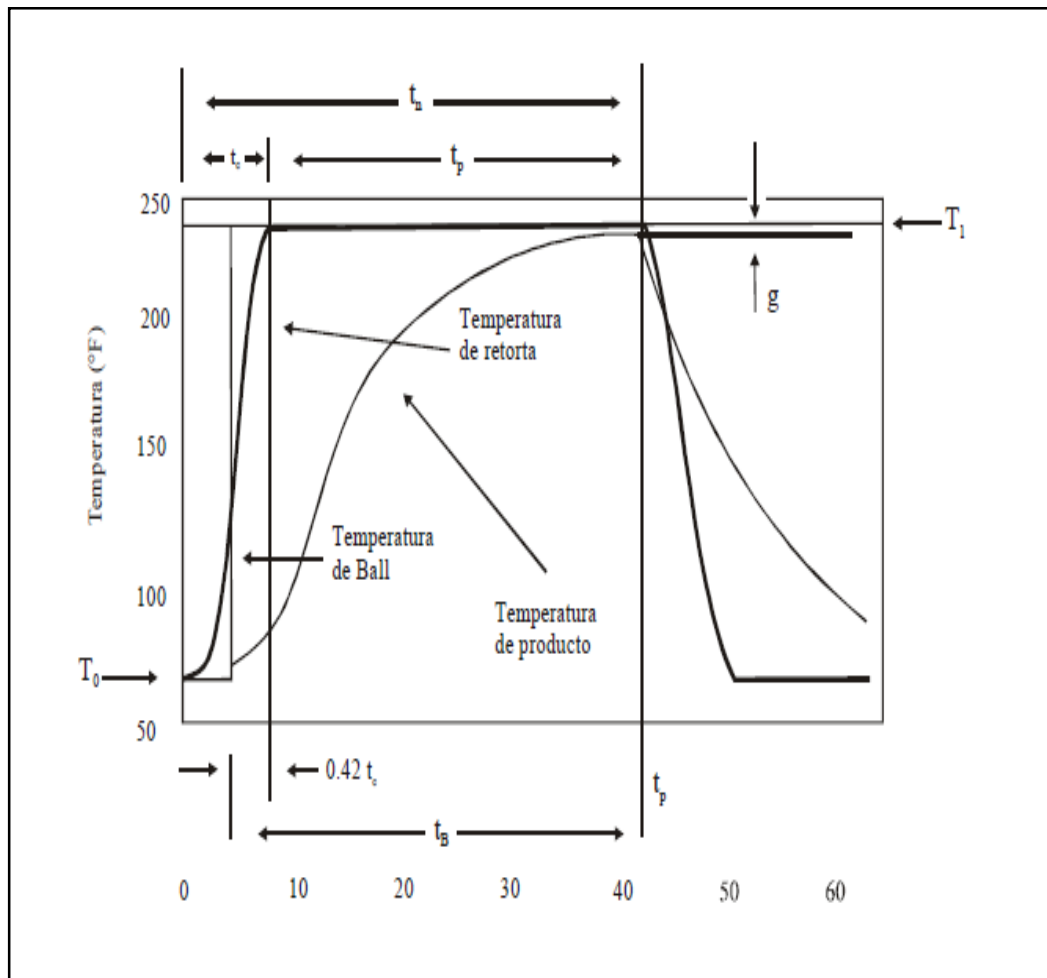


Figura 11: Términos utilizados por Ball en su método de cálculo.

Fuente: Sharma et al. (2003).

Gráficamente, “se debe mover la intersección aparente al comienzo del tiempo de procesamiento de Ball como se muestra en la siguiente Figura 12” (Sharma et al. 2003).

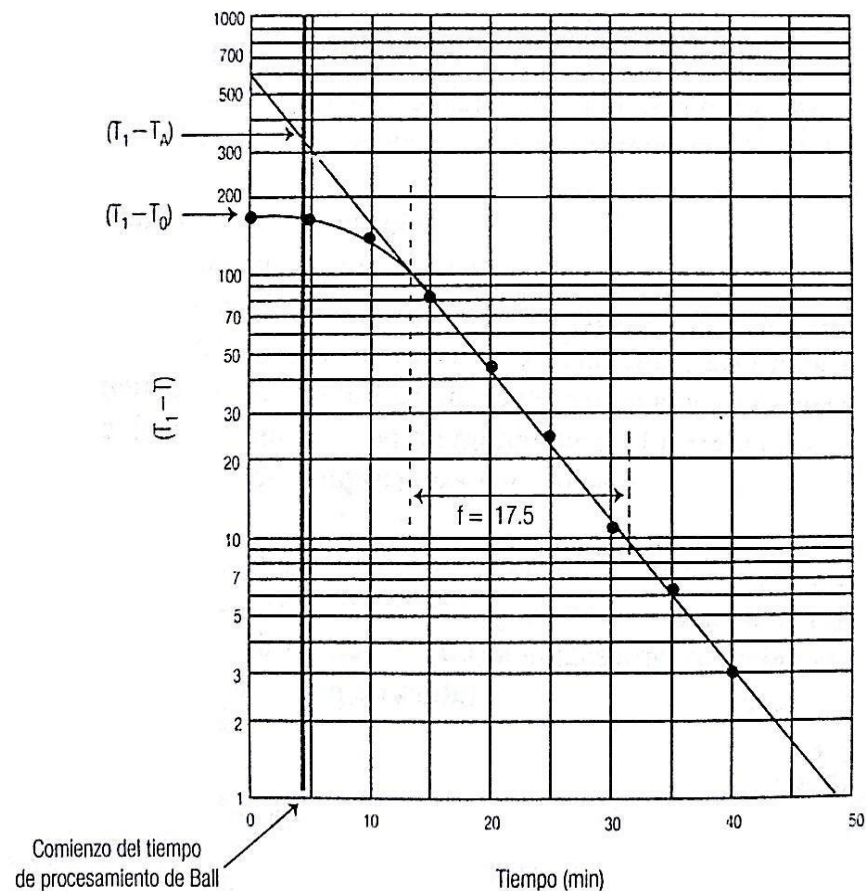


Figura 12: “Curva representativa de diferencia de temperatura contra tiempo en papel semilogarítmico que indica el comienzo del tiempo de procesamiento de Ball y el punto de intersección aparente de Ball”.

Fuente: Sharma et al. (2003).

Sharma et al. (2003) señala, “se utiliza el tiempo de procesamiento de Ball, la curva de calentamiento se convierte tal como se demuestra en la siguiente ecuación”:

$$\text{Log } (T_R - T_i) = -\frac{t}{fh} + \text{Log } [j_h (T_R - T_o)] \quad (\text{Ec.9})$$

Si en la ecuación (12) se asigna: $y = \text{Log } (T_R - T_i)$, $b = \text{Log } [j_h (T_R - T_o)]$; $x = t$; $m = -\frac{1}{fh}$; se obtiene la ecuación $y = b + mx$, que es la ecuación de una línea recta; cuyos valores de m y b se determina por una regresión lineal (Condori, 2002).

La temperatura del medio de calentamiento (T_R), es la base para este análisis y permite establecer la escala del gráfico de calentamiento. Un error en T_R podría causar un error en f_h (velocidad de penetración de calor durante el calentamiento) y j_h (factor de retraso en el calentamiento) (Condori, 2002).

Si se define $g = T_R - T_i$, la diferencia entre la temperatura de la retorta y la temperatura máxima del alimento (Veasé en la Figura 13), la ecuación (10) se transforma en:

$$\text{Log}(g) = -\frac{t}{f_h} + \text{Log}[j_h (T_R - T_0)] \quad (\text{Ec. 10})$$

Empleando esta ecuación, se puede calcular g para cualquier tiempo de procesamiento de Ball. De manera inversa, se puede calcular el tiempo de procesamiento de Ball para cualquier g deseada con la ecuación.

$$t_B = f_h \log\left(\frac{j_h (T_R - T_0)}{g}\right) \quad (\text{Ec. 11})$$

Sharma et al. (2003) señala que el método de Ball hace las siguientes suposiciones:

- “Que $f_h = f_c$, esto es la curva de calentamiento y la curva de enfriamiento tienen la misma pendiente”.
- “Que $j_c = 1.41$ ”.
- “Que la transición de calentamiento a enfriamiento es un segmento de una parábola en una gráfica semilogarítmica”.
- “Que la temperatura del medio de enfriamiento es 180 °F inferior a la temperatura del medio de calentamiento”.

Si se cuenta con la siguiente información, es posible utilizar el método de Ball para calcular el tiempo de procesamiento de Ball que se necesita para un proceso.

- T_i = “temperatura inicial del producto”.
- T_R = “temperatura de la autoclave”.
- F_0 = “letalidad que se va a alcanzar”.

$$f_{h/U} = \frac{f_{h \times L}}{F_0} \quad (\text{Ec. 12})$$

Una vez utilizada la tabla del Anexo 7, para dar con el valor $\log(g)$ para ese $f_{h/U}$, ya con este valor $\log(g)$ se puede calcular el tiempo de procesamiento de Ball t_B utilizando la ecuación (10). “En la práctica, t_B es contado desde el punto en que la retorta alcanza la temperatura de proceso, para evitar la probabilidad que surjan errores de la necesidad de corregir el tiempo de levante” (Toledo, 1999).

▪ **Método de Stumbo.**

Toledo (1999) señala. “Este modelo utiliza como base el modelo matemático de ball, sugiriendo la incorporación de otro parámetro $f_{h/U}:g$. Elaborando para ello nuevas tablas para dicho parámetros, respecto a distintos valores del factor de retraso de enfriamiento del proceso j_c , cada tabla corresponde a un diferente valor de constante de muerte térmica ($Z=16^\circ\text{F}$)”.

“Stumbo ha tabulado los valores de $f_{h/U}$ vs g con j_c como parámetro. El valor j_c influye fuertemente en la contribución de la parte de enfriamiento a la letalidad total. En general los valores de j_c son mayores que los j_h . En la ausencia de j_c , j_h puede ser usado y el error hacia un tiempo de proceso más largo o el lado seguro con relación a la descomposición” (Toledo, 1999).

Productos que exhiben curvas de calentamiento quebradas.

El calentamiento y enfriamiento de estos productos son a menudo no uniformes a lo largo de todo el contenido.

“No existe método disponible para integrar todos los efectos letales en todos los puntos de contenido. No existen métodos disponibles para integrar todos los efectos letales en todos los puntos de contenido del producto. Hasta que se desarrolle un método disponible, se sugiere considerar $F_C = F_S$ (F_C , es el valor F recibido por el centro geométrico de un envase durante el proceso; F_S es el valor letal integrado del calor recibido por todos los puntos de un

envase durante el proceso). Esto podría resultar en un sobre proceso, pero hasta que no existan métodos más adecuados es el procedimiento más seguro. En otras palabras, todos los productos serán tratados como si estos se calentaran por convección” (Stumbo, 1973).

Muchos productos exhiben curvas de calentamiento que deben ser representados con dos líneas rectas, luego del retraso inicial.

Ball (1923), citado por Stumbo (1973), afirma “se desarrolló ecuaciones para evaluar procesos para productos cuya curva de calentamiento muestra más de un quiebre. Para evaluar estos, es recomendable que el método matemático. Incluso para evaluar procesos para productos que presentan un solo quiebre, el procedimiento matemático debe ser usado con mucha precaución, y se debe demostrar que la ruptura en la curva se produce constantemente en aproximadamente en el mismo lugar. Cuando la curva de calentamiento es quebrada, no debería realizarse intentos para convertir los datos de penetración de calor de un conjunto de condiciones a otro”.

“Esto significa que, desde una temperatura de la retorta, una temperatura inicial, o un tamaño de lata a otro. A menudo, la ruptura en la curva no se produce en el mismo lugar” (Sumbo, 1973).

Cuando la curva de calentamiento es quebrada se da la siguiente relación:

$$F = \frac{f_2}{(f_h / U_{h2})F_i} - \frac{r(f_2 - f_h)}{(f_h / U_{bh})F_i} \quad (\text{Ec. 13})$$

(Ver Figura 13).

- F_2 = “tiempo en minutos, para la segunda porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en travesar un ciclo logarítmico”.
- f_h / U_{h2} = valor de f_h / U correspondiente al valor de g al final del calentamiento. Para obtener este valor de las tablas $f_h / U:g$, el valor j_c observado debe ser usado.

- f_h = “tiempo en minutos, para la primera porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en atravesar un ciclo logarítmico”.

“ fh/U_{bh} = valor fh/U correspondiente al valor de g en el tiempo en que el quiebre ocurre. Para obtener este valor de las tablas $fh/U:g$, debe ser usado el valor jc observado, porque el cambio en el producto ha ocurrido, y si fuera enfriando en este punto, el enfriamiento procedería de manera similar que al final del proceso” (Stumbo, 1973).

- r = “Factor de proporcionalidad”.
- F_i = “Inversa de la velocidad letal” (Stumbo, 1973).
- El t_B se calcula con la siguiente ecuación

$$T_B = fh \text{ Log } (J_h X l_h) + (J_h X l_h) \log g_{bh} - fh \log g_{bh} \quad (\text{Ec. 14})$$

Dónde:

- f_h = “tiempo en minutos, para la primera porción recta de la curva de calentamiento, que se demora en atravesar un ciclo logarítmico”.
- J_h = “factor de retraso de calentamiento en el punto de medida de temperatura”.
- $l_h = T_i - T_0$.
- g_{bh} = “ g al tiempo en que ocurre el quiebre en la curva”.
- g_{bh} = “ g al final del calentamiento” (Stumbo, 1973).

Stumbo (1973) señala que “para determinar el valor de r se usa la gráfica de relación entre $\log(g)$, g y r ; (Anexo 8). Debe notarse que el valor de r varía ligeramente con la variación de $l_c + g$ ($m + g$, para Ball). Considerando otras variables, las variaciones en r debido a variaciones en $l_c + g$ son despreciables”.

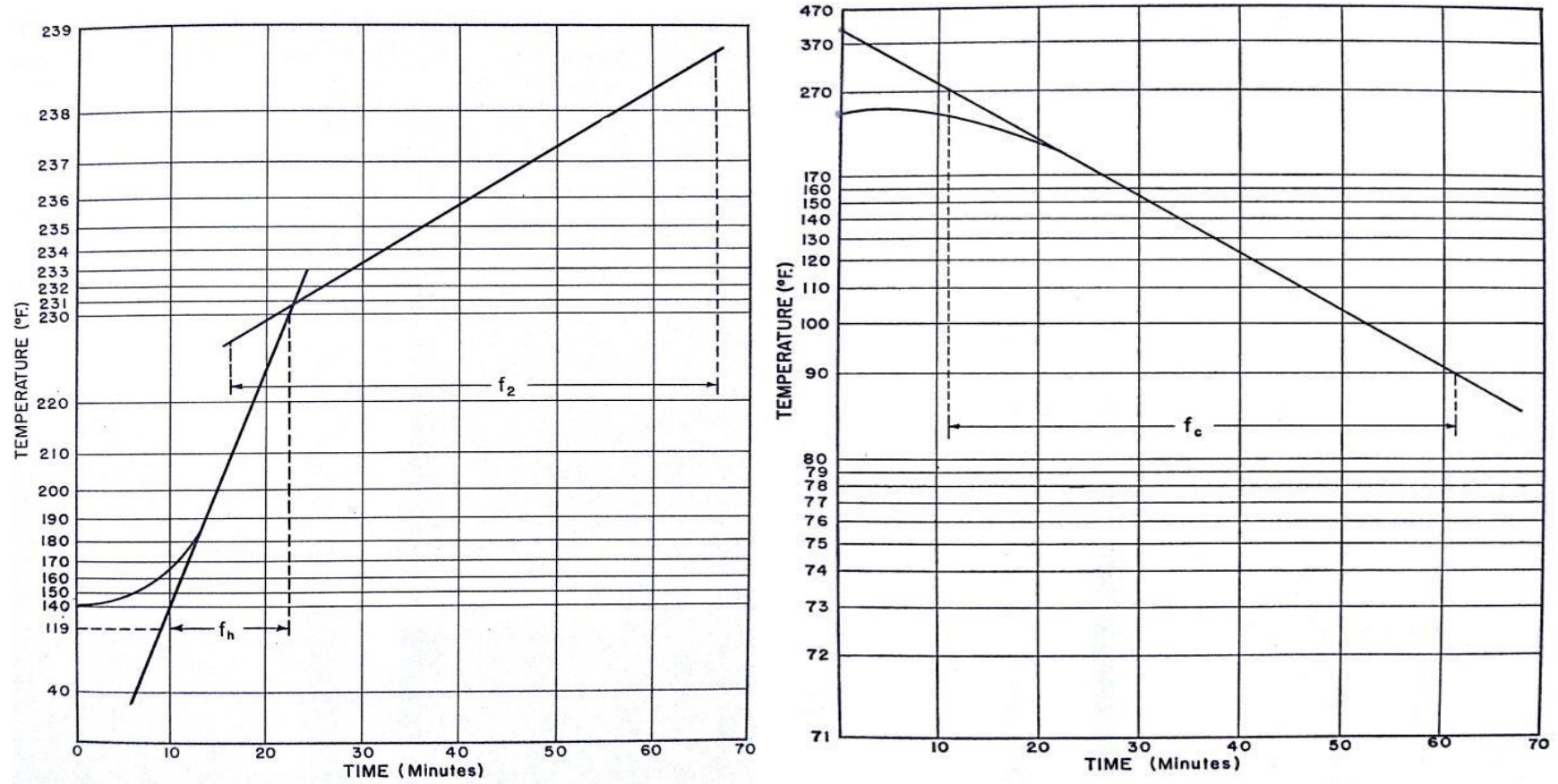


Figura 13: curvas semilogarítmicas de calentamiento (izquierda) y enfriamiento (derecha).

Fuente: Stumbo (1973).

1.4 ENLATADOS DE ALIMENTOS.

Una de las formas de realizar la conservación de alimentos, es mediante el enlatado de alimentos. (Sharma et al. 2003) señala. “Es el procedimiento para conservar alimentos envasándolos en recipientes herméticamente cerrados, calentándolos para destruir microorganismos patógenos y causantes del deterioro y sus esporas, así como para inactivar enzimas”. De esta manera a base de este procedimiento se buscará, contener la pulpa enlatada herméticamente cerrada, para así evitar deterioro y/o alteración, productos de microorganismos. En la tabla 7, se presentan los tamaños de latas comúnmente utilizadas para el envasado de frutas y hortalizas.

Entre los envases principales tenemos a las latas cuya fabricación es de hojalata que es de una lámina muy delgada a base de acero (99 % de acero y 1 % de estaño). En la industria de alimentos, los más utilizados, es el envase metálico cilíndrico de doble cierre (ver Figura 15), el cual puede ser de acero o aluminio, que cumpla los requisitos de poder ser sellado herméticamente y así garantizar la conservación de los productos alimenticios durante su procesamiento y posterior almacenamiento (Miranda y Teixeira, 2012).

Tabla 7: Clasificación de los enlatados según su pH y microorganismo de referencia.

Tipo de lata	Dimensiones (Pulg)(diámetro x altura)	Capacidad de líquido (mL)	Ejemplo de productos en los que se usa
Infantil	202 x 211	130	Jugos para bebés
	211 x 200	125	Pimiento o chiles en salmuera o escabeche.
Núm. 1	211 x 400	310	Chicharos en salmuera
Núm. 303	303 x 406	450	Hortalizas en salmuera y sopas
Núm. 1 1/2	301 x 411	480	Néctares de frutas
Núm. 2	307 x 512	750	Hortalizas en salmuera
Núm. 2 1/2	401 x 411	850	Frutas en almíbar
Núm. 3	404 x 700	1465	Jugos y purés

A continuación

Núm. 10	603 x 700	3100	Frutas en almíbar y hortalizas en salmuera para uso institucionales (restaurantes, Hospitales, etc)
--------------------	-----------	------	---

Fuente: López, (1981); citado por Bosquez y Colina, (2012)

1.4.1 LOS RECUBRIMIENTOS PARA LOS ENTADOS DE FRUTAS Y HORTALIZAS.

Bosquez y Colina (2012) señala que el recubrimiento interno previene la interacción química del alimento con el metal del envase, mejora la apariencia interna de la lata y prolonga la vida útil del producto. El recubrimiento externo protege la lata de la corrosión por agentes ambientales como el oxígeno y la humedad y tiene, además una función decorativa. A los recubrimientos protectores para el interior de los envases se les denomina lacas o esmalte (sanitarios).

- **Lacas epoxi-fenólicas.**

Las lacas epoxi-fenólicas, de aspecto dorado, se ocupan para una amplia diversidad de alimentos tanto ácidos como no ácidos. Una modificación de estas lacas es el **barniz blanco universal**, (Ver Figura 14) que posee una mayor adherencia que cualquier otra laca y excelentes propiedades de flexibilidad y resistencia química. Su uso se ha difundido ampliamente debido a que se adapta a muy diversos productos (pescado, carne, productos vegetales y frutas) y debido a su agradable aspecto blanco brillante. Sus características de flexibilidad y adhesión permiten que sea empleado no solo en los cuerpos de los envases sino también en tapas, cierres metálicos entre otros (Bosquez y Colina, 2012)



Figura 14: Barniz blanco para productos vegetales y frutas.

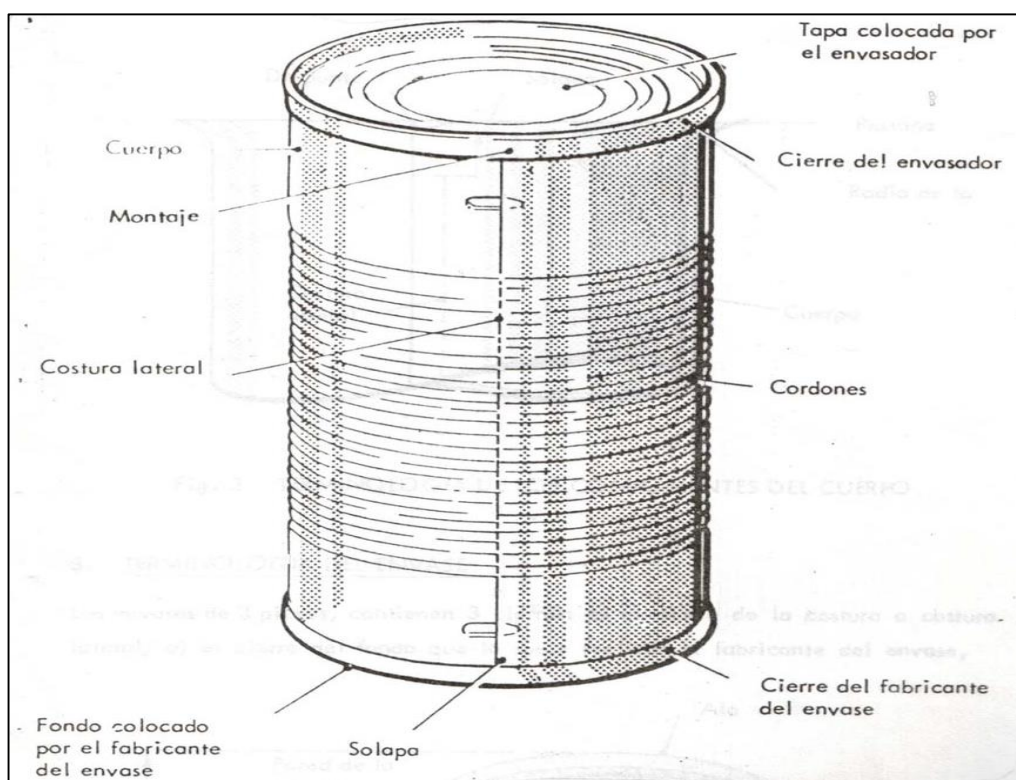


Figura 15: Partes en un envase de hojalata para alimentos

Fuente: Miranda y Teixeira, (2012).

Las especificaciones de un envase o componentes de un doble cierre se muestran en el Anexo 14.

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LUGAR DE EJECUCION.

El trabajo de investigación se lleva a cabo en la Planta Piloto de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios (TAPA) y en los laboratorios de físico químico de Calidad Total La Molina, instalaciones pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

2.2.1 MATERIA PRIMA.

Para el estudio se utilizó copoazú (*Theobroma grandiflorum*), en estado fresco procedentes de la Provincia de Tambopata, distrito Iberia, departamento Madre de Dios.

2.2.2 REACTIVOS.

- ❖ Solución de fenolftaleína.
- ❖ Hidróxido de sodio (0,1 N)
- ❖ Hidróxido de sodio (0,4 N)
- ❖ Hidróxido de sodio (1,25 %)
- ❖ Solución felling (0,05%)
- ❖ Ácido clorhídrico 6.34 N.
- ❖ Éter etílico
- ❖ Eter de petróleo.
- ❖ Ácido sulfúrico (1,25 %)
- ❖ Ácido sulfúrico (0,1 N)
- ❖ Sulfato de cobre.
- ❖ Sulfato de potasio.

- ❖ Soda caustica (0,1 N)
- ❖ Indofenol.

2.2.3 MATERIALES DE LABORATORIO.

- ❖ Pipeta volumétricas 10 mL.
- ❖ Balón boca ancha 100 y 250 mL
- ❖ Vasos precipitados 200 y 600 mL
- ❖ Agitador magnético.
- ❖ Matraces 250,300 y 500 mL.
- ❖ Probetas 100 mL.
- ❖ Crisoles de porcelana.
- ❖ Papel filtro Whatman N° 4
- ❖ Embudos.
- ❖ Bagetas y Placas Petri.
- ❖ Fiola 250 mL.

2.2.4 MATERIALES PARA EL PROCESO.

- ❖ Envases de hojalata de 425 mL. (recubierto con barniz de grado alimentario, de forma cilíndrica de dimensiones: 11 cm de altura, por 73 mm).
- ❖ Cocina industrial.
- ❖ Canastillas metálicas.
- ❖ Ollas.
- ❖ Cocinilla eléctrica.
- ❖ Mesa de acero inoxidable.
- ❖ Utensilios: tinas, baldes, coladores, espátulas y cucharas.

2.2.5 EQUIPOS

- ❖ DATA TRACE TEMP SYSTEM ®
- ❖ Pulpeadora VULCANO (2,9 mm)
- ❖ Refinadora (0,5 mm).
- ❖ Cronometro.
- ❖ Termómetro.

- ❖ Refractómetro.
- ❖ Potenciómetro.
- ❖ Balanza de electrónica Adventurer Pro AV812.OHAUS CORPORATION
®, USA. Capacidad 810 g, d=0,01 g.
- ❖ Balanza analítica.

2.3 METODOS DE ANÁLISIS.

2.3.1 Análisis Físico químico.

Los análisis físicos químicos de la pulpa de copoazú, fue realizado en los laboratorios de físico química de Calidad Total, instalaciones pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM. Los análisis y sus respectivas normas se muestran en el Tabla 8.

Tabla 8: *Análisis Físico Químico de la pulpa, métodos y sus respectivas normas.*

ANALISIS	NORMA
Humedad (g/100 g)	AOAC 920.151 (2012)
Proteína (g/100 g)	AOAC 920.152 (2012)
Grasa (g/100 g)	AOAC 930.009 (2012)
Fibra cruda (g/100 g)	NTP 205.003(1980),Rev.2012
Cenizas (g/100 g)	AOAC 940.26 (2012)
Carbohidratos	Por diferencia
Azúcares reductores (g/100 g)	NTP 209.173(1999)
pH	NTP 203.108(1989),Rev.2012
Acidez titulable (%)	NTP 203.070(1977),Rev.2012
Vitamina C (g/100 g)	AOAC 940.26 (2012)
Sólidos solubles (brix).	NTP 203.072(1977),Rev.2012
Medición del vacío	NTP 203.077(1977),Rev.2012

Fuente: Laboratorio de Análisis Físico Químico de Calidad Total La Molina, (2015).

2.3.2 ANALISIS MICROBIOLÓGICO.

Según lo indicado por el Ministerio de Salud (2008), en la NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01, para semiconservas de $\text{pH} < 4,6$; se realizan los siguientes análisis:

- ❖ Mohos ICMSF (2000), expresados en UFC/g.
- ❖ Levadura ICMSF (2000), expresados en UFC/g.
- ❖ Bacterias aerobias mesófilas ICMSF (2000), expresados en UFC/g.

2.3.3 ANALISIS ESTADÍSTICO.

A. De la evaluación del efecto del proceso en la vitamina C.

El proceso fue realizado por triplicado, expresando los resultados como la media de tres determinaciones \pm error estándar. Los resultados de cada etapa se comparan entre sí y con respecto a la materia prima.

Las diferencias estadísticamente significativas entre las medias, considerando un intervalo de confianza del 95 % ($p < 0,05$), se analizan en base a un DCA, considerando un solo factor categórico (proceso de producción de la pulpa enlatada de copoazú) con tres niveles (etapas del proceso), realizando análisis de varianza y las correspondientes pruebas de comparación de Tukey.

Los análisis estadísticos se corren con el programa Statgraphys Centurion XV. II. Este análisis se muestra en el Anexo 9.

2.4 DISEÑO DE INVESTIGACION.

El presente trabajo de investigación se realizó en cuatro etapas: caracterización de la materia prima (E1), Determinación del tratamiento térmico en la elaboración de pulpa de copoazú enlatada (E2), evaluación del efecto del proceso productivo de la pulpa de copoazú enlatada sobre la

vitamina C (ácido ascórbico) (E3) y evaluación del producto final (E4). En la E2 y E3 se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA). En la figura 16 se puede observar el esquema experimental que siguió el trabajo de investigación.

En la Figura 16, se muestra el esquema experimental para determinar el proceso y parámetros de producción, evaluando su efecto en la vitamina C, de la pulpa de copoazú.

A. Caracterización de la materia prima.

Los frutos de copoazú seleccionados y clasificados fueron caracterizados en: tamaño, composición proximal, sólidos solubles, acidez, pH y azúcares reductores. Asimismo, se realizó el análisis microbiológico con el objetivo de tener referencia de la contaminación microbiana inicial de la materia prima.

Al fruto fresco también se analizó la vitamina C.

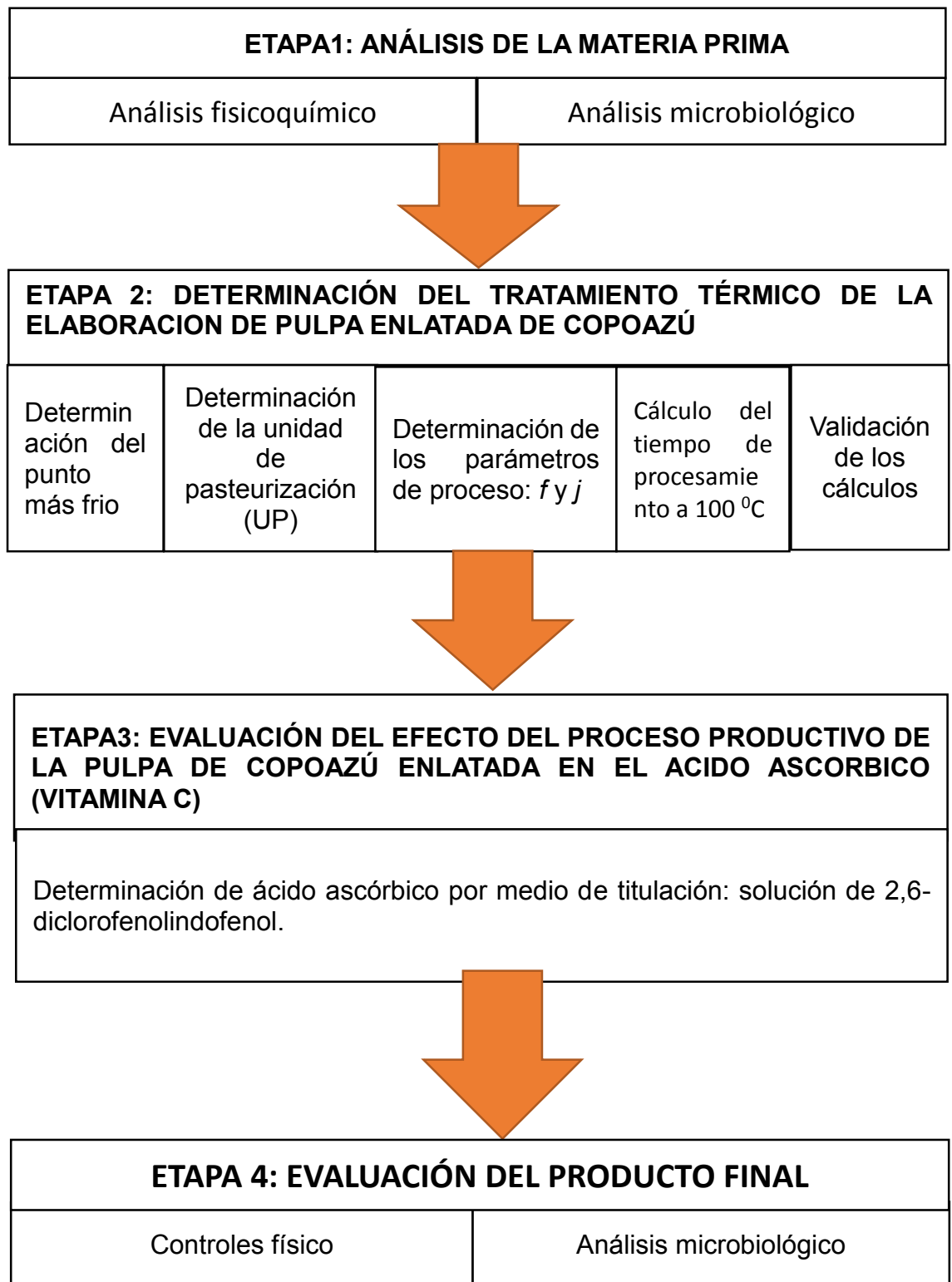


Figura 16: Esquema experimental que se siguió en la investigación.

B. Determinación del tratamiento térmico en la elaboración de pulpa de copoazú enlatada.

El envase utilizado para el enlatado de pulpa de copoazú fue de acero de hojalata, con una capacidad nominal de 15 onzas/430 mL, un diámetro de 73 mm y una altura de 11 cm. La tapa es de material de hojalata barnizado en la parte inferior.

Se utiliza el programa DATA TRACE TEMP SYSTEM ® (Ver Anexo 10), para monitorear la cinética de calentamiento a 100 °C (agua en ebullición) y enfriamiento de la pulpa de copoazú envasado en envases de hojalata cerrado con una tapa hermética. El monitoreo se realiza en un punto equidistante: a $\frac{1}{3}$ de distancia desde la base. Así como se puede observar en la Figura 17.



Figura 17: Ubicación de los sensores en los envases para la determinación del punto crítico de calentamiento en el producto.

▪ Determinación de las unidades de pasteurización (UP).

Se realizó el diseño del tratamiento térmico para determinar las unidades de pasteurización (UP), con las cuales se obtiene una determinada reducción de la población microbiana inicial (bacteria ácido láctica, mohos y levaduras) en el producto justo antes de ser sometido a tratamiento térmico. Dicha

reducción es determinada de acuerdo a un nivel aceptable de riesgo asumible y se utiliza como referencia al *Byssochlamys fulva* (moho de mayor termorresistencia) cuya temperatura de referencia es 93,3 °C; D=1 minuto y Z= 8,9 °C, valores recomendados por Hurtado, (1975).

Según Rees y Bettinson (1994), *Byssochlamys fulva* es el moho que, con mayor frecuencia, origina alteraciones en productos ácidos conservados por el calor. Stumbo (1973) y Frizier (1981) indican que *Byssochlamys fulva* es uno de los microorganismos más termorresistente en alimentos ácidos (pH<4.0), que fermenta la pectina y cuyas ascosporas pueden resistir tratamientos térmicos causando alteraciones en alimentos envasados.

▪ **Determinación del tiempo de proceso.**

Para determinar el tiempo de proceso, se somete a la pulpa a un tratamiento térmico a 100 °C, colocando los sensores en la pulpa de copoazú envasado (duplicado) y adicionalmente un tercer sensor en el medio de calentamiento, temperatura equivalente a la retorta. Controlando en el punto más frío, la temperatura del producto y el tiempo en el que se acumula la letalidad deseada (UP).

Según las UP y el tiempo de proceso determinados, se trata térmicamente el producto (muestra por duplicado), procesándose los datos obtenidos mediante el método general indicado por la técnica de rectángulos y los métodos de la fórmula de Stumbo y Ball evaluando los tratamientos para verificar el cumplimiento de los parámetros obtenidos en el diseño.

▪ **Determinación de los factores de las curvas de calentamiento y enfriamiento.**

Se evaluaron los datos generados en el tratamiento térmico de la pulpa de copoazú, mediante el método general o gráfica, verificando el cumplimiento de las UP en el tiempo de proceso dado. Los resultados fueron corroborados con los datos generados por el programa DATA TRACE TEMP SYSTEM. Se

calculó los factores de las curvas de calentamiento y enfriamiento mediante el método de Stumbo.

- **Validación del tratamiento térmico.**

Se evaluó el contenido de bacteria no esporuladas, mohos y levaduras en el producto después del tratamiento térmico para validar la efectividad del mismo.

C. Evaluación del efecto del proceso productivo de la pulpa de copoazú enlatada sobre la vitamina C (ácido ascórbico).

Se determinó la variación de la vitamina C, durante el proceso de elaboración de la pulpa de copoazú, calculando los porcentajes parciales y acumulados en cada etapa. Así mismo, se determinó la retención de dicho compuesto, en comparación con la composición inicial del fruto fresco.

En la Figura 26, se describe las etapas del proceso tecnológico establecido para la obtención de pulpa de copoazú enlatada.

- **Materia prima.**

La materia prima utilizada para el procesamiento de la pulpa enlatada de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) fueron cosechados del distrito de Iberia, Departamento de Madre de Dios.

- **Selección y clasificación.**

La selección consistió en separar toda materia prima que se encuentre en estado de deterioro ya sea por daños mecánicos, físicos o biológicos (ver Figura 18). Esta operación se llevó a cabo manualmente, en mesas de acero inoxidable.



Figura 18: Selección y clasificación de la materia prima.

▪ **Lavado.**

Es una operación que tiene por finalidad separar los contaminantes extraños adheridos a la materia cuya operación se realizó con ayuda de una escobilla doméstica para retirar toda la capa adheridos a la corteza del fruto (Ver Figura 19).



Figura 19: Lavado de la materia prima.

▪ **Desinfección.**

Los frutos de copoazú se lavaron mediante inmersión en agua con hipoclorito de sodio 0.5-1.0% durante 10 minutos. Posteriormente se enjuagaron y se dejan escurrir. El principal objetivo es el de eliminar toda infección traída del campo. Así como se muestra en la Figura 20.



Figura 20: Desinfección de la materia prima.

▪ **Cortado.**

El fruto se rompió empleando un mazo grande con el que se golpea enérgicamente la corteza para extraer la masa pulpa y semilla. Tal como se muestra en la Figura 21



Figura 21: Cortado o partido de la materia prima.

▪ **Pulpeado-refinado.**

Se realizó en una pulpeadora (malla con orificios de 2.9 mm de diámetro). Luego, la pulpa obtenida se refina (malla con orificios de 0.5 mm de diámetro), separando fibra y semilla (Ver Figura 22).



Figura 22: Pulpeado y refinado de la materia prima.

▪ **Pre calentamiento.**

Se calentó el producto aproximadamente a 60 °C, para contribuir a la desairación de la pulpa y a la posterior generación de vacío en el espacio de cabeza.

▪ **Envasado.**

La pulpa se envasó caliente en envases de hojalata con una capacidad de aproximada de 425 mL (Ver Figura 23). Dichos envases fueron previamente lavados y desinfectados (solución de hipoclorito de sodio 0.5%) y escurridos.



Figura 23: Envasado de la materia prima.

- **Evacuado.**

Se realizó con la finalidad de formar el vacío en los envases; estos envases fueron llevados por medio de una cadena transportadora hasta el exhauster, donde tardaron en atravesar el túnel un tiempo de 5 minutos a una temperatura de 80 °C formándose de esta manera el vacío necesario para una buena conservación del producto. A continuación, se muestra en la Figura 24.



Figura 24: Evacuado de la materia prima.

- **Cerrado.**

Una vez que los envases atravesaron el exhauster, fueron cerrados herméticamente, en una selladora semiautomática, y preparados para la pasteurización.

- **Pasteurización.**

La pulpa envasada se sometió a pasteurización a una temperatura de 100 °C durante el tiempo de 40 minutos aproximadamente. Los envases de hojalata, llenos y cerrados, fueron colocados en el interior de una canastilla de metal para luego ser introducidos a la autoclave horizontal.

Se utilizó el sistema DATA TRACE TEM SYSTEM ® para monitorear la cinética de calentamiento y enfriamiento del producto, en el punto más frío.



Figura 25: Pasteurizado de la materia prima.

- **Enfriado.**

El producto enlatado se enfrió con agua fría hasta que el producto llegue a un aproximado de 40 °C, para contribuir a preservar su calidad.

- **Almacenamiento.**

Luego de terminado el proceso de elaboración del enlatado, el producto será almacenado a temperatura ambiente.

D. Caracterización del producto final.

Se caracterizó la pulpa de copoazú, haciendo los análisis físico-químicos tales como: sólidos solubles, % de acidez, azúcares reductores y vacío en el espacio de cabeza dentro del envase. Asimismo, se realizó el análisis microbiológico de la pulpa de copoazú enlatada.

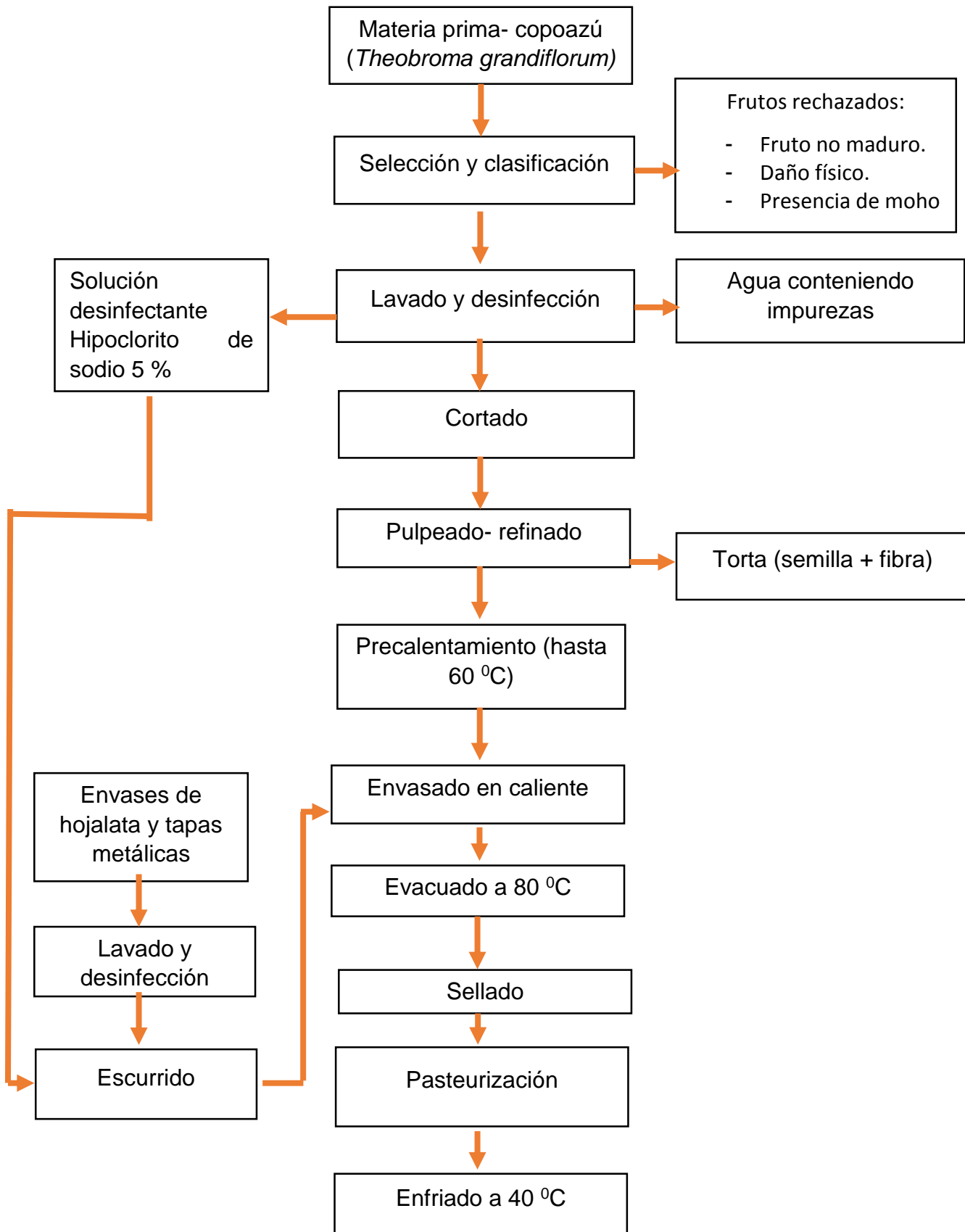


Figura 26: Diagrama de operaciones para la obtención de pulpa enlatada de copoazú.

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1 ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA.

3.1.1 Análisis fisicoquímico.

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la pulpa de copoazú, expresado en base húmeda se muestran en el Tabla 9.

Tabla 9: Análisis fisicoquímico de la pulpa de copoazú.

Componente	Contenido (%)			
	*Muestra	Villachica (1996)	LABRON-UAGRM (2000),	INIAP Y SENACYT (2008)
Humedad (g)	88,8 ± 0,03	89,00	87,5	87,27
Proteína.	0,85 ± 0,02	0,923	0,53	1,31
Extracto etéreo (g)	0,02 ± 0,02	0,53	0,00	0,41
Fibra (g)	1,22 ± 0,01	0,50	0,57	1,04
Ceniza (g)	0,67 ± 0,01	0,67	1,23	0,70
Carbohidratos (g)	13,67 ± 0,03	11,00	9,77	9,27
pH	3,00 ± 0,02	3,30	-	3,45
Brix	11,3 ± 0,01	10,80	-	11,17
Acidez (g)	1,51 ± 0,02	2,15	-	2,15
Aminoácidos (mg)		21,90		
Azúcares reductores (g)		3,00	-	6,29
Pectina (mg)		3 900	-	-

*Prueba realizado por triplicado ± desviación estándar.

Se puede observar que los valores obtenidos durante la evaluación fisicoquímica de la pulpa de copoazú se encontró 88,80 % de humedad, por lo tanto, se encuentra dentro del rango (89,00 a 87,27 %), reportado por los autores indicados en la Tabla 9.

El contenido de proteína y grasa del fruto son relativamente bajos, de 0,85 y 0,02 % respectivamente, siendo la proteína ligeramente inferior a lo reportados por Villachica (1996) y la INIAP (2008), y bastante lejano al

reportado por LABRON-UAGRM (2000). Mientras tanto el contenido de grasa hay un valor casi similar a los reportados por LABRON-UAGRM (2000), e inferior al reportado por Villachica (1996) e INIAP (2008). Al respecto Davies y albrigo (1994) señalan que los frutos en especial los que poseen característica cítrica tienen un bajo contenido de proteína y grasa, dentro de los cuales se puede considerar el copoazú.

El contenido de fibra cruda del fruto se encontró 1,22 %, valor superior a los reportados por Villachica (1996) y LABRON-UAGRM (2000) (entre 0,50 y 0,57% respectivamente), pero valor ligeramente superior al reportado por el INIAP (2008) (1,04 %).

El contenido de cenizas del fruto es de 0,67 %, valor que es similar a los reportados por Villachica (1996) e INIAP y SENACYT (2008) (0,50 y 0,70 % respectivamente) e inferior al valor de LABRON-UAGRM (2000) (1.23 %).

En cuanto al contenido de carbohidratos, los resultados son muy similares, se encontró un porcentaje de 13,67 %, frente al rango de (9,27 a 11,00 %) datos proporcionados los reportados presentado en la Tabla 9. Davies y Albrigo (1994) señalan que los carbohidratos en los frutos especialmente los que poseen característica cítricas están conformados por monosacáridos (glucosa y fructuosa) que se encuentran en mayor proporción en pulpas de frutas acidas.

Se encontró un pH promedio de 3,00, para la pulpa de copoazú lo que nos indica un que es un alimento acido estando dentro del rango de pH (3,30 a 3,45), corroborando con Villachica (1996) y INIAP y SENACYT (2008) respectivamente.

Así mismo se encontró un valor de solidos solubles de 11,30 °Brix similar al de INIAP y SENACYT (2000), quien encontraron valor 11,17 °Brix de sólidos solubles, similar al de la muestra y Villachica (1996) quien encontró un grado

Brix de 10,88; para la pulpa de copoazú, lo que demuestra que no hay tanta diferencia.

También se ha determinado una acidez titulable promedio para la pulpa de copoazú de 1,51 % expresados en porcentaje de ácido ascórbico que es el ácido predominante de la pulpa de copoazú, lo que se corrobora al resultado obtenido en el Cuadro 11, quienes encontraron una acidez titulable para la pulpa de copoazú con 2,15 % expresados en porcentaje de ácido ascorbico. Las diferencias encontradas en la acidez del fruto evaluada en la presente investigación se atribuyen a un estado de madurez mayor que los frutos evaluados por las investigaciones de referencia.

3.1.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la pulpa de copoazú, se muestran en el Tabla 10.

Tabla 10: *Análisis microbiológico de la pulpa de copoazú*

microorganismo	UFC/g
Mohos.	10x10 ²
Levaduras.	11x100 000

Fuente: La Molina Calidad Total Laboratorios (2014).

El análisis microbiológico efectuado al copoazú fresco dio como resultado un valor de 1 000 ufc /g de hongos totales y 11 x 100 000 ufc/g de levadura (ver Anexo 10). Estos análisis se dieron con el propósito de conocer el grado de carga microbiana que posee la materia prima y, a partir del dato de hongos en la materia prima, se calculó los parámetros cinéticos del microorganismo referencia para frutas en conservas (*Byssolchlamys fulva*) como los datos de penetración de calor en el enlatado para determinar el valor de pasteurización requerido para el procesamiento de la conserva de copoazú.

Asimismo, este valor encontrado en cuanto a la cantidad de números de hongos es relativamente bajo, y esto se debe a que el fruto del copoazú posee

una capa gruesa denominada “caparazón”, el cual recubre en forma natural el fruto carnoso, protegiéndolo así contra daños físicos y microbiológicos. Además, se hizo en un buen estado sanitario. Según Olliver y Rendle (1934), citados por Herson y Hulland (1994) el *Byssolchlamys fulva* contamina a la fruta en el campo y probablemente proviene del suelo. Según Herson y Hulland (1994), las levaduras debido a su escasa resistencia al calor rara vez toman parte en la alteración de los alimentos tratados por calor.

Análisis microbiológicos similares fueron efectuados en los productos frescos de mandarina y aguaymanto caracterizados como alimentos ácidos ($\text{pH} < 4.5$). Para el caso de la mandarina Obregón (2001), encontró un valor de 3 163 ufc/g como carga microbiana, un valor mucho mayor al del copoazú, y esto se debe a que el análisis se realizó sobre los gajos del fruto luego de pelarlos.

Encina (2005), encontró un valor de 1 020 ufc/g como carga microbiana para el aguaymanto, por lo que este resultado se asemeja a la carga microbiana del copoazú.

3.2 TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ENLATADO.

3.2.1 DETERMINACIÓN DEL PUNTO MÁS FRÍO.

De las curvas de historia tiempo-temperatura (Anexo 1) se calcularon los valores de proceso (Tabla 11). Los sensores se colocaron a 1/3 y 1/2 de distancia respecto la tapa del envase de la pulpa de copoazú.

Tabla 11: *punto más frío dentro del envase.*

Pasteurización equivalente	Ubicación del sensor en el envase	
	1/3	1/2
<i>P</i>_{8,9}₁₀₀	4,1	4,5

Prueba realizada por duplicado.

En la Tabla 10 se puede observar que el menor valor $P_{8,9,100}^{8,9}$ corresponde al sensor colocado a 1/3 de altura desde la base, esto nos da a conocer que es el punto de calentamiento más lento del alimento. Tal como señala Tamayo (2008), la determinación del punto crítico del producto se efectúa por comparación directa de los valores de letalidad de proceso, donde el valor más bajo indica el punto crítico.

Asimismo, se observa en la Tabla 12 y la Figuras 27, donde se encontró que el punto más lento de calentamiento está ubicado a 1/3 de altura desde la base (punto medio entre la base y el centro, ya que la velocidad de calentamiento f_h , es menor en dicho punto (mayor pendiente). Teniendo en cuenta lo indicado por Ball y Olson (1957), quienes hacen referencia que el punto más frío de un envase-producto es aquel que presenta el mayor valor f_h ,

En la Tabla 13 y la Figura 28, se muestra que la velocidad de enfriamiento f_c , también es menor. Al respecto, Fellows (1994) quien indica que los envases cilíndricos, de aquellos alimentos que se calientan por convección, el punto más frío se encuentra en un punto situado en el eje geométrico longitudinal, a un tercio de su altura, sin embargo, señala que, en los alimentos calentados por convección, la situación de este varía de acuerdo con el alimento y debe determinarse experimentalmente.

Sharma et al. (2003) y Stumbo (1973) reportaron que los productos que se calientan por convección, el punto más frío se sitúa sobre el eje vertical ligeramente más abajo del centro geométrico. Además, Nickerson y Sinskey (1978), indican que en los alimentos que se calientan por convección, el punto de calentamiento más lento se encuentra ubicado sobre el eje central, aproximadamente entre 1,90 a 3,81 cm del fondo, dependiendo si la lata es pequeña grande. Y por último Casp y Abril (1999), reportan que en los productos que se calientan por convección, en envases cilíndricos, el punto crítico se sitúa en el eje longitudinal a un quinto de la altura, medido de la base y en los que se calientan por conducción, el punto crítico se localiza en el

centro geométrico de su masa. Por estas razones, se puede decir que el calentamiento de pulpa de copoazú estudiada se realiza por convección lenta.

Tabla 12: *Punto más frío durante el calentamiento de la pulpa de copoazú envasada.*

CALENTAMIENTO			
Secciones del envase evaluadas		1/3 desde la base	1/2 altura desde la base
Tr (°C):Retorta	100	M4T11718	M4T11741
pendiente	1/fh	-0,0205	-0,0217
Intercepto	log (Tr-Tpih) en t=0	1,8389	1,8516
To: Temperatura inicial		56,10	55,6
Tpih (°C):Temperatura psudoinitial		47,52	48,71
fh: Velocidad de calentamiento		48,78	46,08
Jh:Factor de retraso		1,20	1,16

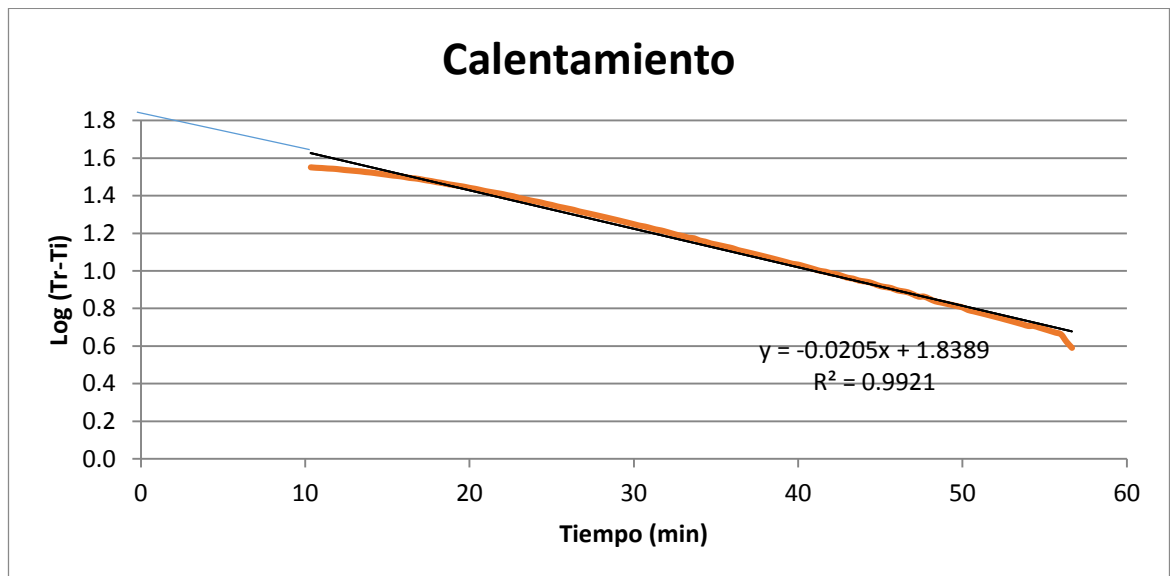


Figura 27: Proyección de la sección lineal de la curva logarítmica de penetración de calor en el punto ubicado 1/3 de altura de la base.

Tabla 13: *Punto más frío durante el enfriamiento de la pulpa de enlatada de copoazú.*

ENFRIAMIENTO			
Secciones del envase evaluadas		1/3 altura desde la base	1/2 altura desde la base
Tw (°C):agua de enfriamiento	20	M4T11718	M4T11741
pendiente	1/fh	-0,0152	-0,0169
Intercepto	log (Tr-Tpih) en t=0	1,9768	1,9582
Tpih (°C):Temperatura psudoinitial		114,80	110,82
fc: Velocidad de enfriamiento		65,36	59,17
Jh:Factor de retraso		1,27	1,21

Prueba realizada por duplicado.

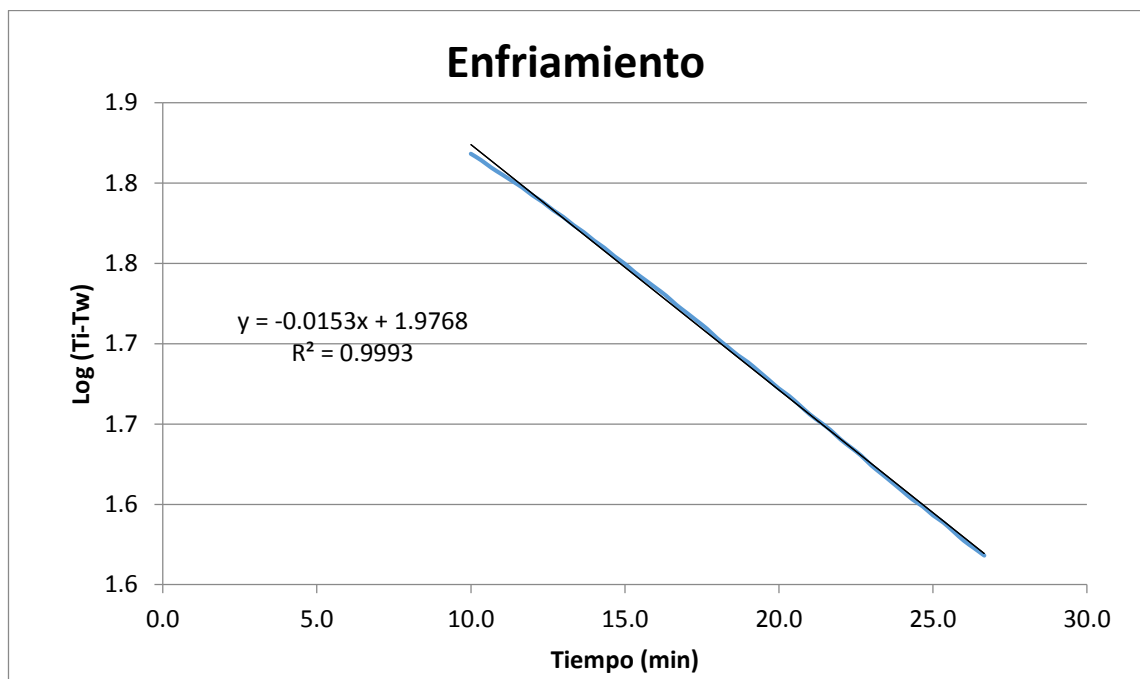


Figura 28: Proyección de la sección lineal de la curva logarítmica de penetración de calor en el punto ubicado 1/3 de altura de la base.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE LAS CURVAS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO.

En las Figuras 29 y 30 pueden observar las historias tiempo-temperatura para los procesos realizados en dos repeticiones de muestras de pulpa de copoazú enlatada, colocando los sensores (por duplicado) en cada muestra en el punto más frío y adicionalmente un tercer sensor en el medio de calentamiento.

Corroborando los datos generados por el programa DATA TRACE TEMP SYSTEM® (Ver Anexo 2).

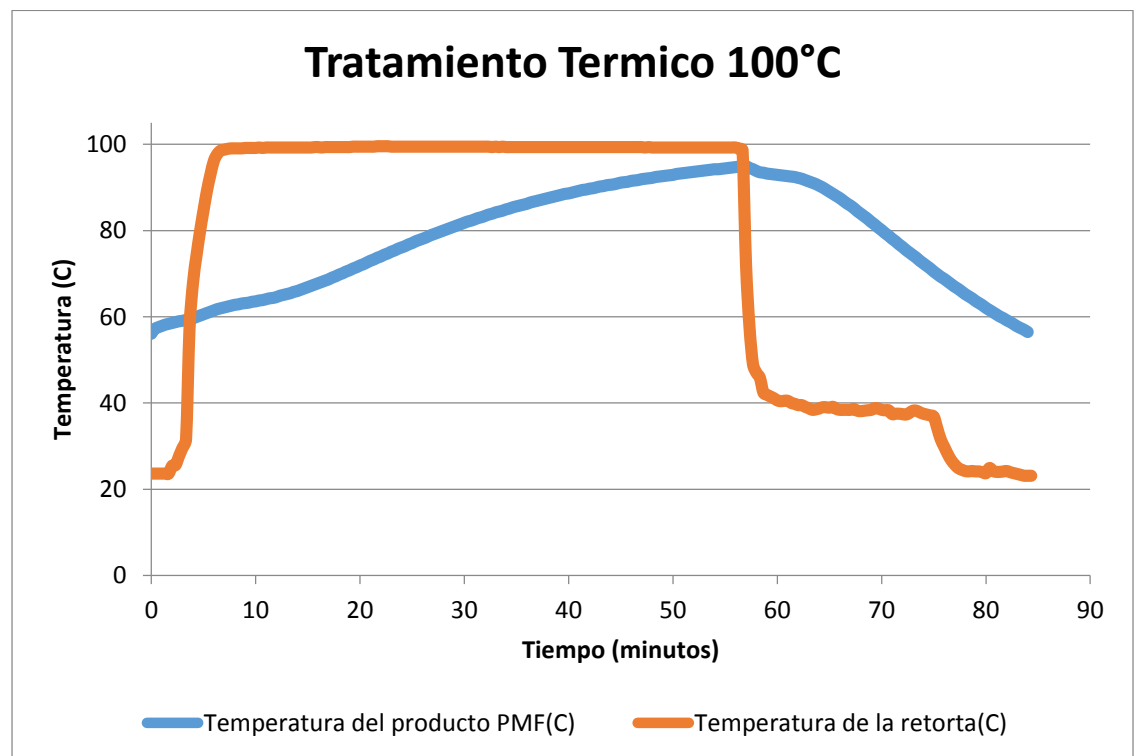


Figura 29: Historia tiempo-temperatura de muestra de pulpa de copoazú enlatada. (Primera repetición).

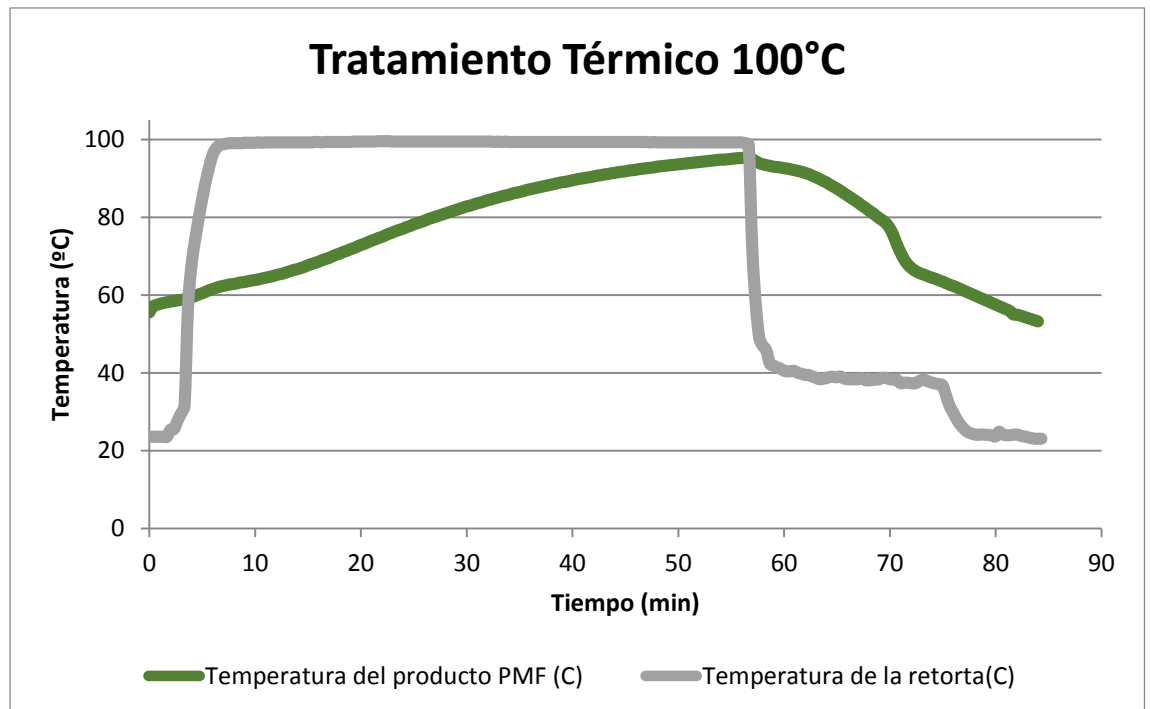


Figura 30: Historia tiempo-temperatura de muestra de pulpa de copoazú enlatada. (Segunda repetición).

En estas historias de tiempo-temperatura se obtuvieron las gráficas de curvas de calentamiento y enfriamiento lo cual son trazados en escala semilogarítmica. La descripción de la nomenclatura de las muestras es como siguió:

- M1 y M2: Muestras correspondiente al primer tratamiento (R1)
- M3 y M4: Muestras correspondiente al segundo tratamiento (R2)

Del análisis de las gráficas se obtuvo la información mediante el análisis de los valores de P_o al final de la pasteurización. El dato de P_o obtenidos mediante el uso del DATA TRACE se puede observar en la Tabla 14. En este se puede observar que el tratamiento (R1) presenta un menor valor P_o , correspondiente a al segundo tratamiento (R2). Además, en este tratamiento (R1) presenta el mayor valor f_h (48,78), lo cual permite confirmar como punto de calentamiento más lento.

Tabla 14: características de las curvas de penetración de calor de cada tratamiento.

Tratamiento	m	f_h	T_o	Po final de pasteurización
R1	-0,0205	48,78	56,10	4,10
R2	-0,0217	46,08	55,60	4,50

Prueba realizada por duplicado.

En las Figuras 31 y 32 se observa la curva de calentamiento y enfriamiento cuyas proyecciones tienen las regresiones lineales y coeficientes R^2 , realizados a las curvas semilogarítmicas de calentamiento y enfriamiento, mostradas en las Tablas 15 y 16 respectivamente, de la muestra seleccionada para calcular los parámetros de penetración de calor del enlatado de pulpa de copoazú.

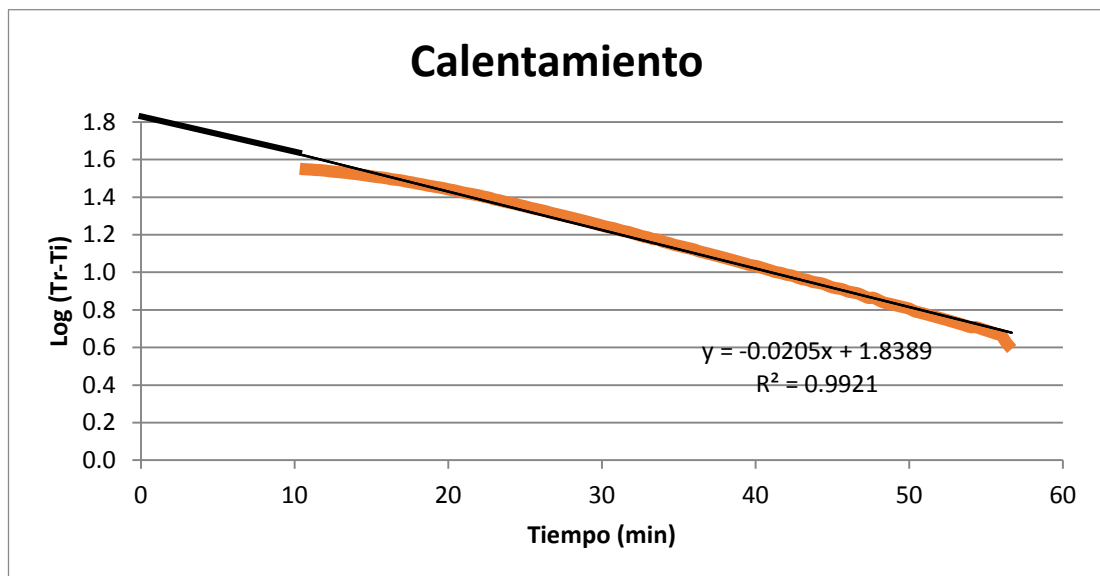


Figura 31: Curva de calentamiento de pulpa de copoazú enlatada (primera repetición)

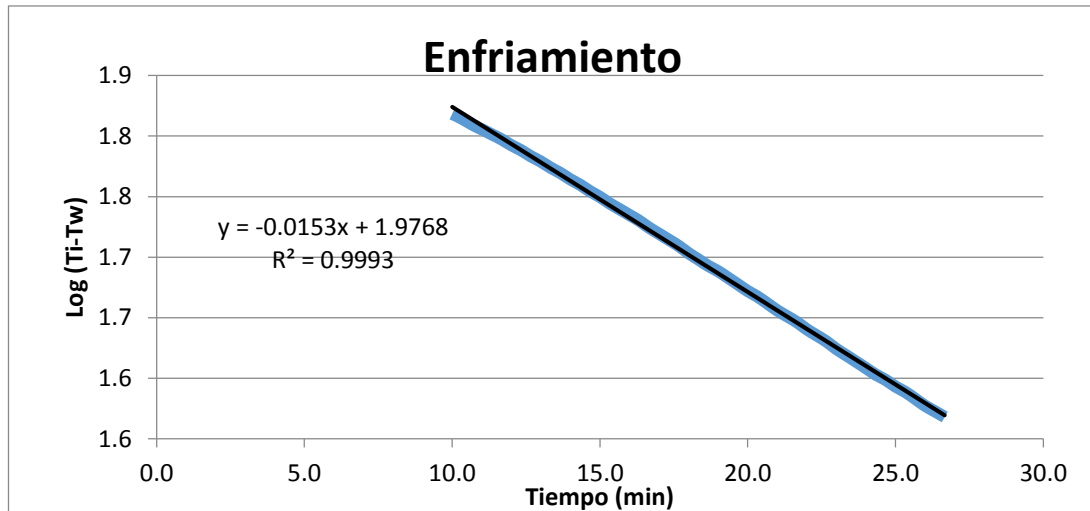


Figura 32: Curva de enfriamiento de pulpa enlatada de copoazú (primera repetición)

Tabla 15: Valores de la curva de calentamiento y enfriamiento.

Tratamiento		Pendiente	Intercepto
Muestra seleccionada	C.C	-0,0205	1,8389
	CE	-0,0153	1,9768

Tabla 16: Valores Del R^2

Tratamientos	R^2 (calentamiento)	R^2 (enfriamiento)
Muestra seleccionada	0,9921	0,9993

Prueba realizada por duplicado.

De la Tabla 17, se obtuvieron los parámetros de penetración de calor para el calentamiento y enfriamiento, encontrado para en enlatado de pulpa de copoazú, cuyos cálculos se muestran en el Anexo 5.

Tabla 17: Parámetros de las curvas de calentamiento y enfriamiento

CALENTAMIENTO		ENFRIAMIENTO	
Fh	48,78±1,54	fc	65,36±1,78
To (°C)	56,10±0,44	Tic = Tg (°C)	94,90±0,45
Ih = TR- To (°C)	43,90±0,23	Ic = Tg -Tc (°C)	74,90±0,28
JhIh =TR – Tpsi h (°C)	52.48±0.67	JcIc = Tpic – Tc (°C)	94,80±0,63
Tpsi h (°C)	47,52±5,99	Tpsi c	114,80±5,66
Jh	1,20±0,32	Jc	1,27±0,38

Prueba realizada por duplicado.

Se puede observar los valores de f_h y f_c presentan una diferencia de 16,58 minutos con un 25,37 % con respecto al valor f_h . Esta diferencia indicaría que la transferencia de calor es una combinación de convección y conducción pura, lo que según Stumbo (1973), indica que el valor f_h igualaría exactamente el valor f_c al tratarse de conducción y convección pura. Así mismo, indica que, si la diferencia es mayor al 20 %, debe utilizarse el método gráfico para evaluar el proceso.

Stumbo (1973), reporta que en alimentos donde la transferencia de calor se da por convección pura, se tiene un factor de retraso $j_c = 1$ y en el caso de conducción pura $j_c = 2$, según los resultados obtenidos, se obtuvo un valor $j_c = 1,27$ este valor se encuentra más cerca de uno por lo que el calentamiento principal sería mediante convección. Se tiene que tener en cuenta que dado que el valor j_c es un parámetro de respuesta al enfriamiento.

3.2.3 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE PASTEURIZACIÓN UP.

- **Establecimiento del valor P_o objetivo.**

El valor requerido (P_o), Se fijó en función al moho *Byssochlamys fulva*, microorganismo de mayor termorresistencia en alimentos de alta acidez (pH menos a 4) cuyos parámetros de destrucción térmica se tomó $D_{93,3\text{ }^\circ\text{C}} = 1$ minuto y con un valor $Z = 8,9\text{ }^\circ\text{C}$ (Hurtado, 1987).

Se realizó el siguiente cálculo utilizando la Ecuación 5.

$$UP = D_r (\log a - \log b)$$

$$\begin{aligned} UP &= P_{93,3} = D_{93,3} (\log a - \log b) \\ P_{93,3} &= 1 \times (\log 1000 - \log 1 \times 10^{-2}) \\ P_{93,3} &= 5 \text{ minutos} \end{aligned}$$

De acuerdo con Rangama (1977), quien indica un nivel de reducción de 3 a 5 ciclos logarítmicos para conservas de pH menor a 4,5; según el nivel de contaminación en el que llegue la materia prima se obtuvo un UP de 5 minutos.

Se consideró una carga inicial de 1 000 ufc/g (hongos) para reducir dicha población a un valor de 10^{-3} ufc/g (concepto de 2D). Este valor de reducción está de acuerdo con Rangama (1977), quien indica un nivel de reducción de 3 a 5 ciclos logarítmicos para conservas de pH menor a 4,50; según el nivel de contaminación en el que llegue la materia prima. Obteniéndose un UP de 5 minutos, aplicando 93,3 °C.

A. Por el método general mejorado

La unidad de pasteurización (UP), por el método general mejorado se determinó a una temperatura de pasteurización a 100 °C, para lo cual se calculó un el $UP_{100\text{ °C}} = 2,7$ minutos, pero teniendo en cuenta un margen de seguridad, se obtuvo un $UP_{100\text{ °C}} = 4,10$ minutos a la temperatura máxima de calentamiento del producto tal como se observa en la Figura 33 y la historia tiempo-temperatura en el punto más frío del envase, para cual se utilizó el sistema Data Trace (Anexo 2).

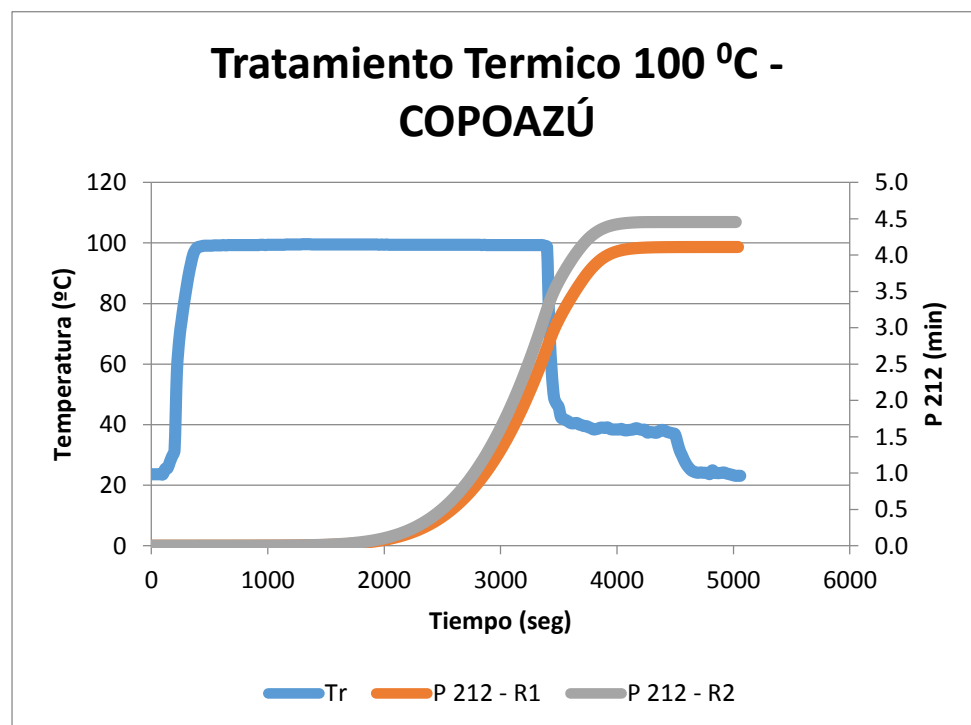


Figura 33: Determinación de la unidad de pasteurización (UP) por el método general.

Aplicar de 100 °C en lugar de 93,3 °C, obedece a lo ya ampliamente establecido por diversos autores. R. Hull (1939), indica que las ascosporas del moho *Byssochlamys fulva*, mueren a partir de 90 °C, pero algunas podrían sobrevivir hasta temperaturas de 96 °C, entonces, la aplicación de 93,3 °C representaría un riesgo. En pruebas preliminares, se observó que al utilizar una temperatura de referencia de 93,3 °C y trabajar con una temperatura e proceso de 100 °C, el tiempo de tratamiento no permitía que la temperatura del producto en el punto más frío, llegara a sobrepasar los 93,3 °C, entonces, al trabajar con una temperatura de referencia de 100 °C, se incrementaba el tiempo de proceso, permitiendo que el punto más frío llegara a temperatura superiores a 93,3 °C.

La temperatura de 100 °C en lugar de 113 °C, también justifica por ser la pulpa de copoazú un producto ácido, el cual requiere tratamientos de pasteurización, y no esterilización, la cual resultaría excesiva desde el punto de vista tecnológico y presumiblemente económico. Pokony (2001) indica que la aplicación de temperatura moderada (100 °C como máximo) reduce los cambios negativos que se producen en la calidad nutritiva del alimento. Así mismo Brennan *et al.* (1998) refieren que para productos ácidos como frutas (pH 3,7 a 4,5); se utilizan procesos de tratamiento a 100 °C. Según Rees y Bettinson (1994), cuando el pH es inferior a 3,7; el tratamiento debe orientarse hacia el control de bacterias no esporuladas, levaduras y mohos, pudiendo estos ser controlados con temperaturas incluso inferior a 100 °C.

B. Por el método de Stumbo.

El valor de la unidad de pasteurización (UP) del proceso tratamiento seleccionado como es el tratamiento (R1) se pueden observar en la Tabla 18. Los cálculos se encuentran en el Anexo 5.

Tabla 18: *Valor de UP.*

Tratamiento térmico	*UP(minutos)
R1	4,02±0,34

*Prueba realizado por duplicado

Dato casi similar al de Encina (2005) quien considero estos parámetros de destrucción térmica del *Byssochlamys fulva* para la pulpa de aguaymanto y considerándose una reducción final de 10^{-2} ufc/g, obteniendo un UP= 5 minutos, asimismo, Valencia, 2012. Obtuvo un UP = 5,1 para la pulpa de zarzamora (*Rubus fruticosus L.*).

3.2.4 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO.

3.2.4.1 Mediante el método de Stumbo.

El tiempo de proceso se pueden observar en la Tabla 19. Los cálculos pueden observar en el Anexo 6.

Tabla 19: *Valor de tiempo de proceso para temperatura a 100 °C.*

Tratamiento térmico	*TIEMPO DE PROCESO(minutos)
R1	28,35±0,34

*Prueba realizado por duplicado.

3.2.4.2 Por el método general.

En la Figura 34 se muestra la acumulación de la velocidad letal (área bajo la curva) en cada intervalo de tiempo evaluado (20 segundos), tal como se muestra en el Anexo 2. La suma de la letalidad conseguida en el tiempo de proceso (calentamiento a temperatura constante) fue de 46,60 minutos con lo que se alcanzó un $UP_{100\ C} = 4,10$ minutos.

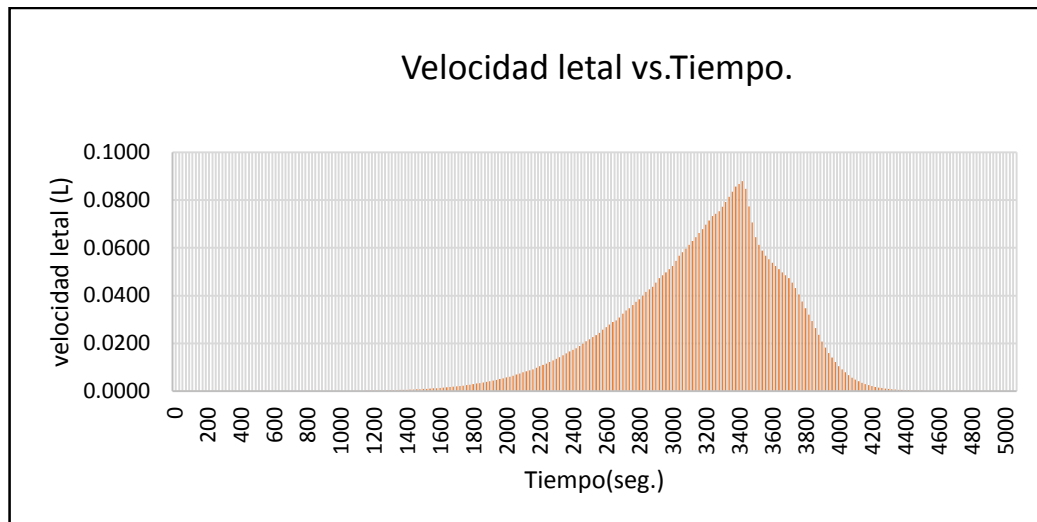


Figura 34: Curva de la velocidad letal (L) a 100 °C.

Según Sharma et al. (2003), la velocidad letal es un factor de conversión del tiempo (un minuto) real de calentamiento del proceso a cada temperatura específica, en el tiempo que se requeriría a la temperatura de referencia (100°C), para lograr la misma destrucción del microorganismo de referencia (*B.fulva*).

3.2.5 VERIFICACIÓN DE CÁLCULO.

De los resultados obtenidos en la (Unidad de Pasteurización) UP por los dos métodos (Ver Tabla 20) se procedió a corroborar con los cálculos establecidos del valor UP objetivo (5 minutos) para poder brindar resultados confiables.

Tabla 20: Valores de UP y tiempos de procesos a 100 °C

TRTAMIENTO	PU(Minutos)		TIEMPO DE PROCESO (Min.)	
	GENERAL	STUMBO	GENERAL	STUMBO
R1	4,10	4,02	46,66	28,35

Para la temperatura a 100 °C se observa que el valor UP obtenido es muy cercano al UP objetivo (5 minutos) correspondiente al primer tratamiento (R1) tal como se demuestra en la Tabla 20.

3.3 VARIACION DE LA VITAMINA C POR EFECTO DEL PROCESO DE OBTENCION DE PULPA DE COPOAZÚ.

En las Tablas 21 y 22, así como en las Figuras 35 y 37, se muestran la variación del contenido y del porcentaje de retención (Figura 36 y 38) de ácido ascórbico durante el proceso de producción de la pulpa de copoazú enlatada. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada etapa:

En el caso del fruto fresco, se obtuvo 29,78 mg/100 g b.h, y puede observarse en la Tabla 3 (pag. 5), los datos reportados por Villachica (1996), 23.10 mg de Vitamina, Franco (1999), quien reporto 33,00 mg de Vitamina C; ³INIAP Y SENACYT (2008), reporto 54,67 de mg de Vitamina C, y otros autores quienes reportaron cantidades importantes de vitamina C, 15-28 mg ácido ascórbico/100 g pulpa (Barbosa et al. 1979; Chaar, 1980). Así como Viera et al. (2000), (25-35 mg ácido ascórbico /100 pulpa). Las variaciones, son atribuidas al estado de madurez y el tiempo transcurrido entre la cosecha y el momento del análisis.

En el pulpeado, se obtuvo una pérdida de 31,87% b.h. (1,03 % b.s.), atribuida a la reducción de tamaño de partícula y el consecuente incremento significativo de la superficie expuesta al oxígeno del aire y al oxígeno contenido en las células del fruto, así como a la liberación de enzimas de los tejidos. Según Badui (2006) y Fennema (2000), en presencia de oxígeno, el ácido ascórbico se degrada (por pérdida de un electrón) a ácido dehidroascorbico (radical libre), el cual es menos estable y sufre una reacción rápida e irreversible, formándose el ácido 2,3-dicetogulonico, que carece de actividad vitamínica.

Durante la pasteurización, el ácido ascórbico se redujo 19,03% b.h. (0,80 % b.s.). Según Coutate (2007), la reacción de degradación es lenta en productos con pH ácido. Adicionalmente, en esta etapa se van inactivar las enzimas a medida que el tratamiento térmico avanza.

La retención promedio total fue 49,10% b.h. (98,16 b.s); llegando la pulpa de copoazú tratada a un valor de 14,62 mg/100 g (101,44 mg/100 g b.s). Fennema (2000), indica que el ácido dehidroascorbico es bastante estable a pH menores a 5,50; por lo que se puede considerar que el pH de la pulpa de copoazú tiene un papel protector del ácido ascórbico y por lo tanto, no se tienen pérdidas significativas.

Caro (2002), obtuvo un contenido de Vitamina C de 21,76 mg ácido/100 g, con lo cual se determinó una retención total de 75,50 % con respecto a la materia prima para un néctar de tomate luego de ser sometido a las operaciones unitarias de escaldado, pulpeado y refinado, de la misma manera se obtuvo una retención final similar en la pulpa de guayaba 71,70% (Ordoñez-Santos y Vasquez-Riascos. 2010) y en la pulpa de zarzamora se obtuvo 75,9% (Valencia, 2012).

Estas diferencias observadas se deben a las diferencias de las formulaciones empleados, especialmente a la proporción empleada en la dilución de la materia prima y al ajuste del pH, así como a la severidad del tratamiento térmico.

Así también el análisis estadístico del procesamiento de pulpa copoazú enlatada sobre la retención de vitamina c, se observa en el Anexo 9

Tabla 21: *Variación de la vitamina C (b.h) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú.*

Etapas del proceso	Promedio (mg/100 g b.h.)	Variación (%)	Variación acumulada (%)	Retención (%)
Materia prima (copoazú fresco)	29,78±0,74		00,00	100,00±0,00
Pulpeado	20,29±0,52	31,87	31,87	68,13±1,44
pasteurizado(pulpa de copoazú)	14,62±0,42	19,03	50,90	49,10±0,83
Pérdida total (%)	50,90±0,88			

Análisis realizado por triplicado en base húmeda (b.h) ± desviación estándar.

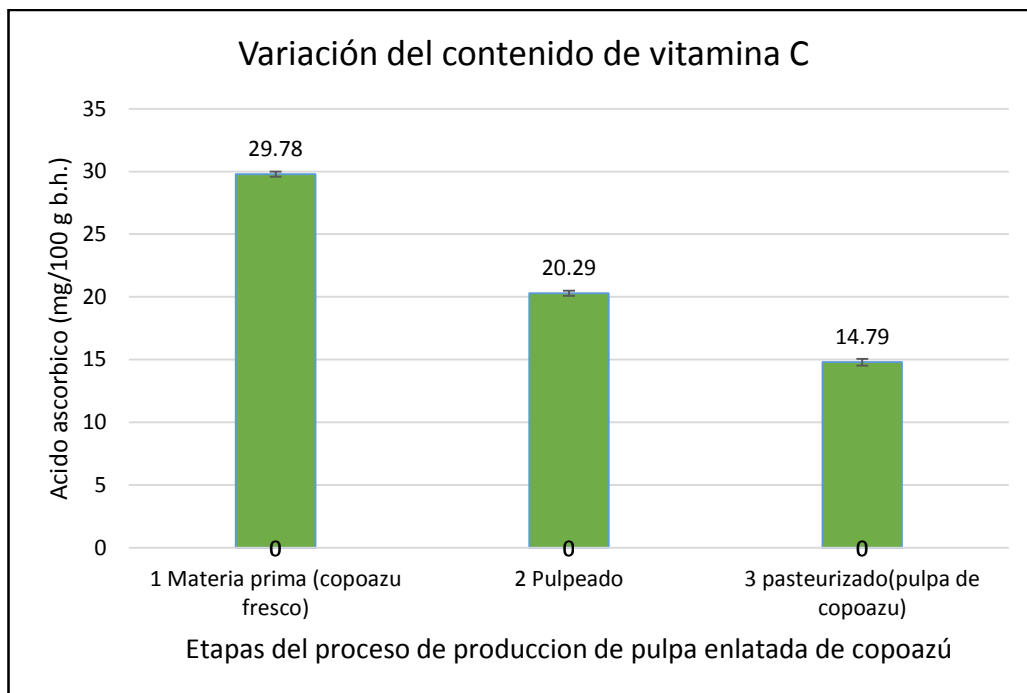


Figura 35: Variación del contenido de vitamina C (b.h.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú.

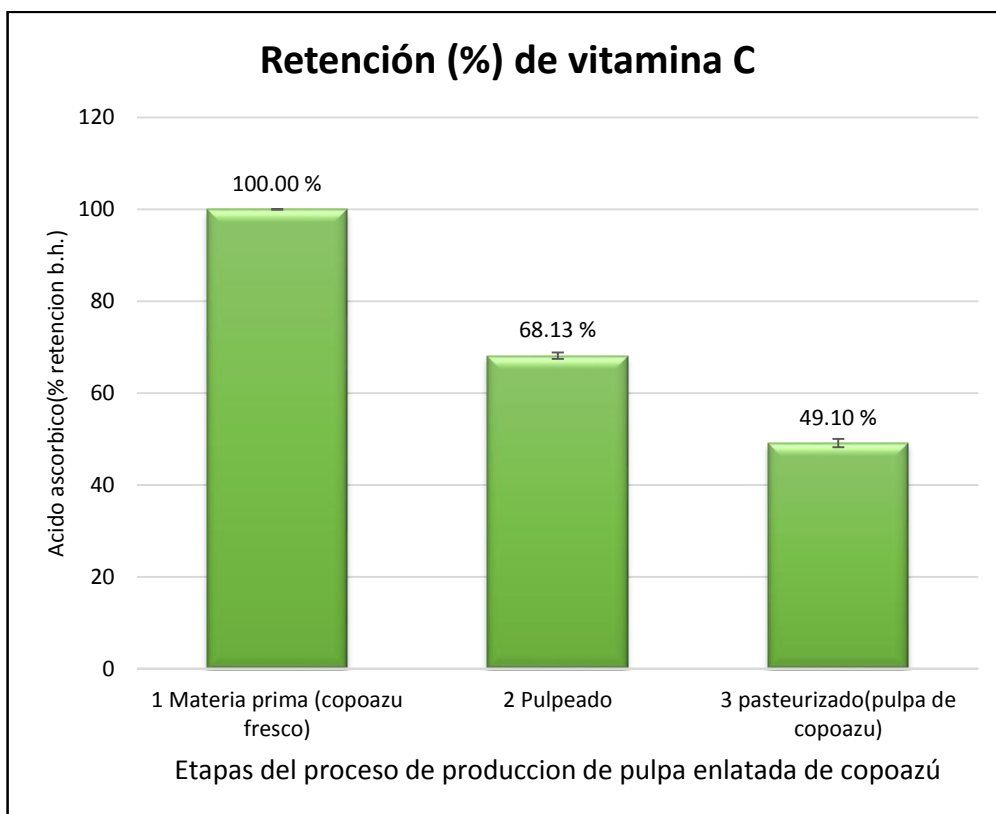


Figura 37: Retención (%) de la vitamina C (b.h.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú.

Tabla 22: Variación de la vitamina C (b.s) durante el proceso de producción de pulpa de enlatada de copoazú.

ETAPAS DEL PROCESO	PROMEDIO (MG/100 G B.S.)	VARIACIÓN (%)	VARIACIÓN ACUMULADA (%)	RETENCIÓN (%)
MATERIA PRIMA (COPOAZÚ FRESCO)	103,33±3,24		0,00	100±0,00
PULPEADO	102,27±2,41	1,03	1,03	98,97±1,87
PASTEURIZADO(PULPA DE COPOAZÚ)	101,44±2,32	0,80	1,83	98,16±1,76
PÉRDIDA TOTAL (%)	1,83±0,55			

Análisis realizado por triplicado en base seca (b.s) ± desviación estándar.

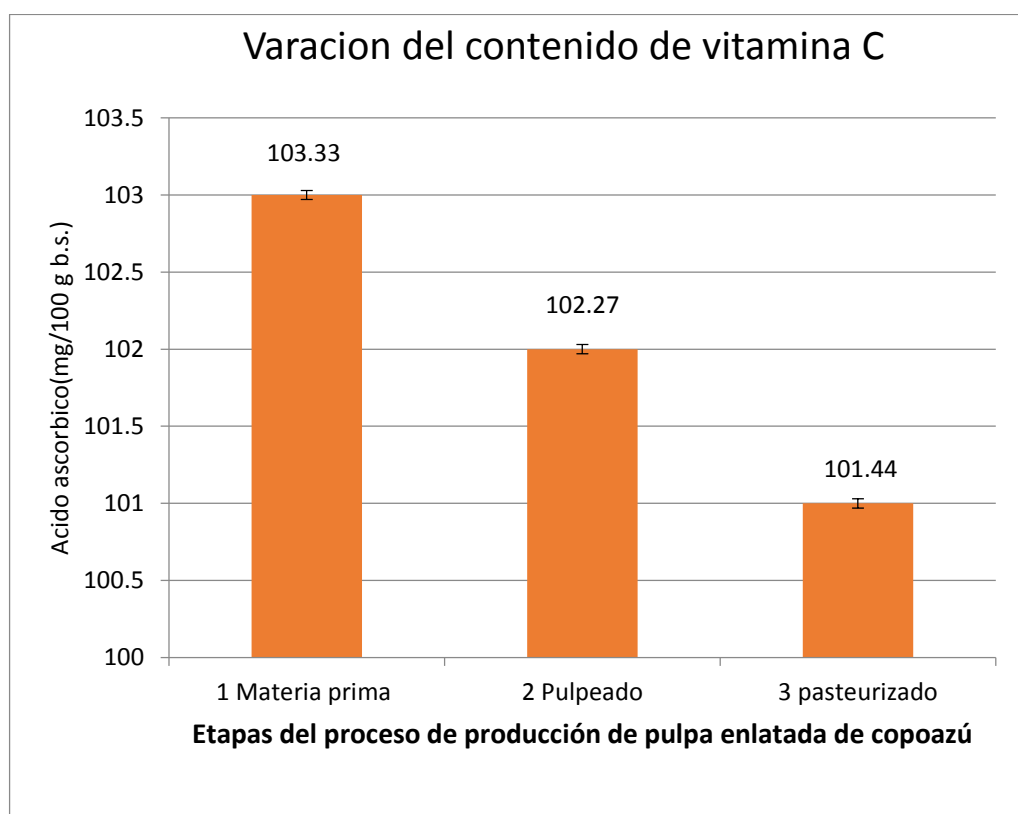


Figura 36: Variación del contenido de vitamina C (b.s.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú.

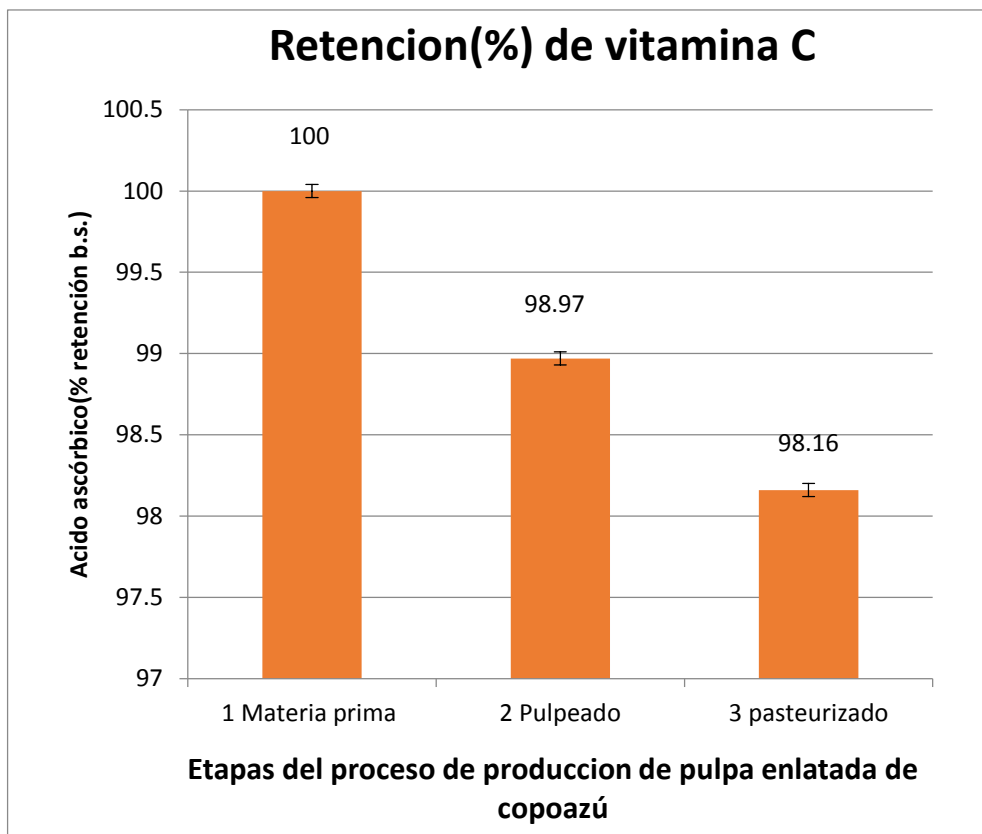


Figura 38: Retención (%) de la vitamina C (b.s.) durante el proceso de producción de pulpa enlatada de copoazú.

3.4 ANALISIS DEL PRODUCTO FINAL

3.4.1 Análisis fisicoquímico.

En la Tabla 23, se muestra los análisis fisicoquímicos realizados al producto terminado, procesado bajo los parámetros que maximizan la retención de ácido ascórbico en ella.

Tabla 23: *Análisis fisicoquímico del enlatado de pulpa de copoazú.*

característica	*Valor promedio
Peso bruto (g)	485,4±1,30
Peso drenado (g)	435,4±1,6
Peso del envase (g)	50±2,20
Presión de vacío (pulg. Hg)	13±0,50
Espacio de cabeza (mm)	8±0,50
pH	3,05±0,50
Acidez (%)	1,54±0,80
Sólidos solubles(Brix)	12,10±0,40

*Prueba realizado por triplicado \pm desviación estándar.

El espacio de cabeza con el que se trabajó (8mm), por tal forma, se encuentra dentro del rango de 0.65 a 1 cm, recomendado por Hersom y Hulland, (1984); tiene importancia por que contribuyen a que las tapas de las latas permanezcan planas sin que se abomben durante el calentamiento debido a la dilatación del alimento por efecto del calor.

Con respecto al vacío del envase de pulpa de copoazú, 13 pulgadas de mercurio, se encuentra dentro del rango requerido por la norma NTP 203.077(1977), la que indica como rango optimo un valor entre 10 a 15 pulgadas de mercurio. A propósito, Condori (2002), y Obregón (1998); trabajaron con un vacío de 14 y 13 pulgadas de mercurio al obtener un enlatado de habas verdes y un enlatado de papa respectivamente.

La determinación del pH y acidez del producto terminado es de gran importancia, encontrándose que se mantiene un pH y acidez igual al producto fresco, 3,05 y 1,54 respectivamente habiendo muy pequeñas variaciones, y muy por lo contrario los sólidos solubles (Brix), hubo un aumento significativo con respecto al fruto fresco.

3.4.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

En la Tabla 24 se reportan los resultados de la evaluación microbiológica realizados en el enlatado de pulpa de copoazú después de su pasteurización (ver anexo 11).

Luego de la pasteurización, no era detectable la presencia de mohos, levaduras ni bacterias ácido lácticas (< 10 UFC/g), cumpliendo así con los límites (10^{-2} UFC/g) para productos con pH <4.6 (semiconservas) indicados en la Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (NTS071-MINSA/DIGESA).

Así también según la norma ICMSF (2000); Mossel y Moreno (1982), quienes indican que una conserva debe tener menos de 10 ufc/g de producto con pH < 4.6 . Tal es así que el enlatado de pulpa de copoazú cumplió con estas especificaciones.

Tabla 24: Resultados microbiológico del producto final.

Microorganismo	Ufc/g
Mohos.	<10
Levaduras.	<10

Fuente: La Molina Calidad Total Laboratorios (2014)

CONCLUSIONES:

- ❖ La Composición fisicoquímica del copoazú fue 88,8 g de agua/100g de fruto; 0,85 g de proteína /100 g de fruto; 0,02 g de grasa/ 100 g de fruto; 1,22 g de fibra/100 g de fruto; 0,67 g de ceniza/ 100 g de fruto; 13,67 g de carbohidratos/100 g de fruto; 1,51 g de ácido ascórbico/ 100 de fruto; 11,3 grados Brix y un pH de 3,00.
- ❖ El punto más frío del enlatado de pulpa de copoazú se encontró a 1/3 altura desde la base (3.7 cm) del envase de hojalata de 435 g.
- ❖ Los parámetros de penetración de calor que caracterizan el tratamiento térmico del enlatado de pulpa de copoazú fueron: $f_h = 48,78$ minutos, $f_c = 65,36$ minutos, $j_h = 1,20$; $j_c = 1,27$; $T_{psi\ h} = 47,52$ °C, $T_{psi\ c} = 114,80$ °C, $T_o = 56,10$ °C y $T_g = 94,9$ °C.
- ❖ La Unidad de Pasteurización (UP) y el tiempo de procesamiento a 100 °C, por el método general fue: UP = 4,10 minutos a $T_p = 46,66$.
- ❖ La Unidad de Pasteurización (UP) y el tiempo de procesamiento a 100 °C, por el método de Stumbo fue: UP = 4,02 minutos a $T_p = 28,35$.
- ❖ El contenido de ácido ascórbico (b.h) del copoazú fresco, 29,78 mg/100 g, disminuyendo progresivamente durante el pulpeado en 20,29 mg/100 y la pasteurización 14,62 mg/100 g. La retención total fue del 49,10 %

RECOMENDACIONES.

- ❖ Determinar como el tratamiento térmico de pasteurización que influye en la retención de compuestos bioactivos como son los compuestos carotenoides y compuestos fenólicos en la pulpa enlatada de copoazú, así como el efecto sobre su capacidad antioxidante.
- ❖ Investigar sobre el efecto de nuevas tecnologías de pasteurización no térmicas que permitan retener una mayor cantidad de vitamina C, en pulpa enlatada de copoazú.
- ❖ Realizar estudios de penetración de calor con un número mayor de muestras dentro de una misma corrida a fin de tener información más exacta

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*, 16TH edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA: DC. p 1058-1059.
2. A.O.A.C. (1997). *Oficial Methods of Analysis*. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. USA: Ed. Arlington. p. 37: 2.
3. Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Editorial Alhambra. 430 p.
4. Ball, C., y Olson, F. (1957). *Sterilizacion in Food Technology*. USA: Editorial Mc.Graw Hill.
5. Barbosa-Canovas, G. (2000). *Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 153 p.
6. Barbosa, W., & Nazaré, R. (1979). Estudios físicos y químicos de tres frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e muruci (*Byrsonima crassifolia*). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura 5, Pelotas, RS. Anais Pelotas: SBF, p. 797-809.
7. Basu, T., y Schora, C. (1982). *Vitamina C in Health and Disease*. The avi. Gran Bretaña: Publishing Company.
8. Bigelow, W., Bohart, G., Richardson, A., y Ball, C. (1920). *Heat penetration in processing canned foods*. Canner National Association. Bulletin N° 16L.
9. Bosquez, M., y Colina, M. (2012). *Procesamiento Térmico de Frutas y Hortalizas*. México: Editorial Trillas. 239 p.
10. Brennan, J., Butters, J., y Cowell, N. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 726 p.
11. Carazo, V., y Palma, V. (1999). *Copoazú: Cultivo y utilización. Manual técnico*. Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaria Protempore, Venezuela y Embrapa - Amazonico Oriental Belén, Brasil. 142 p.

12. Caro, F. (2002). *Elaboración de néctar de tomate (Cyphomendo betacea)*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima, Perú.
13. Casp, V., y Abril, R. (1999). *Procesos de Conservación de Alimentos*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa. 494 p.
14. Condori, M. (2002). *Evaluación y optimización del tratamiento del enlatado de habas verdes (Vicia faba L)* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
15. Coultate, T. (2007). *Manual de química y bioquímica de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 446 p.
16. Chaar, J. (1980). *Composição do cupuaçu (Theobroma grandiflorum Schum.) e conservação de seu néctar por meios físicos e químicos* (Tese de Mestrado). Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
17. Davies, F., y Albrigo, G. (1994). *Cítricos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
18. Dirección General de Salud Ambiental. (2008). *NTS N° 071 MINSA/DIGESA-V.01: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de la calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*. Lima, Perú, Resolución Ministerial 591 MINSA.
19. Encina, CH. (2005). *Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de aguaymanto (physalis peruviana L.) en almíbar aplicando los métodos Taguchi y superficie de respuesta* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
20. Fellows, P. (1994). *Tecnología del procesado de alimentos: Principios y prácticas*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 549 p.
21. Fellows, P. 2007. *Tecnología del Procesado de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
22. Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 1258 p.

23. Ferreira, G. (2008). *Estudo das propriedades reológicas do sistema polpa de cupuaçu-biopolímero* (tesis de doctorado). Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
24. Franco, G. (1999). *Tabla de composición química de los alimentos*. São Paulo, Brasil: Editorial Ateneu.
25. Frazier, W. (1981). *Microbiología de los Alimentos*. 2^{da}ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 512 p.
26. Hernández, M., y Barrera, J. (2004). *Manejo postcosecha y transformación de frutales nativos promisorios en la Amazonia colombiana*. Santafé de Bogotá, Colombia. p.22-32.
27. Hersom, A., y Hulland E. (1984). *Conservas Alimenticias, Procesado Térmico y Microbiología*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 451 p.
28. Hurtado, P. (1987). *Procesos tecnológicos de conservación de frutas y hortalizas y su almacenamiento*. Cartagena, Colombia.
29. HULL, R. (1939). *Study of Byssochlamys fulva and control measures in processed fruits*. *Annals of Applied Biology*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1939.tb0.7000.x>.
30. Ibarz-Ribas, A., Barbosa-Cánovas, G. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los Alimentos*. 2da Edición Madrid, España: Editorial Mundiprensa,
31. ICMSF. (2000). *Microorganismos de los Alimentos, su significado y métodos de numeración*. 2^{da} edición. Tomo II. Zaragoza, España: Editorial Acribia. p. 130-135.
32. INIAP y SENACYT. (2008). *Informe técnico final de cierre de proyectos: Aprovechamiento del potencial nutritivo y funcional de algunas frutas de la amazonia ecuatoriana*. Quito, Ecuador. 6 p.
33. Jen, Y., Manson, J., Stumbo, C., y Zahradnick, J. (1971). procedure for estimating sterilization and quality factor degradation in thermally processed foods. *J Food Sci*, 36(4), p. 693-8.
34. Leon, G., y Oey, I. (2012) .Effect of endogenous ascorbic acid oxidase activity and stability on vitamin C in carrots (*Daucus carota subsp.sativus*) during thermal treatment *Food Chemistry*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.002>.

35. Lespinard, A. (2012). *Simulación y optimización del tratamiento térmico de alimentos envasados en recipientes de vidrio* (tesis de Doctorado). Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina.
36. Mafart, P. (1994). *Ingeniería industrial alimentaria. Procesos físicos de conservación*. Zaragoza, España: Editorial Acribia 286 p.
37. Manayay, D. (1992). *Simulación de la variación del contenido de vitamina C, en almacenaje de confitado de piña (Anonas comosus) de humedad intermedia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
38. Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesado*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 457 p.
39. Medrano, C. (2010). *Obtención de Deshidratados de Borojo (Borojoa patonoi) y Copoazú (Theobroma grandiflorum) Mediante Procesos Térmicos de Secado con Aire Forzado* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
40. Mendoza, A. (1993). *Evaluación y optimización del tratamiento térmico en una crema a base de ulluco (Ullucos tuberosus los), enlatado* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
41. Miranda, W., y Teixeira, A. (2012). *Principio matemático del proceso térmico de alimentos*. España: Editorial A. Madrid Vicente. 559 p.
42. Morales-Blancas, E., y Torres, J. (2003). Thermal resistance constants. n: Heldman, D.R. (ed.), *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering* (pp: 1030-1037). New York, USA. Editorial Marcial Dekker
43. Mossel, D., y Moreno, G. (1982). *Microbiología de alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
44. Nickerson, J., y Sinskey, A. (1978). *Microbiología de los alimentos y sus procesos de elaboración*. Zaragoza, España: Editorial Acribia
45. Nicoli, M., Anece, M., y Parpinelli, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science y Technology*,(10), p. 94-100

46. Obregón, A. (2001). *Efecto de la temperatura sobre la textura de Gajos de Mandarina Satsuma (citrus unshiu) en almíbar* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
47. Ordoñez-Santos, L., y Vasquez-Rioscos, A. (2010). Effecto of processing and storage time on the vitamin C and ly copene contents of néctar of pink guavaa (*Psidium guajava L.*). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion.* 6(3), p.280-284.
48. Pokony, J., Yanishlieva, N., y Gordon, M. (2005). *Antioxidantes de los alimentoss. Aplicaciones y prácticas.* Zaragoza, España. Editorial Acribia 364 p.
49. Prodar, (1996). *Productos promisorios de la agroindustria rural.* Venezuela: IICA Biblioteca.
50. Ranganas, S. (1997). *Manual of Analisis of fruti and vegetable products.* USA: Editorial Mc Grow –Hill publishing company.
51. Rees, J., y Bettinson, J. (1994). *Procesado Térmico y Envasado de los Alimentos.* Zaragoza, España: Editorial Acribia 287 p.
52. Singh, P., y Heldman, D. (1998). *Introducción a la ingeniería de los alimentos.* Zaragoza. España: Editorial Acribia. 544 p.
53. Sharma, S., Mulvaney, S., y Rizvi, S. (2003) *Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio.* 1^{ra} ed. Nueva York, USA: Editorial Limusa. 348 p.
54. Stumbo, R. (1973). *Thermobacteriology in Food Processing.* Nueva York, USA: Editorial Academic Press. 236 p.
55. Souza, A., Silva, S., Tinoco, P., Guimarães, R., y SÁ Sobrinho, A. (1998). Estudio preliminar da cadeia productiva do copoaçu (*Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng) Schum.*) no Amazonas. *EMBRAPA-CPAA Documentos.* pp.17-30.
56. Tamayo, C. (2008). *Diseño y optimización del tratamiento térmico para sopa de frejoes enlatada en envases de formato A 6.* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
57. Toledo, R. (1999). *Fundamentals of Food Process Engineering.* 2^{da} ed. Georgia, USA: Editorial Ruth Bloom. 602 p.

58. Tratado de Cooperación Amazónica. (1996). *Programa regional de promoción de la producción sostenible y utilización de frutas y hortalizas amazónicas: estrategias y acciones*. Lima, Perú: Secretaria pro-Tempore 268 p.
59. Valencia, C. (2012). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (Rubus fruticosus L.)* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
60. Venturieri, G (1988). Composición del chocolate de almendra del copoazú (*Theobroma grandiflorum*). *Acta Amazónica*, (18), p.3-8.
61. Venturieri, G. (1993). Copoazu: la especie, su cultura, uso y procesamiento: *Revista de copoazú*. 108 p.
62. Vieira, C., Teixeira, A., y Silva, C. (2000). Modelo matemático de la degradación química de vitamina C en el copoazú (*Theobroma grandiflorum*) nectar. *Journal of Food Engineering*, (43), p. 1-7.
63. Villachica, H. (1996). *Frutales y Hortalizas Promisorias de la Amazonía*. Lima, Perú: Tratado de Cooperación Amazónica. FAO. 366 p.
64. Zapata, G., Pereira, A., y Varon, E. (1996). *El Cultivo de Copoazú*. Florencia, Colombia. Carpoica Regional. pp.3-15.

ANEXO 1: DATOS EXPORTADOS DEL SISTEMA DATA TRACE EN EL PUNTO MÁS FRIO DEL ENLATADO DE PULPA DE COPOAZÚ.

Tiempo (seg)	Autoclave	1/3 altura desde la base		centro	
	M4T11734	M4T11718	M4T11718	M4T11741	M4T11741
	° C	° C	PU	° C	PU
13:40	23,5	23,4	0,0	23,7	0,0
13:41	23,5			23,7	0,0
13:41	23,5	23,5	0,0	23,7	0,0
13:41	23,5			23,7	0,0
13:42	23,5	23,6	0,0	23,7	0,0
13:42	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:42	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:43	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:43	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:43	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:44	23,5	23,7	0,0	23,7	0,0
13:44	23,5	23,8	0,0	23,7	0,0
13:44	23,5	23,8	0,0	23,7	0,0
13:45	23,5	23,8	0,0	23,7	0,0
13:45	23,5	23,8	0,0	23,7	0,0
13:45	23,5	23,8	0,0	23,8	0,0
13:46	23,5	23,8	0,0	23,8	0,0
13:46	23,5	23,8	0,0	23,8	0,0
13:46	23,5	23,9	0,0	23,8	0,0
13:47	23,5	23,9	0,0	23,8	0,0
13:47	23,6	24,1	0,0	24,0	0,0
13:47	23,6	56,1	0,0	24,6	0,0
13:48	23,6	57,2	0,0	55,6	0,0
13:48	23,6	57,6	0,0	57,1	0,0
13:48	23,6	57,9	0,0	57,5	0,0
13:49	23,6	58,2	0,0	57,8	0,0
13:49	23,6	58,4	0,0	58,0	0,0
13:49	25,4	58,6	0,0	58,2	0,0
13:50	25,6	58,8	0,0	58,4	0,0
13:50	27,7	59,0	0,0	58,5	0,0
13:50	29,6	59,1	0,0	58,7	0,0
13:51	31,6	59,3	0,0	58,8	0,0
13:51	57,3	59,5	0,0	59,0	0,0

Continuación

13:51	67,9	59,7	0,0	59,2	0,0
13:52	74,2	60,0	0,0	59,5	0,0
13:52	79,7	60,3	0,0	59,8	0,0
13:52	84,6	60,6	0,0	60,2	
13:53	89,2	60,9	0,0	60,5	0,0
13:53	93,0	61,2	0,0	60,9	0,0
13:53	96,2	61,5	0,0	61,3	0,0
13:54	97,8	61,8	0,0	61,6	0,0
13:54	98,6	62,0		61,9	0,0
13:54	98,8	62,2	0,0	62,2	0,0
13:55	99,0	62,4	0,0	62,4	
13:55	99,1	62,6	0,0	62,6	0,0
13:55	99,1	62,8	0,0	62,8	0,0
13:56	99,1	62,9	0,0	62,9	0,0
13:56	99,1	63,1	0,0	63,1	0,0
13:56	99,2	63,2	0,0	63,3	0,0
13:57	99,2	63,3	0,0	63,4	0,0
13:57	99,2	63,5	0,0	63,6	0,0
13:57	99,2	63,6	0,0	63,8	0,0
13:58	99,3	63,8	0,0	63,9	0,0
13:58	99,2	63,9	0,0	64,1	0,0
13:58	99,3	64,1	0,0	64,3	0,0
13:59	99,3	64,3	0,0	64,5	0,0
13:59	99,3	64,4	0,0	64,7	0,0
13:59	99,3	64,6	0,0	64,9	0,0
14:00	99,3	64,9	0,0	65,2	0,0
14:00	99,3	65,1		65,4	0,0
14:00	99,3	65,3	0,0	65,6	0,0
14:01	99,3	65,5	0,0	65,9	0,0
14:01	99,3	65,8	0,0	66,2	0,0
14:01	99,3	66,0	0,0	66,5	0,0
14:02	99,3	66,3	0,0	66,7	0,0
14:02	99,3	66,6	0,0	67,0	0,0
14:02	99,3	66,9	0,0	67,3	0,0
14:03	99,3	67,2	0,0	67,7	0,0
14:03	99,4	67,5	0,0	68,0	0,0
14:03	99,4	67,8		68,3	0,0
14:04	99,3	68,1	0,0	68,6	0,0
14:04	99,4	68,4	0,0	69,0	0,0

Continuación

14:04	99,4	68,7		69,3	0,0
14:05	99,4	69,1	0,0	69,6	0,0
14:05	99,4	69,4	0,0	70,0	0,0
14:05	99,4	69,8	0,0	70,4	0,0
14:06	99,4	70,1	0,0	70,7	0,0
14:06	99,4	70,5	0,0	71,1	0,0
14:06	99,4	70,8		71,4	0,0
14:07	99,5	71,2		71,8	0,0
14:07	99,5	71,5		72,1	0,0
14:07	99,5	71,9	0,0	72,5	0,0
14:08	99,5	72,2	0,0	72,9	0,0
14:08	99,5	72,6	0,0	73,2	0,0
14:08	99,5	73,00	0,0	73,6	0,0
14:09	99,5	73,3		74,0	0,0
14:09	99,6	73,7	0,0	74,3	0,0
14:09	99,6	74,0	0,0	74,7	0,0
14:10	99,6	74,4	0,0	75,0	0,0
14:10	99,6	74,7	0,0	75,4	0,0
14:10	99,5	75,1	0,0	75,8	0,0
14:11	99,5	75,4	0,0	76,1	0,0
14:11	99,5	75,8	0,0	76,5	0,0
14:11	99,5	76,1	0,0	76,8	0,0
14:12	99,5	76,4		77,1	0,0
14:12	99,5	76,8	0,0	77,5	0,0
14:12	99,5	77,1	0,0	77,8	0,0
14:13	99,5	77,5	0,0	78,2	0,0
14:13	99,5	77,8	0,0	78,5	0,0
14:13	99,5	78,1	0,0	78,8	0,0
14:14	99,5	78,4	0,0	79,1	0,0
14:14	99,5	78,8	0,0	79,5	0,0
14:14	99,5	79,1	0,0	79,8	0,0
14:15	99,5	79,4		80,1	0,0
14:15	99,5	79,7		80,4	0,0
14:15	99,5	80,0	0,0	80,7	0,0
14:16	99,5	80,3	0,0	81,0	0,0
14:16	99,5	80,6	0,0	81,3	0,0
14:16	99,5	80,9	0,0	81,6	0,0
14:17	99,5	81,2	0,0	81,9	0,0
14:17	99,5	81,5	0,0	82,2	0,0

Continuación

14:17	99,5	81,8	0,0	82,5	0,0
14:18	99,5	82,1	0,0	82,8	0,0
14:18	99,5	82,3	0,0	83,0	0,1
14:18	99,5	82,6	0,0	83,3	0,1
14:19	99,5	82,9	0,1	83,6	0,1
14:19	99,5	83,1	0,1	83,8	0,1
14:19	99,5	83,4	0,1	84,1	0,1
14:20	99,5	83,7	0,1	84,4	0,1
14:20	99,4	83,9	0,1	84,6	0,1
14:20	99,5	84,2		84,9	0,1
14:21	99,4	84,4	0,1	85,1	0,1
14:21	99,5	84,6	0,1	85,4	0,1
14:21	99,4	84,9	0,1	85,6	0,1
14:22	99,4	85,1	0,1	85,8	0,1
14:22	99,4	85,4	0,1	86,1	0,1
14:22	99,4	85,6	0,1	86,3	0,1
14:23	99,4	85,8	0,1	86,5	0,2
14:23	99,4	86,0	0,1	86,7	0,2
14:23	99,4	86,2		87,0	0,2
14:24	99,4	86,5		87,2	0,2
14:24	99,4	86,7	0,2	87,4	0,2
14:24	99,4	86,9	0,2	87,6	0,2
14:25	99,4	87,1	0,2	87,8	0,2
14:25	99,4	87,3	0,2	88,0	0,2
14:25	99,4	87,5	0,2	88,2	0,3
14:26	99,4	87,7	0,2	88,4	0,3
14:26	99,4	87,9	0,2	88,6	0,3
14:26	99,4	88,1	0,3	88,8	0,3
14:27	99,4	88,3	0,3	89,0	0,3
14:27	99,4	88,5	0,3	89,1	0,3
14:27	99,4	88,6	0,3	89,3	0,4
14:28	99,4	88,8	0,3	89,5	0,4
14:28	99,4	89,0	0,3	89,7	0,4
14:28	99,4	89,2	0,4	89,9	0,4
14:29	99,4	89,4	0,4	90,0	0,5
14:29	99,4	89,5	0,4	90,2	0,5
14:29	99,4	89,7	0,4	90,3	0,5
14:30	99,4	89,8	0,5	90,5	
14:30	99,4	90,0		90,7	0,6

Continuación

14:30	99,4	90,2	0,5	90,8	0,6
14:31	99,4	90,3	0,5	91,0	0,6
14:31	99,4	90,5	0,6	91,1	0,7
14:31	99,4	90,6	0,6	91,3	0,7
14:32	99,4	90,7	0,6	91,4	0,7
14:32	99,4	90,9		91,6	0,8
14:32	99,4	91,1	0,7	91,7	0,8
14:33	99,4	91,2	0,7	91,8	0,9
14:33	99,4	91,3	0,8	92,0	
14:33	99,4	91,5	0,8	92,1	0,9
14:34	99,4	91,6	0,8	92,2	1,0
14:34	99,4	91,7		92,4	1,0
14:34	99,4	91,9	0,9	92,5	1,1
14:35	99,3	92,0	1,0	92,6	1,1
14:35	99,4	92,1	1,0	92,7	1,2
14:35	99,3	92,2	1,0	92,8	1,2
14:36	99,3	92,4	1,1	93,0	1,3
14:36	99,3	92,5	1,1	93,1	1,3
14:36	99,3	92,6	1,2	93,2	1,4
14:37	99,3	92,7	1,2	93,3	1,5
14:37	99,3	92,8	1,3	93,4	1,5
14:37	99,3	92,9	1,3	93,5	1,6
14:38	99,3	93,1	1,4	93,6	1,7
14:38	99,3	93,2	1,5	93,7	1,7
14:38	99,3	93,3	1,5	93,8	1,8
14:39	99,3	93,4	1,6	93,9	1,9
14:39	99,3	93,5	1,6	94,0	1,9
14:39	99,3	93,6	1,7	94,1	2,0
14:40	99,3	93,7	1,8	94,2	2,1
14:40	99,3	93,8	1,8	94,3	2,2
14:40	99,3	93,9	1,9	94,4	2,2
14:41	99,3	94,0	2,0	94,5	2,3
14:41	99,3	94,1	2,0	94,6	2,4
14:41	99,3	94,2	2,1	94,7	2,5
14:42	99,3	94,2	2,2	94,8	2,6
14:42	99,3	94,3	2,3	94,8	2,6
14:42	99,3	94,4	2,3	94,9	2,7
14:43	99,3	94,5	2,4	95,0	2,8
14:43	99,3	94,6	2,5	95,1	2,9

Continuación

14:43	99,3	94,7	2,6	95,2	3,0
14:44	99,0	94,8	2,7	95,2	3,1
14:44	98,7	94,8	2,8	95,3	3,2
14:44	72,2	94,9	2,9	95,3	3,3
14:45	57,6	94,5	2,9	94,9	3,4
14:45	49,0	94,2	3,0	94,4	3,5
14:45	47,0	93,8	3,1	93,9	
14:46	45,8	93,5	3,1	93,6	3,6
14:46	42,4	93,4	3,2	93,4	3,7
14:46	41,9	93,2	3,3	93,2	3,7
14:47	41,5	93,1	3,3	93,0	3,8
14:47	41,1	93,0	3,4	92,9	3,8
14:47	40,6	92,9	3,4	92,8	3,9
14:48	40,4	92,8		92,6	3,9
14:48	40,5	92,7		92,5	
14:48	40,5	92,6		92,3	
14:49	40,0	92,5	3,6	92,1	4,1
14:49	39,8	92,4	3,7	91,9	4,1
14:49	39,5	92,2	3,7	91,7	4,2
14:50	39,5	92,0	3,8	91,4	4,2
14:50	39,1	91,7	3,8	91,1	4,2
14:50	38,8	91,4	3,8	90,7	4,3
14:51	38,4	91,1	3,9	90,3	4,3
14:51	38,5	90,8	3,9	89,9	4,3
14:51	38,7	90,4	3,9	89,4	4,3
14:52	39,0	90,0	4,0	89,0	4,4
14:52	39,0	89,5	4,0	88,4	4,4
14:52	38,9	89,0	4,0	87,9	4,4
14:53	39,1	88,5	4,0	87,4	4,4
14:53	38,6	88,0	4,0	86,8	4,4
14:53	38,4	87,5	4,0	86,2	4,4
14:54	38,4	86,9	4,1	85,6	4,4
14:54	38,4	86,3	4,1	85,0	4,4
14:54	38,4	85,8	4,1	84,4	4,4
14:55	38,6	85,2	4,1	83,8	4,4
14:55	38,2	84,5	4,1	83,1	4,4
14:55	38,1	83,9	4,1	82,5	4,5
14:56	38,2	83,3	4,1	81,8	4,5
14:56	38,3	82,7	4,1	81,2	4,5

Continuación

14:56	38,4	82,0	4,1	80,5	4,5
14:57	38,8	81,4	4,1	79,8	4,5
14:57	38,7	80,7	4,1	79,2	4,5
14:57	38,4	80,1		78,4	4,5
14:58	38,3	79,4	4,1	77,2	4,5
14:58	38,3	78,8	4,1	75,4	4,5
14:58	37,4	78,1	4,1	73,1	4,5
14:59	37,5	77,5	4,1	71,1	4,5
14:59	37,5	76,8	4,1	69,3	
14:59	37,4	76,2	4,1	68,0	4,5
15:00	37,3	75,5	4,1	67,1	4,5
15:00	37,7	74,9	4,1	66,4	4,5
15:00	38,2	74,3	4,1	65,9	4,5
15:01	38,2	73,7	4,1	65,5	4,5
15:01	37,8	73,0	4,1	65,2	4,5
15:01	37,5	72,4	4,1	64,8	4,5
15:02	37,3	71,8	4,1	64,5	4,5
15:02	37,1	71,2	4,1	64,2	4,5
15:02	36,8	70,5	4,1	63,8	4,5
15:03	34,1	69,9	4,1	63,5	4,5
15:03	31,5	69,3	4,1	63,1	4,5
15:03	29,8	68,8	4,1	62,7	4,5
15:04	28,1	68,2	4,1	62,4	4,5
15:04	26,7	67,6	4,1	62,0	4,5
15:04	25,7	67,0	4,1	61,6	4,5
15:05	24,9	66,5	4,1	61,2	4,5
15:05	24,5	65,9	4,1	60,8	4,5
15:05	24,2	65,3	4,1	60,4	4,5
15:06	24,1	64,8	4,1	60,0	4,5
15:06	24,2	64,3	4,1	59,6	4,5
15:06	24,1	63,7	4,1	59,2	4,5
15:07	24,1	63,2	4,1	58,8	4,5
15:07	23,9	62,7	4,1	58,4	4,5
15:07	23,7	62,1	4,1	58,0	4,5
15:08	24,9	61,6	4,1	57,6	4,5
15:08	24,2	61,1	4,1	57,2	4,5
15:08	24,0	60,6	4,1	56,8	4,5
15:09	24,0	60,1	4,1	56,4	4,5
15:09	24,1	59,7	4,1	56,0	4,5

Continuación

15:09	24,2	59,2	4,1	55,1	4,5
15:10	23,9	58,8	4,1	55,0	4,5
15:10	23,7	58,3	4,1	54,8	4,5
15:10	23,5	57,8	4,1	54,5	4,5
15:11	23,3	57,4	4,1	54,2	4,5
15:11	23,1	57,00	4,1	53,9	4,5
15:11	23,1	56,5	4,1	53,6	4,5
15:12	23,1	40,9	4,1	53,3	4,5
15:12	23,2	28,8	4,1	26,0	4,5
15:12	23,3	26,6	4,1	24,5	4,5
15:13	23,4	24,5	4,1	24,4	4,5
15:13	23,5	23,9	4,1	24,3	4,5
15:13	23,5	23,6	4,1	24,2	4,5
15:14	23,3	23,6	4,1	24,1	4,5
15:14	23,2	23,4	4,1	24,0	4,5
15:14	23,1	23,4	4,1	24,0	4,5
15:15	23,1	23,3	4,1	23,9	4,5

-M4T11734-⁰C, M4T11718-⁰C, M4T11741-⁰C: Números de serie de los sensores Data Trace utilizados para la adquisición de datos.

ANEXO 2: EVALUACIÓN DEL PROCESO TÉRMICO APLICANDO EL MÉTODO GENERAL.

Repetición 1

Tiempo (seg.)	100 °C					
	R1					P 100
	Tr	Ti	Ti (°F)	L	A	
			$10^{((Ti-To)/z)}$	$(L1+L2)(\text{variación T})/2$		
0	23,6	56,1	132,98	0,0000		0,0000
20	23,6	57,2	134,96	0,0000	0,0000	0,0000
40	23,6	57,6	135,68	0,0000	0,0000	0,0000
60	23,6	57,9	136,22	0,0000	0,0000	0,0000
80	23,6	58,2	136,76	0,0000	0,0000	0,0000
100	23,6	58,4	137,12	0,0000	0,0000	0,0000
120	25,4	58,6	137,48	0,0000	0,0000	0,0000
140	25,6	58,8	137,84	0,0000	0,0000	0,0000
160	27,7	59,0	138,2	0,0000	0,0000	0,0001
180	29,6	59,1	138,38	0,0000	0,0000	0,0001
200	31,6	59,3	138,74	0,0000	0,0000	0,0001
220	57,3	59,5	139,1	0,0000	0,0000	0,0001
240	67,9	59,7	139,46	0,0000	0,0000	0,0001
260	74,2	60,0	140,00	0,0000	0,0000	0,0001
280	79,7	60,3	140,54	0,0000	0,0000	0,0001
300	84,6	60,6	141,08	0,0000	0,0000	0,0001
320	89,2	60,9	141,62	0,0000	0,0000	0,0001
340	93,0	61,2	142,16	0,0000	0,0000	0,0001
360	96,2	61,5	142,7	0,0000	0,0000	0,0002
380	97,8	61,8	143,24	0,0001	0,0000	0,0002
400	98,6	62,0	143,6	0,0001	0,0000	0,0002
420	98,8	62,2	143,96	0,0001	0,0000	0,0002
440	99,0	62,4	144,32	0,0001	0,0000	0,0002
460	99,1	62,6	144,68	0,0001	0,0000	0,0003
480	99,1	62,8	145,04	0,0001	0,0000	0,0003
500	99,1	62,9	145,22	0,0001	0,0000	0,0003
520	99,1	63,1	145,58	0,0001	0,0000	0,0003
540	99,2	63,2	145,76	0,0001	0,0000	0,0003
560	99,2	63,3	145,94	0,0001	0,0000	0,0004
580	99,2	63,5	146,3	0,0001	0,0000	0,0004
600	99,2	63,6	146,48	0,0001	0,0000	0,0004

continuación

620	99,3	63,8	146,84	0,0001	0,0000	0,0005
640	99,2	63,9	147,02	0,0001	0,0000	0,0005
660	99,3	64,1	147,38	0,0001	0,0000	0,0005
680	99,3	64,3	147,74	0,0001	0,0000	0,0005
700	99,3	64,4	147,92	0,0001	0,0000	0,0006
720	99,3	64,6	148,28	0,0001	0,0000	0,0006
740	99,3	64,9	148,82	0,0001	0,0000	0,0006
760	99,3	65,1	149,18	0,0001	0,0000	0,0007
780	99,3	65,3	149,54	0,0001	0,0000	0,0007
800	99,3	65,5	149,9	0,0001	0,0000	0,0008
820	99,3	65,8	150,44	0,0001	0,0000	0,0008
840	99,3	66,0	150,8	0,0002	0,0000	0,0009
860	99,3	66,3	151,34	0,0002	0,0001	0,0009
880	99,3	66,6	151,88	0,0002	0,0001	0,0010
900	99,3	66,9	152,42	0,0002	0,0001	0,0010
920	99,3	67,2	152,96	0,0002	0,0001	0,0011
940	99,4	67,5	153,50	0,0002	0,0001	0,0012
960	99,4	67,8	154,04	0,0002	0,0001	0,0012
980	99,4	68,1	154,58	0,0003	0,0001	0,0013
1000	99,4	68,4	155,12	0,0003	0,0001	0,0014
1020	99,4	68,7	155,66	0,0003	0,0001	0,0015
1040	99,4	69,1	156,38	0,0003	0,0001	0,0016
1060	99,4	69,4	156,92	0,0004	0,0001	0,0017
1080	99,4	69,8	157,64	0,0004	0,0001	0,0019
1100	99,4	70,1	158,18	0,0004	0,0001	0,0020
1120	99,4	70,5	158,9	0,0005	0,0002	0,0022
1140	99,4	70,8	159,44	0,0005	0,0002	0,0023
1160	99,5	71,2	160,16	0,0006	0,0002	0,0025
1180	99,5	71,5	160,7	0,0006	0,0002	0,0027
1200	99,5	71,9	161,42	0,0007	0,0002	0,0029
1220	99,5	72,2	161,96	0,0008	0,0002	0,0032
1240	99,5	72,6	162,68	0,0008	0,0003	0,0034
1260	99,5	73,0	163,4	0,0009	0,0003	0,0037
1280	99,5	73,3	163,94	0,001	0,0003	0,0041
1300	99,6	73,7	164,66	0,0011	0,0004	0,0044
1320	99,6	74,0	165,2	0,0012	0,0004	0,0048
1340	99,6	74,4	165,92	0,0013	0,0004	0,0052
1360	99,6	74,7	166,46	0,0014	0,0005	0,0057
1380	99,5	75,1	167,18	0,0016	0,0005	0,0062

continuación

1400	99,5	75,4	167,72	0,0017	0,0006	0,0067
1420	99,5	75,8	168,44	0,0019	0,0006	0,0073
1440	99,5	76,1	168,98	0,0021	0,0007	0,0080
1460	99,5	76,4	169,52	0,0022	0,0007	0,0087
1480	99,5	76,8	170,24	0,0025	0,0008	0,0095
1500	99,5	77,1	170,78	0,0027	0,0009	0,0104
1520	99,5	77,5	171,5	0,003	0,0009	0,0113
1540	99,5	77,8	172,04	0,0032	0,0010	0,0123
1560	99,5	78,1	172,58	0,0035	0,0011	0,0134
1580	99,5	78,4	173,12	0,0037	0,0012	0,0146
1600	99,5	78,8	173,84	0,0041	0,0013	0,0160
1620	99,5	79,1	174,38	0,0045	0,0014	0,0174
1640	99,5	79,4	174,92	0,0048	0,0016	0,0189
1660	99,5	79,7	175,46	0,0052	0,0017	0,0206
1680	99,5	80,0	176,00	0,0057	0,0018	0,0224
1700	99,5	80,3	176,54	0,0061	0,0020	0,0244
1720	99,5	80,6	177,08	0,0066	0,0021	0,0265
1740	99,5	80,9	177,62	0,0071	0,0023	0,0288
1760	99,5	81,2	178,16	0,0077	0,0025	0,0313
1780	99,5	81,5	178,70	0,0083	0,0027	0,0340
1800	99,5	81,8	179,24	0,009	0,0029	0,0369
1820	99,5	82,1	179,78	0,0097	0,0031	0,0400
1840	99,5	82,3	180,14	0,0103	0,0033	0,0433
1860	99,5	82,6	180,68	0,0111	0,0036	0,0469
1880	99,5	82,9	181,22	0,012	0,0038	0,0507
1900	99,5	83,1	181,58	0,0126	0,0041	0,0548
1920	99,5	83,4	182,12	0,0136	0,0044	0,0592
1940	99,5	83,7	182,66	0,0147	0,0047	0,0639
1960	99,4	83,9	183,02	0,0155	0,0050	0,0690
1980	99,5	84,2	183,56	0,0168	0,0054	0,0744
2000	99,4	84,4	183,92	0,0177	0,0057	0,0801
2020	99,5	84,6	184,28	0,0186	0,0060	0,0862
2040	99,4	84,9	184,82	0,0201	0,0065	0,0926
2060	99,4	85,1	185,18	0,0212	0,0069	0,0995
2080	99,4	85,4	185,72	0,0229	0,0073	0,1068
2100	99,4	85,6	186,08	0,0241	0,0078	0,1147
2120	99,4	85,8	186,44	0,0254	0,0082	0,1229
2140	99,4	86,0	186,8	0,0267	0,0087	0,1316
2160	99,4	86,2	187,16	0,0281	0,0091	0,1407

continuación

2180	99,4	86,5	187,7	0,0304	0,0098	0,1505
2200	99,4	86,7	188,06	0,032	0,0104	0,1609
2220	99,4	86,9	188,42	0,0337	0,0110	0,1719
2240	99,4	87,1	188,78	0,0355	0,0115	0,1834
2260	99,4	87,3	189,14	0,0374	0,0122	0,1956
2280	99,4	87,5	189,5	0,0394	0,0128	0,2084
2300	99,4	87,7	189,86	0,0415	0,0135	0,2219
2320	99,4	87,9	190,22	0,0437	0,0142	0,2361
2340	99,4	88,1	190,58	0,046	0,0150	0,2510
2360	99,4	88,3	190,94	0,0485	0,0157	0,2668
2380	99,4	88,5	191,3	0,051	0,0166	0,2833
2400	99,4	88,6	191,48	0,0524	0,0172	0,3006
2420	99,4	88,8	191,84	0,0552	0,0179	0,3185
2440	99,4	89,0	192,2	0,0581	0,0189	0,3374
2460	99,4	89,2	192,56	0,0612	0,0199	0,3572
2480	99,4	89,4	192,92	0,0644	0,0209	0,3782
2500	99,4	89,5	193,1	0,0661	0,0218	0,3999
2520	99,4	89,7	193,46	0,0696	0,0226	0,4225
2540	99,4	89,8	193,64	0,0714	0,0235	0,4461
2560	99,4	90,0	194,0	0,0752	0,0244	0,4705
2580	99,4	90,2	194,36	0,0792	0,0257	0,4962
2600	99,4	90,3	194,54	0,0813	0,0268	0,5230
2620	99,4	90,5	194,9	0,0856	0,0278	0,5508
2640	99,4	90,6	195,08	0,0879	0,0289	0,5797
2660	99,4	90,7	195,26	0,0902	0,0297	0,6094
2680	99,4	90,9	195,62	0,0950	0,0309	0,6403
2700	99,4	91,1	195,98	0,1000	0,0325	0,6728
2720	99,4	91,2	196,16	0,1026	0,0338	0,7065
2740	99,4	91,3	196,34	0,1053	0,0347	0,7412
2760	99,4	91,5	196,7	0,1109	0,0360	0,7772
2780	99,4	91,6	196,88	0,1138	0,0375	0,8147
2800	99,4	91,7	197,06	0,1168	0,0384	0,8531
2820	99,4	91,9	197,42	0,1230	0,0400	0,8931
2840	99,3	92,0	197,6	0,1262	0,0415	0,9346
2860	99,4	92,1	197,78	0,1295	0,0426	0,9772
2880	99,3	92,2	197,96	0,1329	0,0437	1,021
2900	99,3	92,4	198,32	0,1400	0,0455	1,0665
2920	99,3	92,5	198,5	0,1436	0,0473	1,1137
2940	99,3	92,6	198,68	0,1474	0,0485	1,1622

continuación

2960	99,3	92,7	198,86	0,1513	0,0498	1.212
2980	99,3	92,8	199,04	0,1552	0,0511	1,2631
3000	99,3	92,9	199,22	0,1593	0,0524	1,3155
3020	99,3	93,1	199,58	0,1678	0,0545	1,370
3040	99,3	93,2	199,76	0,1722	0,0567	1,4267
3060	99,3	93,3	199,94	0,1767	0,0581	1,4848
3080	99,3	93,4	200,12	0,1813	0,0597	1,5445
3100	99,3	93,5	200,3	0,1861	0,0612	1,6057
3120	99,3	93,6	200,48	0,1909	0,0628	1,6686
3140	99,3	93,7	200,66	0,1959	0,0645	1,7331
3160	99,3	93,8	200,84	0,2011	0,0662	1,7992
3180	99,3	93,9	201,02	0,2064	0,0679	1,8671
3200	99,3	94,0	201,2	0,2118	0,0697	1,9368
3220	99,3	94,1	201,38	0,2173	0,0715	2,0083
3240	99,3	94,2	201,56	0,2230	0,0734	2,0817
3260	99,3	94,2	201,56	0,2230	0,0743	2,156
3280	99,3	94,3	201,74	0,2288	0,0753	2,2314
3300	99,3	94,4	201,92	0,2348	0,0773	2,3086
3320	99,3	94,5	202,1	0,2410	0,0793	2,3879
3340	99,3	94,6	202,28	0,2473	0,0814	2,4693
3360	99,3	94,7	202,46	0,2538	0,0835	2,5529
3380	99,0	94,8	202,64	0,2605	0,0857	2,6386
3400	98,7	94,8	202,64	0,2605	0,0868	2.7254
3420	72,2	94,9	202,82	0,2673	0,0880	2.8133
3440	57,6	94,5	202,1	0,2410	0,0847	2,898
3460	49,0	94,2	201,56	0,2230	0,0773	2,9754
3480	47,0	93,8	200,84	0,2011	0,0707	3,0461
3500	45,8	93,5	200,3	0,1861	0,0645	3,1106
3520	42,4	93,4	200,12	0,1813	0,0612	3,1718
3540	41,9	93,2	199,76	0,1722	0,0589	3,2307
3560	41,5	93,1	199,58	0,1678	0,0567	3,2874
3580	41,1	93,0	199,4	0,1635	0,0552	3,3426
3600	40,6	92,9	199,22	0,1593	0,0538	3,3964
3620	40,4	92,8	199,04	0,1552	0,0524	3,4488
3640	40,5	92,7	198,86	0,1513	0,0511	3,4999
3660	40,5	92,6	198,68	0,1474	0,0498	3,5497
3680	40,0	92,5	198,5	0,1436	0,0485	3,5982
3700	39,8	92,4	198,32	0,1400	0,0473	3,6455
3720	39,5	92,2	197,96	0,1329	0,0455	3,691

continuación

3740	39,5	92,0	197,6	0,1262	0,0432	3,7341
3760	39,1	91,7	197,06	0,1168	0,0405	3,7747
3780	38,8	91,4	196,52	0,1081	0,0375	3,8121
3800	38,4	91,1	195,98	0,1000	0,0347	3,8468
3820	38,5	90,8	195,44	0,0925	0,0321	3,8789
3840	38,7	90,4	194,72	0,0834	0,0293	3,9082
3860	39,0	90,0	194,00	0,0752	0,0264	3,9347
3880	39,0	89,5	193,10	0,0661	0,0236	3,9582
3900	38,9	89,0	192,20	0,0581	0,0207	3,9789
3920	39,1	88,5	191,30	0,0510	0,0182	3,9971
3940	38,6	88,0	190,40	0,0448	0,0160	4,0131
3960	38,4	87,5	189,50	0,0394	0,0140	4,0271
3980	38,4	86,9	188,42	0,0337	0,0122	4,0393
4000	38,4	86,3	187,34	0,0289	0,0104	4,0498
4020	38,4	85,8	186,44	0,0254	0,0090	4,0588
4040	38,6	85,2	185,36	0,0217	0,0079	4,0666
4060	38,2	84,5	184,10	0,0181	0,0066	4,0733
4080	38,1	83,9	183,02	0,0155	0,0056	4,0789
4100	38,2	83,3	181,94	0,0133	0,0048	4,0837
4120	38,3	82,7	180,86	0,0114	0,0041	4,0878
4140	38,4	82,0	179,60	0,0095	0,0035	4,0913
4160	38,8	81,4	178,52	0,0081	0,0029	4,0942
4180	38,7	80,7	177,26	0,0068	0,0025	4,0967
4200	38,4	80,1	176,18	0,0058	0,0021	4,0988
4220	38,3	79,4	174,92	0,0048	0,0018	4,1006
4240	38,3	78,8	173,84	0,0041	0,0015	4,1021
4260	37,4	78,1	172,58	0,0035	0,0013	4,1034
4280	37,5	77,5	171,5	0,0030	0,0011	4,1044
4300	37,5	76,8	170,24	0,0025	0,0009	4,1053
4320	37,4	76,2	169,16	0,0021	0,0008	4,1061
4340	37,3	75,5	167,9	0,0018	0,0006	4,1068
4360	37,7	74,9	166,82	0,0015	0,0005	4,1073
4380	38,2	74,3	165,74	0,0013	0,0005	4,1078
4400	38,2	73,7	164,66	0,0011	0,0004	4,1082
4420	37,8	73,0	163,40	0,0009	0,0003	4,1085
4440	37,5	72,4	162,32	0,0008	0,0003	4,1088
4460	37,3	71,8	161,24	0,0007	0,0002	4,109
4480	37,1	71,2	160,16	0,0006	0,0002	4,1092
4500	36,8	70,5	158,90	0,0005	0,0002	4,1094

continuación

4520	34,1	69,9	157,82	0,0004	0,0001	4,1096
4540	31,5	69,3	156,74	0,0004	0,0001	4,1097
4560	29,8	68,8	155,84	0,0003	0,0001	4,1098
4580	28,1	68,2	154,76	0,0003	0,0001	4,1099
4600	26,7	67,6	153,68	0,0002	0,0001	4,11
4620	25,7	67,0	152,60	0,0002	0,0001	4,1101
4640	24,9	66,5	151,7	0,0002	0,0001	4,1101
4660	24,5	65,9	150,62	0,0001	0,0001	4,1102
4680	24,2	65,3	149,54	0,0001	0,0000	4,1102
4700	24,1	64,8	148,64	0,0001	0,0000	4,1103
4720	24,2	64,3	147,74	0,0001	0,0000	4,1103
4740	24,1	63,7	146,66	0,0001	0,0000	4,1103
4760	24,1	63,2	145,76	0,0001	0,0000	4,1104
4780	23,9	62,7	144,86	0,0001	0,0000	4,1104
4800	23,7	62,1	143,78	0,0001	0,0000	4,1104
4820	24,9	61,6	142,88	0,0000	0,0000	4,1104
4840	24,2	61,1	141,98	0,0000	0,0000	4,1104
4860	24,0	60,6	141,08	0,0000	0,0000	4,1104
4880	24,0	60,1	140,18	0,0000	0,0000	4,1105
4900	24,1	59,7	139,46	0,0000	0,0000	4,1105
4920	24,2	59,2	138,56	0,0000	0,0000	4,1105
4940	23,9	58,8	137,84	0,0000	0,0000	4,1105
4960	23,7	58,3	136,94	0,0000	0,0000	4,1105
4980	23,5	57,8	136,04	0,0000	0,0000	4,1105
5000	23,3	57,4	135,32	0,0000	0,0000	4,1105
5020	23,1	57,0	134,60	0,0000	0,0000	4,1105
5040	23,1	56,5	133,70	0,0000	0,0000	4,1105

Repetición 2

Tiempo (seg.)	100 °C					
	R2					P 100
	Tr (°C)	Ti (°C)	Ti (°F)	L	A	
				$10^{((Ti-To)/z)}$	$(L1+L2)(\text{variación } T)/2$	
0	23,6	55,6	132,1	0,0000		0
20	23,6	57,1	134,8	0,0000	0	0
40	23,6	57,5	135,5	0,0000	0	0
60	23,6	57,8	136,0	0,0000	0	0
80	23,6	58,0	136,4	0,0000	0	0
100	23,6	58,2	136,8	0,0000	0	0
120	25,4	58,4	137,1	0,0000	0	0
140	25,6	58,5	137,3	0,0000	0	0
160	27,7	58,7	137,7	0,0000	0	0
180	29,6	58,8	137,8	0,0000	0	0,0001
200	31,6	59,0	138,2	0,0000	0	0,0001
220	57,3	59,2	138,6	0,0000	0	0,0001
240	67,9	59,5	139,1	0,0000	0	0,0001
260	74,2	59,8	139,6	0,0000	0	0,0001
280	79,7	60,2	140,4	0,0000	0	0,0001
300	84,6	60,5	140,9	0,0000	0	0,0001
320	89,2	60,9	141,6	0,0000	0	0,0001
340	93,0	61,3	142,3	0,0000	0	0,0001
360	96,2	61,6	142,9	0,0000	0	0,0002
380	97,8	61,9	143,4	0,0001	0	0,0002
400	98,6	62,2	144,0	0,0001	0	0,0002
420	98,8	62,4	144,3	0,0001	0	0,0002
440	99,0	62,6	144,7	0,0001	0	0,0002
460	99,1	62,8	145,0	0,0001	0	0,0003
480	99,1	62,9	145,2	0,0001	0	0,0003
500	99,1	63,1	145,6	0,0001	0	0,0003
520	99,1	63,3	145,9	0,0001	0	0,0003
540	99,2	63,4	146,1	0,0001	0	0,0003
560	99,2	63,6	146,5	0,0001	0	0,0004
580	99,2	63,8	146,8	0,0001	0	0,0004
600	99,2	63,9	147,0	0,0001	0	0,0004
620	99,3	64,1	147,4	0,0001	0	0,0005
640	99,2	64,3	147,7	0,0001	0	0,0005

Continuación.

660	99,3	64,5	148,1	0,0001	0	0,0005
680	99,3	64,7	148,5	0,0001	0	0,0006
700	99,3	64,9	148,8	0,0001	0	0,0006
720	99,3	65,2	149,4	0,0001	0	0,0006
740	99,3	65,4	149,7	0,0001	0	0,0007
760	99,3	65,6	150,1	0,0001	0	0,0007
780	99,3	65,9	150,6	0,0001	0	0,0008
800	99,3	66,2	151,2	0,0002	0,0001	0,0008
820	99,3	66,5	151,7	0,0002	0,0001	0,0009
840	99,3	66,7	152,1	0,0002	0,0001	0,0009
860	99,3	67,0	152,6	0,0002	0,0001	0.001
880	99,3	67,3	153,1	0,0002	0,0001	0,0011
900	99,3	67,7	153,9	0,0002	0,0001	0,0011
920	99,3	68,0	154,4	0,0003	0,0001	0,0012
940	99,4	68,3	154,9	0,0003	0,0001	0,0013
960	99,4	68,6	155,5	0,0003	0,0001	0,0014
980	99,3	69,0	156,2	0,0003	0,0001	0,0015
1000	99,4	69,3	156,7	0,0004	0,0001	0,0016
1020	99,4	69,6	157,3	0,0004	0,0001	0,0017
1040	99,4	70,0	158,0	0,0004	0,0001	0,0019
1060	99,4	70,4	158,7	0,0005	0,0001	0.002
1080	99,4	70,7	159,3	0,0005	0,0002	0,0022
1100	99,4	71,1	160,0	0,0006	0,0002	0,0024
1120	99,4	71,4	160,5	0,0006	0,0002	0,0026
1140	99,4	71,8	161,2	0,0007	0,0002	0,0028
1160	99,5	72,1	161,8	0,0007	0,0002	0,003
1180	99,5	72,5	162,5	0,0008	0,0003	0,0033
1200	99,5	72,9	163,2	0,0009	0,0003	0,0036
1220	99,5	73,2	163,8	0,001	0,0003	0,0039
1240	99,5	73,6	164,5	0,0011	0,0003	0,0042
1260	99,5	74,0	165,2	0,0012	0,0004	0,0046
1280	99,5	74,3	165,7	0,0013	0,0004	0,005
1300	99,6	74,7	166,5	0,0014	0,0005	0,0055
1320	99,6	75,0	167,0	0,0016	0,0005	0,006
1340	99,6	75,4	167,7	0,0017	0,0005	0,0065
1360	99,6	75,8	168,4	0,0019	0,0006	0,0071
1380	99,5	76,1	169,0	0,0021	0,0007	0,0078
1400	99,5	76,5	169,7	0,0023	0,0007	0,0085
1420	99,5	76,8	170,2	0,0025	0,0008	0,0093

Continuación.

1440	99,5	77,1	170,8	0.0027	0,0009	0,0102
1460	99,5	77,5	171,5	0.003	0,0009	0,0111
1480	99,5	77,8	172,0	0,0032	0,001	0,0121
1500	99,5	78,2	172,8	0,0036	0,0011	0,0133
1520	99,5	78,5	173,3	0,0038	0,0012	0,0145
1540	99,5	78,8	173,8	0,0041	0,0013	0,0158
1560	99,5	79,1	174,4	0,0045	0,0014	0,0173
1580	99,5	79,5	175,1	0,005	0,0016	0,0188
1600	99,5	79,8	175,6	0,0054	0,0017	0,0206
1620	99,5	80,1	176,2	0,0058	0.0019	0,0224
1640	99,5	80,4	176,7	0,0063	0,002	0,0244
1660	99,5	80,7	177,3	0,0068	0,0022	0,0266
1680	99,5	81,0	177,8	0,0073	0,0024	0,029
1700	99,5	81,3	178,3	0,0079	0,0025	0,0315
1720	99,5	81,6	178,9	0,0086	0,0027	0,0343
1740	99,5	81,9	179,4	0,0093	0,003	0,0372
1760	99,5	82,2	180,0	0.01	0,0032	0,0404
1780	99,5	82,5	180,5	0,0108	0,0035	0,0439
1800	99,5	82,8	181,0	0,0117	0,0037	0,0476
1820	99,5	83,0	181,4	0,0123	0,004	0,0516
1840	99,5	83,3	181,9	0,0133	0,0043	0,0559
1860	99,5	83,6	182,5	0,0144	0,0046	0,0605
1880	99,5	83,8	182,8	0,0151	0,0049	0,0654
1900	99,5	84,1	183,4	0,0163	0,0052	0,0707
1920	99,5	84,4	183,9	0,0177	0,0057	0,0764
1940	99,5	84,6	184,3	0,0186	0,006	0,0824
1960	99,4	84,9	184,8	0,0201	0,0065	0,0888
1980	99,5	85,1	185,2	0,0212	0,0069	0,0957
2000	99,4	85,4	185,7	0,0229	0,0073	0,1031
2020	99,5	85,6	186,1	0,0241	0.0078	0,1109
2040	99,4	85,8	186,4	0,0254	0,0082	0,1192
2060	99,4	86,1	187,0	0,0274	0,0088	0,128
2080	99,4	86,3	187,3	0,0289	0,0094	0,1373
2100	99,4	86,5	187,7	0,0304	0,0099	0,1472
2120	99,4	86,7	188,1	0,032	0,0104	0,1576
2140	99,4	87,0	188,6	0,0346	0,0111	0,1687
2160	99,4	87,2	189,0	0,0365	0,0118	0,1806
2180	99,4	87,4	189,3	0,0384	0,0125	0,1931
2200	99,4	87,6	189,7	0,0404	0,0131	0,2062

Continuación.

2220	99,4	87,8	190,0	0,0426	0,0138	0,22
2240	99,4	88,0	190,4	0,0448	0,0146	0,2346
2260	99,4	88,2	190,8	0,0472	0,0153	0,2499
2280	99,4	88,4	191,1	0,0497	0,0162	0,2661
2300	99,4	88,6	191,5	0,0524	0,017	0,2831
2320	99,4	88,8	191,8	0,0552	0,0179	0,301
2340	99,4	89,0	192,2	0,0581	0,0189	0,3199
2360	99,4	89,1	192,4	0,0596	0,0196	0,3395
2380	99,4	89,3	192,7	0,0628	0,0204	0,3599
2400	99,4	89,5	193,1	0,0661	0,0215	0,3814
2420	99,4	89,7	193,5	0,0696	0,0226	0,404
2440	99,4	89,9	193,8	0,0733	0,0238	0,4278
2460	99,4	90,0	194,0	0,0752	0,0248	0,4526
2480	99,4	90,2	194,4	0,0792	0,0257	0,4783
2500	99,4	90,3	194,5	0,0813	0,0268	0,5051
2520	99,4	90,5	194,9	0,0856	0,0278	0,5329
2540	99,4	90,7	195,3	0,0902	0,0293	0,5622
2560	99,4	90,8	195,4	0,0925	0,0305	0,5927
2580	99,4	91,0	195,8	0,0974	0,0317	0,6243
2600	99,4	91,1	196,0	0,1	0,0329	0,6572
2620	99,4	91,3	196,3	0,1053	0,0342	0,6915
2640	99,4	91,4	196,5	0,1081	0,0356	0,727
2660	99,4	91,6	196,9	0,1138	0,037	0,764
2680	99,4	91,7	197,1	0,1168	0,0384	0,8024
2700	99,4	91,8	197,2	0,1199	0,0394	0,8419
2720	99,4	92,0	197,6	0,1262	0,041	0,8829
2740	99,4	92,1	197,8	0,1295	0,0426	0,9255
2760	99,4	92,2	198,0	0,1329	0,0437	0,9693
2780	99,4	92,4	198,3	0,14	0,0455	1,0147
2800	99,4	92,5	198,5	0,1436	0,0473	1,062
2820	99,4	92,6	198,7	0,1474	0,0485	1,1105
2840	99,3	92,7	198,9	0,1513	0,0498	1,1603
2860	99,4	92,8	199,0	0,1552	0,0511	1,2114
2880	99,3	93,0	199,4	0,1635	0,0531	1,2645
2900	99,3	93,1	199,6	0,1678	0,0552	1,3197
2920	99,3	93,2	199,8	0,1722	0,0567	1,3764
2940	99,3	93,3	199,9	0,1767	0,0581	1,4345
2960	99,3	93,4	200,1	0,1813	0,0597	1,4942
2980	99,3	93,5	200,3	0,1861	0,0612	1,5554

Continuación.

3000	99,3	93,6	200,5	0,1909	0,0628	1,6183
3020	99,3	93,7	200,7	0,1959	0,0645	1,6827
3040	99,3	93,8	200,8	0,2011	0,0662	1,7489
3060	99,3	93,9	201,0	0,2064	0,0679	1,8168
3080	99,3	94,0	201,2	0,2118	0,0697	1,8865
3100	99,3	94,1	201,4	0,2173	0,0715	1,958
3120	99,3	94,2	201,6	0,223	0,0734	2,0314
3140	99,3	94,3	201,7	0,2288	0,0753	2,1067
3160	99,3	94,4	201,9	0,2348	0,0773	2,184
3180	99,3	94,5	202,1	0,241	0,0793	2,2633
3200	99,3	94,6	202,3	0,2473	0,0814	2,3447
3220	99,3	94,7	202,5	0,2538	0,0835	2,4282
3240	99,3	94,8	202,6	0,2605	0,0857	2,5139
3260	99,3	94,8	202,6	0,2605	0,0868	2,6007
3280	99,3	94,9	202,8	0,2673	0,088	2,6887
3300	99,3	95,0	203,0	0,2743	0,0903	2,7789
3320	99,3	95,1	203,2	0,2815	0,0926	2,8716
3340	99,3	95,2	203,4	0,2889	0,0951	2,9666
3360	99,3	95,2	203,4	0,2889	0,0963	3,0629
3380	99,0	95,3	203,5	0,2964	0,0975	3,1605
3400	98,7	95,3	203,5	0,2964	0,0988	3,2593
3420	72,2	94,9	202,8	0,2673	0,094	3,3532
3440	57,6	94,4	201,9	0,2348	0,0837	3,4369
3460	49,0	93,9	201,0	0,2064	0,0735	3,5104
3480	47,0	93,6	200,5	0,1909	0,0662	3,5766
3500	45,8	93,4	200,1	0,1813	0,062	3,6387
3520	42,4	93,2	199,8	0,1722	0,0589	3,6976
3540	41,9	93,0	199,4	0,1635	0,0559	3,7535
3560	41,5	92,9	199,2	0,1593	0,0538	3,8073
3580	41,1	92,8	199,0	0,1552	0,0524	3,8598
3600	40,6	92,6	198,7	0,1474	0,0504	3,9102
3620	40,4	92,5	198,5	0,1436	0,0485	3,9587
3640	40,5	92,3	198,1	0,1364	0,0467	4,0054
3660	40,5	92,1	197,8	0,1295	0,0443	4,0497
3680	40	91,9	197,4	0,123	0,0421	4,0918
3700	39,8	91,7	197,1	0,1168	0,04	4,1318
3720	39,5	91,4	196,5	0,1081	0,0375	4,1693
3740	39,5	91,1	196,0	0,1	0,0347	4,2039
3760	39,1	90,7	195,3	0,0902	0,0317	4,2356

Continuació

3780	38,8	90,3	194,5	0,0813	0,0286	4,2642
3800	38,4	89,9	193,8	0,0733	0,0258	4,29
3820	38,5	89,4	192,9	0,0644	0,023	4,3129
3840	38,7	89,0	192,2	0,0581	0,0204	4,3333
3860	39,0	88,4	191,1	0,0497	0,018	4,3513
3880	39,0	87,9	190,2	0,0437	0,0156	4,3669
3900	38,9	87,4	189,3	0,0384	0,0137	4,3806
3920	39,1	86,8	188,2	0,0329	0,0119	4,3924
3940	38,6	86,2	187,2	0,0281	0,0102	4,4026
3960	38,4	85,6	186,1	0,0241	0,0087	4,4113
3980	38,4	85,0	185	0,0206	0,0075	4,4188
4000	38,4	84,4	183,9	0,0177	0,0064	4,4252
4020	38,4	83,8	182,8	0,0151	0,0055	4,4306
4040	38,6	83,1	181,6	0,0126	0,0046	4,4353
4060	38,2	82,5	180,5	0,0108	0,0039	4,4392
4080	38,1	81,8	179,2	0,009	0,0033	4,4425
4100	38,2	81,2	178,2	0,0077	0,0028	4,4453
4120	38,3	80,5	176,9	0,0064	0,0024	4,4476
4140	38,4	79,8	175,6	0,0054	0,002	4,4496
4160	38,8	79,2	174,6	0,0046	0,0017	4,4512
4180	38,7	78,4	173,1	0,0037	0,0014	4,4526
4200	38,4	77,2	171,0	0,0027	0,0011	4,4537
4220	38,3	75,4	167,7	0,0017	0,0007	4,4545
4240	38,3	73,1	163,6	0,0009	0,0004	4,4549
4260	37,4	71,1	160	0,0006	0,0003	4,4552
4280	37,5	69,3	156,7	0,0004	0,0002	4,4553
4300	37,5	68,0	154,4	0,0003	0,0001	4,4554
4320	37,4	67,1	152,8	0,0002	0,0001	4,4555
4340	37,3	66,4	151,5	0,0002	0,0001	4,4555
4360	37,7	65,9	150,6	0,0001	0,0001	4,4556
4380	38,2	65,5	149,9	0,0001	0,0000	4,4556
4400	38,2	65,2	149,4	0,0001	0,0000	4,4557
4420	37,8	64,8	148,6	0,0001	0,0000	4,4557
4440	37,5	64,5	148,1	0,0001	0,0000	4,4558
4460	37,3	64,2	147,6	0,0001	0,0000	4,4558
4480	37,1	63,8	146,8	0,0001	0,0000	4,4558
4500	36,8	63,5	146,3	0,0001	0,0000	4,4559
4520	34,1	63,1	145,6	0,0001	0,0000	4,4559
4540	31,5	62,7	144,9	0,0001	0,0000	4,4559

Continuació

4560	29,8	62,4	144,3	0,0001	0,0000	4,4559
4580	28,1	62,0	143,6	0,0001	0,0000	4,4559
4600	26,7	61,6	142,9	0	0,0000	4,456
4620	25,7	61,2	142,2	0,0000	0,0000	4,456
4640	24,9	60,8	141,4	0,0000	0,0000	4,456
4660	24,5	60,4	140,7	0,0000	0,0000	4,456
4680	24,2	60	140	0,0000	0,0000	4,456
4700	24,1	59,6	139,3	0,0000	0,0000	4,456
4720	24,2	59,2	138,6	0,0000	0,0000	4,456
4740	24,1	58,8	137,8	0,0000	0,0000	4,456
4760	24,1	58,4	137,1	0,0000	0,0000	4,456
4780	23,9	58,0	136,4	0,0000	0,0000	4,4561
4800	23,7	57,6	135,7	0,0000	0,0000	4,4561
4820	24,9	57,2	135	0,0000	0,0000	4,4561
4840	24,2	56,8	134,2	0,0000	0,0000	4,4561
4860	24,0	56,4	133,5	0,0000	0,0000	4,4561
4880	24,0	56,0	132,8	0,0000	0,0000	4,4561
4900	24,1	55,1	131,2	0,0000	0,0000	4,4561
4920	24,2	55,0	131	0,0000	0,0000	4,4561
4940	23,9	54,8	130,6	0,0000	0,0000	4,4561
4960	23,7	54,5	130,1	0,0000	0,0000	4,4561
4980	23,5	54,2	129,6	0,0000	0,0000	4,4561
5000	23,3	53,9	129	0,0000	0,0000	4,4561
5020	23,1	53,6	128,5	0,0000	0,0000	4,4561

Anexo: 3 Determinación de ácido ascórbico por medio de titulación.**(A.O.A.C., 967.21., 1997)****REACTIVOS**

- Solución de 2,6-diclorofenolindofenol.
- Solución estándar de ácido ascórbico (1mg/mL).
- Solución extractora de ácido metafosforico-ácido acético.

PROCEDIMIENTO.

La determinación del contenido en ácido ascórbico (AA) se llevó a cabo mediante el método descrito por la AOAC (967.21, 1997) para frutas y vegetales. Se trata de un análisis volumétrico en el que se emplea ácido metafosforico para inactivar la enzima oxidasa ascórbica; el AA se determina por su acción reductora sobre el colorante azul 2,6 diclorofenol-indofenol.

A. Valoración del 2,6-diclorofenol-indofenol.

1. Se prepara una solución estándar de ácido ascórbico (1mg/mL).
2. Transferir una alícuota de 1 mL de solución estándar a un matraz Erlenmeyer, agregando 5mL de solución de ácido metafosforico-ácido acético (solución extractora).
3. Titular rápidamente con 2,6-diclorofenol-indofenol en una bureta de 50 ml, hasta que se observe la aparición de un tono rosa ligero.
4. Titular un blanco compuesto por 7mL de la solución extractora más el volumen gastado en la titulación del estándar de agua, y titular con 2,6-diclorofenol-indofenol, hasta el tono rosa.
5. Realizar el ensaño por triplicado.
6. Al valor obtenido del estándar, se resta el del blanco.
7. La concentración de 2,6-diclorofenol-indofenol se expresa como mg de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de 2,6-diclorofenol-indofenol.

B. Determinar del contenido de ácido ascórbico en la muestra.

1. Adicionar a la muestra su misma cantidad en solución extractora y mezclar bien.
2. Filtrar en un embudo con papel whatman.
3. Tomar una alícuota de 2mL del filtrado y 5 mL de solución de ácido metafosforico-ácido acético (solución extractora) en un matraz Erlenmeyer
4. Titular rápidamente con 2,6-diclorofenol-indofenol, hasta que se observe la aparición de un tono rosa ligero.
5. Realizar el ensayo por triplicado.
6. Al valor registrado en la titulación, se le resta el gastado en el blanco.
7. Se determina el ácido ascórbico según la siguiente ecuación:

$$\text{mg de ácido ascórbico /100 g de muestra} = \frac{V \times T \times 100}{W}$$

Donde:

V= Volumen de 2,6-diclorofenol usado para titular la muestra (mL)

T= Equivalente en ácido ascórbico de la solución 2,6- diclorofenol-indofenol expresado en mg de ácido ascórbico.

W= gramos de muestra en la alícuota analizada.

Anexo 4: Determinación del tiempo de tratamiento térmico.

Determinación de las características de penetración de calor.

Para graficar las curvas de calentamiento y enfriamiento, en primer lugar se procedió a determinar el punto más lento de calentamiento de la pulpa de copoazú, para lo cual se realizaron varias pruebas, colocándose la aguja del sensor (Data Trace) diferentes alturas del eje central del envase con el producto, según recomendación de Stumbo(1973).

Posteriormente el producto se trató térmicamente a una temperatura de 100 C por quince minutos, registrándose los datos de tiempo –temperatura del punto de calentamiento más frío determinado anteriormente. Con los datos obtenidos, se graficaron las curvas de calentamiento y enfriamiento, a partir de las cuales se determinó lo siguiente.

- La inversa de la pendiente de la curva de calentamiento (f_h)
- La inversa de la pendiente de la curva de enfriamiento (f_c)
- La temperatura pseudoinicial de calentamiento (T_{psi_h})
- La temperatura pseudoinicial de enfriamiento (T_{psi_c})
- El factor de retraso en el calentamiento (j_h)
- El factor de retraso en el enfriamiento (j_c)

Método de Stumbo (1973).

Para esto, es necesario tener en cuenta las características cinéticas de destrucción del microorganismo *Byssoschlamys fulva* (D y Z) y los valores f_h , f_c , j_h , j_c , T_{psi_h} , T_{psi_c} de la curva de penetración en la pulpa de copoazú (hallados en la etapa anterior), así como la tabla de relaciones f_h/U : para $Z= 8.9$ °C(16 ° F) tomada de Stumbo (1973).

Para el cálculo del tiempo de tratamiento térmico se siguieron los siguientes pasos:

1. Se determinó el tiempo a la temperatura de la retorta (TR) equivalente a un minuto a 100 °C (212 F), mediante la siguiente ecuación:

$$F_i = P = UP = 10^{(100-TR)/Z}$$

Donde:

$F_i=P=UP$ = Es el tiempo a cualquier temperatura equivalente a 1 minuto a 100 °C.

TR = Temperatura de la retorta o del medio de calentamiento (autoclave).

Z= 8.9 °C (16 °F).

2. Se calculó el P_s del proceso, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_s = D_r (\text{Log } a - \text{Log } b)$$

Dónde:

P_s = Letalidad integrada o capacidad degradativa del calor recibido por todos los puntos del envase de hojalata durante el proceso.

D_r = Valor de D a la temperatura de referencia

a = Número inicial de microorganismos antes del tratamiento térmico.

b = Número final de microorganismo después del tratamiento térmico a una temperatura constante.

3. El P_s del proceso considera la influencia del número inicial de esporas contaminadas y el nivel de reducción al que se debe llegar. El recuento total de hongos, tomada de la carga inicial del fruto de copoazù. Se consideró como el número de ascoesporas del *Byssochlamys fulva* por gramo de producto.

4. Se consideró P_s igual a P_c , para una mayor seguridad al tiempo de proceso calculado (Stumbo).

5. Se calculó el valor de U_c correspondiente al P_c hallado, utilizando la siguiente ecuación:

$$U_c = P_c \times P_i$$

Dónde:

U = equivale en minutos a la temperatura de la retorta de todo el calor letal recibido en el punto más frío del recipiente durante el proceso.

6. Se encontró la relación f_h/U_c y con este valor se ingresó a la tabla reportada por Stumbo (1973) en la que se muestra las relaciones f/U para $Z = 8,9$ °C e interpolando para el valor de $j_c = 1,41$ (que se obtuvo experimentalmente), encontrado el correspondiente valor de g .
7. Se calculó el valor de la función I mediante la siguiente ecuación:

$$I_h = TR - T_i$$

Dónde:

TR = Temperatura del medio de calentamiento o temperatura de la retorta.

T_i = Temperatura del producto al inicio del proceso.

8. Se calculó el tiempo de calentamiento de Ball mediante la siguiente ecuación:

$$B = f_h \times \text{Log} (j_h \times I_h) / g_c$$

Dónde:

B = Tiempo desde que la autoclave alcanza la temperatura de trabajo hasta que el vapor es cortado, más el 42 % del tiempo de elevación de la temperatura.

J_h = Factor de retraso de la curva de calentamiento con respecto al centro geométrico del recipiente.

F_h = inversa de la pendiente de la curva de calentamiento en minutos.

9. El tiempo de proceso se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$T_p = B - (0,42 \times \text{CUT})$$

CUT = tiempo de levante (tiempo en el que la temperatura de la retorta llega a ser constante)

ANEXO 5: CÁLCULOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE PENETRACIÓN DE CALOR.

1. Calculo de los parámetros de calentamiento.

Primera repetición.

Datos.

$$T_r=100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_0=56,1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{CUT}=10\text{ minutos}$$

A partir de los datos de la fase de calentamiento del anexo 8, tomando como modelo

Para las porciones rectas, la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(T_R - T_i) = \frac{t}{fh} + \text{Log}(T_R - T_{psi\ h})$$

Se encuentra que la ecuación de la Figura 16 a, mediante regresión lineal es:

$$\text{Log}(T_R - T_i) = -0,0205 t + 1,8389$$

$$\text{De tal forma que: } \frac{t}{fh} = -0,0205t$$

$$: \frac{1}{fh} = -0,0205$$

$$fh=48,78\text{ minutos}$$

Asimismo, se determina el valor de $T_{psi\ h}$.

Primero, con el valor CUT, se calcula el tiempo cero corregido ($t_0\text{ corr}$)

$$T_0\text{corr}=0,58*\text{CUT}=0,58*10=5,8\text{ min.}$$

Luego, con el valor del tiempo cero corregido, se calcula el intercepto de la recta al tiempo cero corregido.

$$\text{Int}_{0\text{corr}} = 5,8 (-0,0205) + 1,8389 = 1,72$$

La temperatura en el cruce de la línea vertical que pasa por el intercepto al tiempo cero corregido y la prolongación de la recta, esta temperatura pseudoinicial de calentamiento ($T_{psi\ h}$)

$$T_{psi\ h} = T_r - 10 \text{Int}_{0\text{corr}}$$

$$T_{psi h} = 100 - 10^{1.72} = 47,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El factor de retraso j_h se calcula como sigue.

$$J_h = \frac{TR - T_{psi h}}{TR - T_i} = \frac{100 - 47,52}{100 - 56,1} = 1,2$$

2. Calculó los parámetros de enfriamiento.

Datos.

$$T_c = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_g = 94,9 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (inicio del enfriamiento)}$$

$$CUT = 10 \text{ minutos}$$

$$\text{Log}(T_i - T_c) = -\frac{t}{fh} + \text{Log}(T_{psi c} - T_c)$$

Se encuentra que la ecuación de la Figura 16 b, mediante regresión lineal es:

$$\text{Log}(T_i - T_c) = -0,0153t + 1,9768$$

$$\text{De tal forma que: } -\frac{t}{fc} = -0,0153t$$

$$: -\frac{1}{fc} = -0,0153$$

$$fc = 65,36 \text{ minutos}$$

Asimismo, se determina el valor de $T_{psi c}$:

$$T_{psi c} = T_c + 10^{\text{intercepto}}$$

$$T_{psi c} = 20 + 10^{1,9768} = 114,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El factor de retraso j_h se calcula como sigue.

$$J_c = \frac{T_{psi c} - T_c}{T_g - T_c} = \frac{114,81 - 20}{94,9 - 20} = 1,27$$

Diferencia entre f_h y f_c (%) = 25,3

	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$
T_g	94,9	
$g = T_r - T_g$	5,1	9,18

En las tablas de Stumbo, para $J_c = 1,27$

fh/U	1,2	1,27	1,4
10	8,1	8,2785	8,61
12,12		9,18	
15	10,18	10,4005	10,81

$$fh/U = 12,12$$

$$U = 4,02$$

$$P \ 100^\circ\text{C} = 4,02$$

Segunda repetición.

Calculó los parámetros de calentamiento.

Datos.

$$T_r = 100^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 55,6^\circ\text{C}$$

$$\text{CUT} = 10 \text{ minutos}$$

A partir de los datos de la fase de calentamiento del anexo 8, tomando como modelo

Para las porciones rectas, la siguiente ecuación:

$$\text{Log } (T_r - T_i) = -\frac{t}{fh} + \text{Log } (T_r - T_{psi\ h})$$

Se encuentra que la ecuación de la Figura 16 a, mediante regresión lineal es:

$$\text{Log } (T_r - T_i) = -0,0217t + 1,8516$$

$$\text{De tal forma que: } -\frac{t}{fh} = -0,0217t$$

$$\therefore -\frac{1}{fh} = -0,0217$$

$$fh = 46,08 \text{ minutos}$$

Asimismo, se determina el valor de $T_{psi\ h}$.

Primero, con el valor CUT, se calcula el tiempo cero corregido ($t_0 \text{ corr}$)

$$T_0 \text{ corr} = 0,58 * \text{CUT} = 0,58 * 10 = 5,8 \text{ min.}$$

Luego, con el valor del tiempo cero corregido, se calcula el intercepto de la recta al tiempo cero corregido.

$$\text{Int}_{0\text{corr}} = 5,8 (-0,0217) + 1,8389 = 1,71$$

La temperatura en el cruce de la línea vertical que pasa por el intercepto al tiempo cero corregido y la prolongación de la recta, esta temperatura pseudoinicial de calentamiento (T_{psi_h})

$$T_{\text{psi}_h} = T_r - 10 \text{Int}_{0\text{corr}}$$

$$T_{\text{psi}_h} = 100 - 10^{1,71} = 48,71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El factor de retraso j_h se calcula como sigue.

$$J_h = \frac{T_r - T_{\text{psi}_h}}{T_r - T_i} = \frac{100 - 48,71}{100 - 55,6} = 1,15$$

Calculó los parámetros de enfriamiento.

Datos.

$$T_c = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_g = 95,3 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (inicio del enfriamiento)}$$

$$\text{CUT} = 10 \text{ minutos}$$

$$\text{Log}(T_i - T_c) = -\frac{t}{fh} + \text{Log}(T_{\text{psi}_c} - T_c)$$

Se encuentra que la ecuación de la Figura 16 b, mediante regresión lineal es:

$$\text{Log}(T_i - T_c) = -0,0169t + 1,9582$$

$$\text{De tal forma que: } -\frac{t}{fh} = -0,0169t$$

$$: -\frac{1}{fh} = -0,0169$$

$$fh = 59,17 \text{ minutos}$$

Asimismo, se determina el valor de T_{psi_c} :

$$T_{\text{psi}_c} = T_c + 10^{\text{intercepto}}$$

$$T_{\text{psi}_c} = 20 + 10^{1,9582} = 110,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El factor de retraso J_c se calcula como sigue.

$$J_c = \frac{T_{psi\ c} - T_c}{T_g - T_c} = \frac{110,81 - 20}{95,3 - 20} = 1,21$$

Diferencia entre f_h y f_c (%) = 22,12

	°C	°F
T_g	95,3	
$g = T_r - T_g$	4,7	8,46

En las tablas de Stumbo, para $J_c = 1,2$

f_h/U	1,2	1,21	1,4
10	8,1	8,1255	8,61
10,80		8,46	
15	10,18	10,2115	10,81

$$f_h/U = 10,80$$

$$U = 4,27$$

$$P_{100^\circ C} = 4,27$$

ANEXO 6: CÁLCULOS REALIZADOS PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO MEDIANTE EL MÉTODO DE STUMBO (1973)

PRIMERA REPETICION.

Datos generales	°C	Tiempo (minutos)	UFC/g
z del microorganismo representativo	8,9		
D tiempo de reducción decimal		1	
Temperatura de referencia(m.o representativo)	93,3		
Temperatura de referencia a ser utilizada	100		
Temperatura de retorta	100		
Temperatura de agua de enfriamiento	20		
a carga microbiana inicial			1 000
b carga microbiana final			1x10 ⁻²
T0 Temperatura inicial del producto	56,1		
Fh pendiente de la curva de calentamiento	48,78		
jh factor de retraso de calentamiento	1,2		
jc factor de retraso de enfriamiento	1,27		
CUT		10	

Cálculo del valor P(UP) del proceso

$$UP = P_{93,3}^{0C} = D_{93,3}^{0C} (\log a - \log b)$$

$$P_{93,3}^{0C} = 1 \times (\log 1000 - \log 1 \times 10^{-2})$$

$$P_{93,3}^{0C} = 5 \text{ minutos.}$$

$$P_{93,3}^{0C} = P_s = P_c = 5 \times 10^{(93,3-100)/8,9} = 0,89$$

Calculo del tiempo de tratamiento térmico.

1. Para TR =100 °C

$$P_i = 10^{(100-100)/8,9} = 1,00$$

Calculo de g_c

$$U_c = P_c \times P_i = 0,89 \times 1,00 = 0,89$$

$$f_h/U_c = 48,78/0,89 = 54,80.$$

En las tablas de Stumbo, para $J_c = 1,27$

fh/U	J		
	1,2	1,27	1,4
50	16,2		17,1
54,8	16,68	17,00	17,58
60	17,2		18,1

Con este valor y a partir de las tablas fh/U: $g, z = 8,9$ °C (16 °F) y $j_c = 1,27$; e interpolando se encuentra el de $g_c = 17,00$ °F (11,33°C)

Calculo del Tiempo de proceso.

$$I_h = TR - T_i$$

$$I_h = 100 - 56,1 = 43,9$$

Calculo del tiempo de calentamiento de Ball

$$B = f_h \times \text{Log} (j_h \times I_h) / g_c$$

$$B = 48,78 \times \text{Log} \left(\frac{1,27 \times 43,9}{11,33} \right) = 32,55$$

Calculo del tiempo de proceso

$$T_p = B - (0,42 \times \text{CUT})$$

$$T_p = 32,55 - (0,42 \times 10)$$

$$T_p = 28,35 \text{ minutos.}$$

SEGUNDA REPETICION

Datos generales	°C	Tiempo (minutos)	UFC/g
z del microorganismo representativo	8,9		
D tiempo de reducción decimal		1	
Temperatura de referencia(m.o representativo)	93,3		
Temperatura de referencia a ser utilizada	100		
Temperatura de retorta	100		
Temperatura de agua de enfriamiento	20		
a carga microbiana inicial			1 000
b carga microbiana final			1x10 ⁻²
T0 Temperatura inicial del producto	55,6		
Fh pendiente de la curva de calentamiento	48,78		
jh factor de retraso de calentamiento	1,2		
jc factor de retraso de enfriamiento	121		
CUT		10	

Cálculo del valor P(UP) del proceso

$$UP = P_{93,3}^{0C} = D_{93,3}^{0C} (\log a - \log b)$$

$$P_{93,3}^{0C} = 1 \times (\log 1000 - \log 1 \times 10^{-2})$$

$$P_{93,3}^{0C} = 5 \text{ minutos.}$$

$$P_{93,3}^{0C} = P_s = P_c = 5 \times 10^{(93,3-100)/8,9} = 0,89$$

Calculo del tiempo de tratamiento térmico.

1. Para TR = 100 °C

$$P_i = 10^{(100-100)/8,9} = 1,00$$

Calculo de g_c

$$U_c = P_c \times P_i = 0,89 \times 1,00 = 0,89$$

$$fh/U_c = 46,08/0,89 = 51,77.$$

En las tablas de Stumbo, para Jc = 1,27

	J		
fh/U	1,2	1,21	1,4
50	16,2		17,1
54,8	16,68	16,73	17,58
60	17,2		18,1

Con este valor y a partir de las tablas fh/U: g, z=8,9 °C(16 °F) y jc= 1,21; e interpolando se encuentra el de gc = 16,73 °F(11,15°C)

Calculo del Tiempo de proceso.

$$l_h = TR - T_i$$

$$l_h = 100 - 55,6 = 44,4$$

Calculo del tiempo de calentamiento de Ball

$$B = f_h \times \text{Log} (j_h \times l_h) / g_c$$

$$B = 48,78 \times \text{Log} \left(\frac{1,21 \times 43,9}{11,15} \right) = 32,89$$

Calculo del tiempo de proceso

$$T_p = B - (0,42 \times \text{CUT})$$

$$T_p = 32,89 - (0,42 \times 10)$$

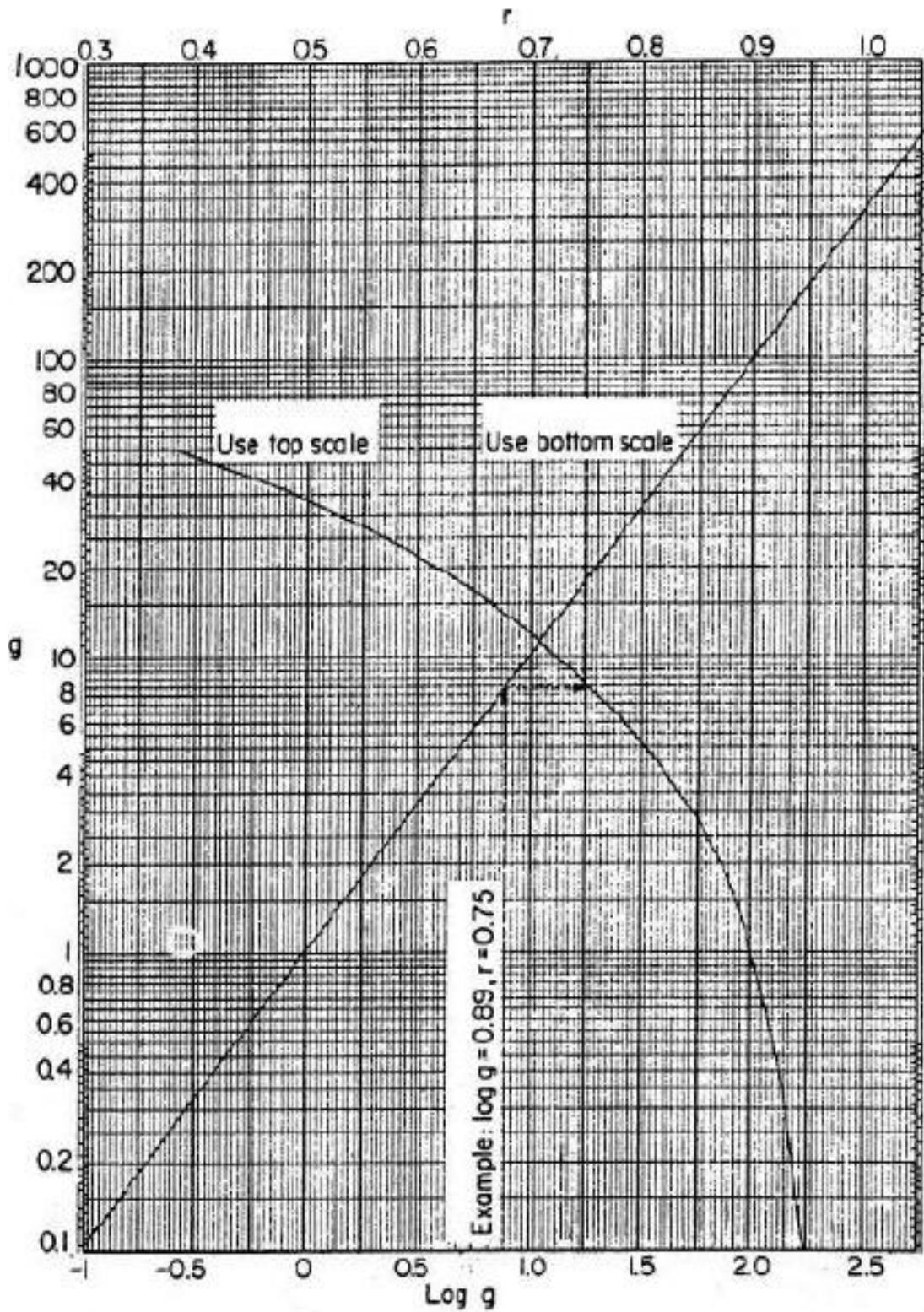
$$T_p = 28,69 \text{ minutos.}$$

ANEXO 7: Tabla de Stumbo: Relaciones fh/U:g cuando z=18°F.

fh/U	Valores de g cuando j es:								
	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
0.114	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08	1E-08
0.13	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07	1E-07
0.149	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
0.176	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
0.213	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
0.271	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
0.368	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.5	0.035	0.04	0.045	0.05	0.055	0.06	0.065	0.07	0.075
0.6	0.063	0.077	0.091	0.105	0.119	0.133	0.147	0.161	0.175
0.7	0.111	0.135	0.159	0.183	0.207	0.231	0.255	0.279	0.303
0.8	0.159	0.197	0.235	0.273	0.311	0.349	0.387	0.425	0.463
0.9	0.234	0.281	0.328	0.375	0.422	0.469	0.516	0.563	0.61
1	0.288	0.352	0.416	0.48	0.544	0.608	0.672	0.736	0.8
1.5	0.74	0.88	1.02	1.16	1.3	1.44	1.58	1.72	1.86
2	1.2	1.41	1.62	1.83	2.04	2.25	2.46	2.67	2.88
3	2.23	2.53	2.83	3.13	3.43	3.73	4.03	4.33	4.63
4	3.04	3.43	3.82	4.21	4.6	4.99	5.38	5.77	6.16
5	3.74	4.2	4.66	5.12	5.58	6.04	6.5	6.96	7.42
6	4.3	4.82	5.34	5.86	6.38	6.9	7.42	7.94	8.46
7	4.81	5.38	5.95	6.52	7.09	7.66	8.23	8.8	9.37
8	5.3	5.91	6.52	7.13	7.74	8.35	8.96	9.57	10.2
9	5.76	6.4	7.04	7.68	8.32	8.96	9.6	10.2	10.9
10	6.14	6.82	7.5	8.18	8.86	9.54	10.2	10.9	11.6
12.5	7.17	7.9	8.63	9.36	10.1	10.8	11.5	12.2	12.9
15	7.94	8.72	9.5	10.3	11.1	11.9	12.7	13.5	14.3
20	9.5	10.3	11.1	11.9	12.7	13.5	14.3	15.1	15.9
25	10.6	11.4	12.3	13.2	14.1	15	15.9	16.8	17.7
30	11.5	12.4	13.3	14.2	15.1	16	16.9	17.8	18.7
40	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.9	18.9	19.9	20.9
50	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4
60	15.1	16.2	17.3	18.4	19.5	20.6	21.7	22.8	23.9
70	16	17.1	18.2	19.3	20.4	21.5	22.6	23.7	24.8
80	16.6	17.8	19	20.2	21.4	22.6	23.8	25	26.2
100	18.4	19.6	20.8	22	23.2	24.4	25.6	26.8	28
150	20.3	21.6	22.9	24.2	25.5	26.8	28.1	29.4	30.7
200	21.9	23.3	24.7	26.1	27.5	28.9	30.3	31.7	33.1
250	23.4	24.8	26.2	27.6	29	30.4	31.8	33.2	34.6
300	24.6	26	27.4	28.8	30.2	31.6	33	34.4	35.8
350	25.3	26.8	28.3	29.8	31.3	32.8	34.3	35.8	37.3
400	26.3	27.8	29.3	30.8	32.3	33.8	35.3	36.8	38.3
500	27.8	29.3	30.8	32.3	33.8	35.3	36.8	38.3	39.8
750	30.6	32.2	33.8	35.4	37	38.6	40.2	41.8	43.4
1000	32.1	33.8	35.5	37.2	38.9	40.6	42.3	44	45.7

Fuente: Stumbo (1973)

ANEXO 8: Relación entre r , g y $\log(g)$.



Fuente: Stumbo (1973)

ANEXO 9: ANALISIS ESTADISTICO DEL PROCESAMIENTO DE PULPA ENLATADA DE COPOAZU SOBRE LA RETENCION DE VITAMINA C.

VARIABLE DEPENDIENTE: ACIDO ASCORBICO (% RETENCION B.H.)

Factor: proceso de producción (pulpa enlatada de copoazú)

Numero de observaciones: 9

Numero de niveles: 3

Resumen Estadístico para Ácido ascórbico.

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
1 materia prima	3	100,00	0,0	0,0%	100,0	100,0	0,0
2 pulpeado	3	68,13	0,7147	1,0490%	67,36	68,77	1,41
3 pasteurizado	3	49,10	0,9118	1,8569%	48,05	49,66	1,61
Total	9	72,41	18,319	25,298%	48,05	100,0	51,94

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de ácido ascórbico para cada uno de los 3 niveles de procesos de producción. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, en listado aquí bajo la columna de promedio.

Tabla ANOVA para Vitamina C por Tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado de medio	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	3 968,1	2	1984,05	3 314,17	0,0000
Dentro de grupos	3 59193	6	0,598656		
Total (Corr.)	3 971,69	8			

La tabla de ANOVA descompone la varianza de ácido ascórbico en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. El *F-Ratio*, que en este caso es 3 314,17 igual es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Asimismo, el *P-Value* de la prueba –F es menor que 0,05; existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ácido ascórbico entre un nivel de proceso de producción y otro, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla de Medias para Ácido ascórbico por procesos de producción con intervalos de confianza del 95 %

			Error est.		
Tratamiento	Recuento	Media	(s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
1 materia prima	3	29,78	0,133055	29,4913	30,0687
2 pulpeado	3	20,29	0,133055	20,0013	20,5787
3 pasteurizado	3	14,6233	0,133055	14,3347	14,912
Total	9	21,5644			

Esta tabla muestra la media de ácido ascórbico para cada nivel de proceso de producción. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (tukey) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparan un 95 % de las veces.

Para determinar la diferencia entre tratamientos, se realizó una prueba de Tukey, la cual se muestra a continuación:

Prueba de rangos múltiples (Tukey) en la retención de Vitamina C por Tratamiento

Método: 95.0 % Tukey

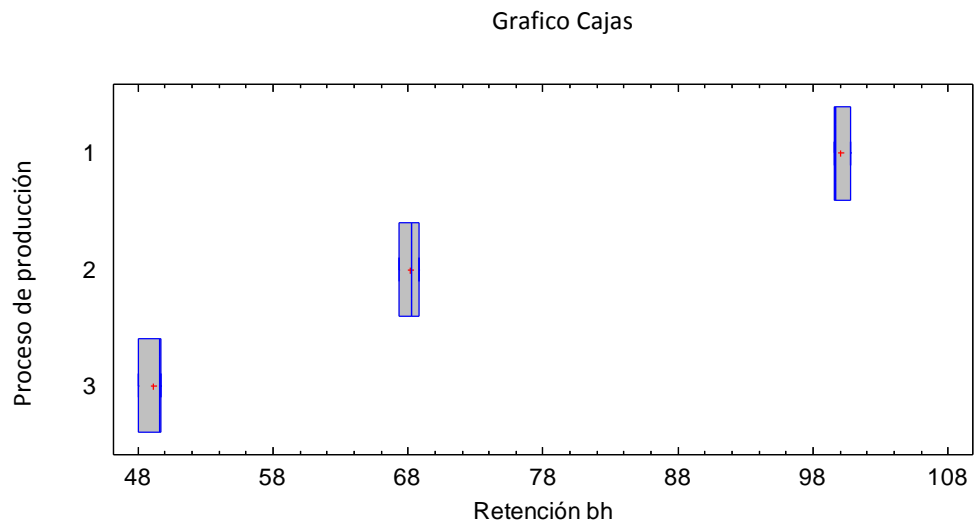
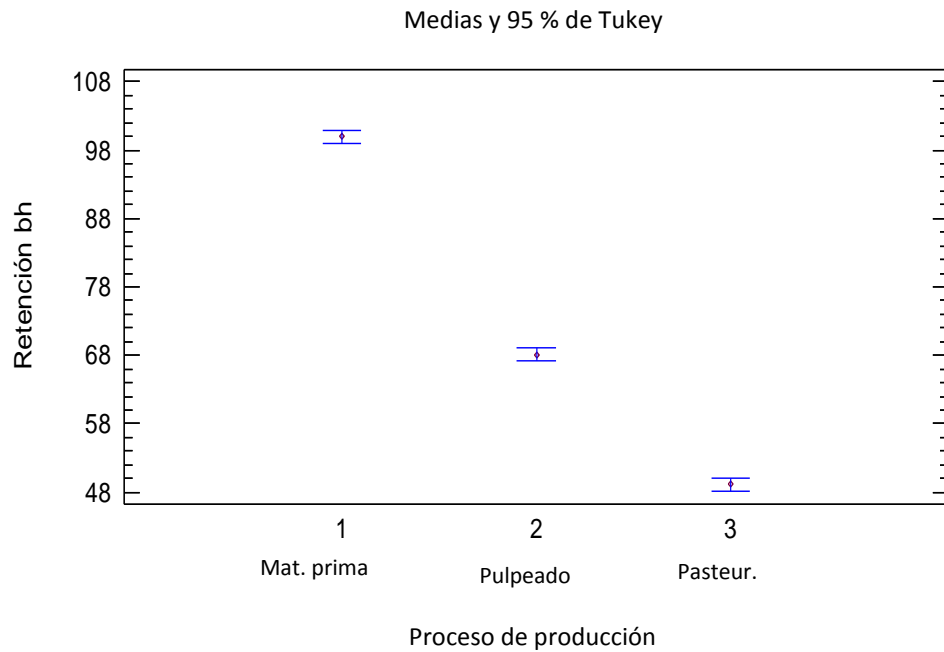
Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3 pasteurización	3	49,1033	X
2 pulpeado	3	68,1333	X
1 materia prima	3	100,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
1 Mat. prima – 2 pulpeado	*	31,8667	1,93839
1Mat. prima – 3 pasteurizado	*	50,8967	1,93839
2 Pulpeado – 3 Pasteurizado	*	19,03	1,93839

*Indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativas diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferentes estadísticamente significativas con un nivel del 95 % d confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método

empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencias mínima significativa (Tukey). Con este método hay un riesgo del 5 % al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0



VARIABLE DEPENDIENTE: ACIDO ASCORBICO (% RETENCION B.S.)

Factor: proceso de producción (pulpa enlatada de copoazú)

Numero de observaciones: 9

Numero de niveles: 3

Resumen Estadístico para Ácido ascórbico.

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
1 materia prima	3	100.00	0.0	0.0%	100.0	100.0	0.0
2 pulpeado	3	68,13	0,7147	1,0490%	67,36	68,77	1,41
3 pasteurizado	3	43,24	0,8030	1,8569%	42,32	43,74	1,42
Total	9	70,458	20,8753	29,628%	42,32	100,0	57,68

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de ácido ascórbico para cada uno de los 3 niveles de procesos de producción. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, en listado aquí bajo la columna de promedio.

Tabla ANOVA para Vitamina C por Tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	5,3846	2	2,6923	4 887,17	0,0000
Dentro de grupos	0,0036	6	0,0006		
Total (Corr.)	5,3882	8			

La tabla de ANOVA descompone la varianza de ácido ascórbico en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. El *F-Ratio*, que en este caso es igual 4 887,17 es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Asimismo, el *P-Value* de la prueba –F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ácido ascórbico entre un nivel de proceso de producción y otro, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla de Medias para Ácido ascórbico por procesos de producción con intervalos de confianza del 95 %

Tratamiento	Recuento	Media	Error est. (s agrupados)	Límite inferior	Límite superior
1 Materia prima	3	3,33333	0,0141421	3,30265	3,36402
2 Pulpeado	3	2,27333	0,0141421	2,24265	2,30402
3 Pasteurizado	3	1,44333	0,0141421	1,41265	1,47402
Total	9	2,35			

Esta tabla muestra la media de ácido ascórbico para cada nivel de proceso de producción. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (Tukey) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparan un 95 % de las veces. Para determinar la diferencia entre tratamientos, se realizó una prueba de Tukey, la cual se muestra a continuación:

Prueba de rangos múltiples (Tukey) para Vitamina C por Tratamiento

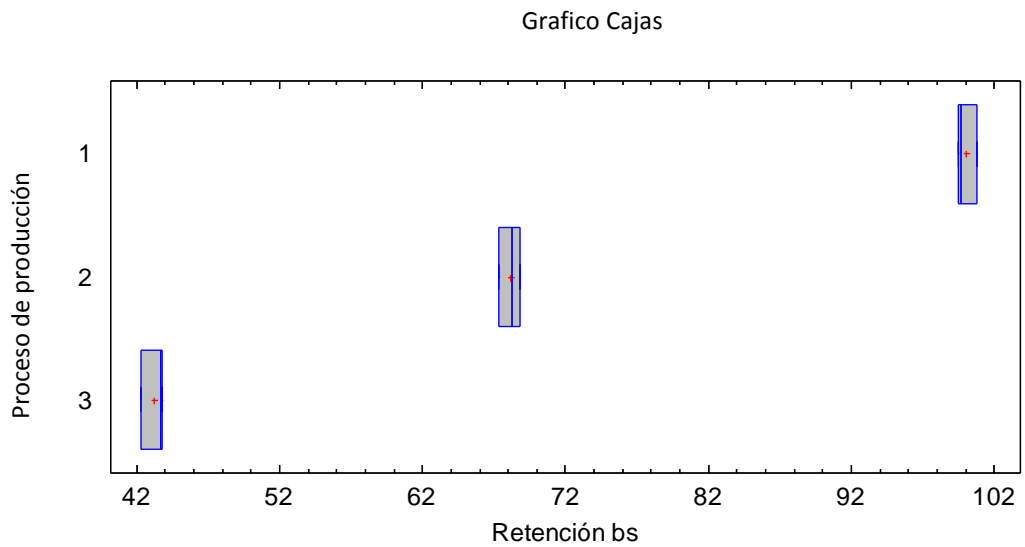
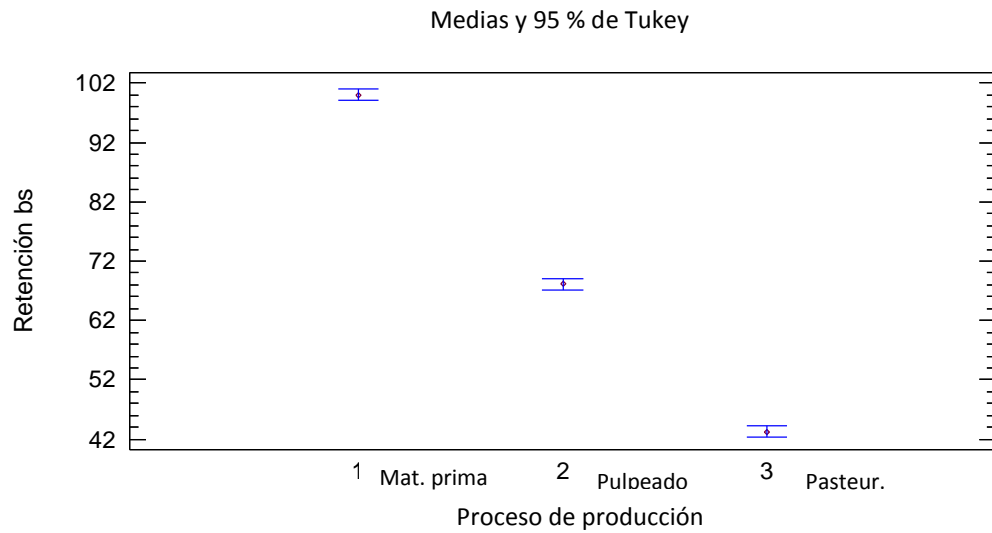
Método: 95,0 % Tukey

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3 Pasteurizado	3	43,2467	X
2 Pulpeado	3	68,1333	X
1 Materia prima	3	100,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
1 Materia prima – 2 Pulpeado	*	31,8667	1,83407
1 Materia prima – 3 Pasteurizado	*	56,7533	1,83407
2 Pulpeado- 3 Pasteurizado	*	24,8867	1,83407

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativas diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferentes estadísticamente significativas con un nivel del 95 % de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente

significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencias mínima significativa (Tukey). Con este método hay un riesgo del 5 % al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



ANEXO 10: Análisis obtenido de la pulpa de copoazú sin pasteurizar.



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 004146 - 2014

SOLICITANTE : ISAIAS HUILLCA GONZALO
DIRECCIÓN LEGAL : MADRE DE DIOS -PERU
 RUC: --- Teléfono: 982320923
PRODUCTO : PULPA DE COPOAZÚ SIN PASTEURIZAR (*Theobroma grandiflorum*)
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 118,1 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, ingresa la muestra debidamente sellada en un envase de polietileno de 50 gramos aproximadamente.
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-002415 -2014
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2014
ENSAYOS SOLICITADOS : MICROBIOLÓGICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS :

ENSAYOS	RESULTADOS
1.- N. Mohos (UFC/g)	10x10 ²
2.- N. Levaduras (UFC/g)	11x100000

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 166-167 (Traducción Versión Original 1978) Reimpresión 2000 (Ed. Acribia) 1983
- 2.- ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 166-167 (Traducción Versión Original 1978) Reimpresión 2000 (Ed. Acribia) 1983

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 04/06/2014 Al 10/06/2014.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 10 de Junio de 2014



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sc. Jorge Chávez Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO
 CBP N° 2503

ANEXO 11: Análisis obtenido de la pulpa de copoazú pasteurizado



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos

INFORME DE ENSAYOS

N° 004149 - 2014

SOLICITANTE : ISAIAS HUILLCA GONZALO
DIRECCIÓN LEGAL : MADRE DE DIOS -PERU
 RUC: --- Teléfono: 982320923
PRODUCTO : PULPA DE COPOAZÚ PASTEURIZADO (*Theobroma grandiflorum*)
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 472,4 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, ingresa la muestra debidamente sellada en un envase de hojalata sellado con un peso de 470 gramos aproximadamente.
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-002413 -2014
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 04/06/2014
ENSAYOS SOLICITADOS : MICROBIOLÓGICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS :

ENSAYOS	RESULTADOS
1.- N. Mohos (UFC/g)	<10 Estimado
2.- N. Levaduras (UFC/g)	<10 Estimado

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 166-167 (Traducción Versión Original 1978) Reimpresión 2000 (Ed. Acibia) 1983
- 2.- ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 166-167 (Traducción Versión Original 1978) Reimpresión 2000 (Ed. Acibia) 1983

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 04/06/2014 Al 10/06/2014.

ADVERTENCIA :

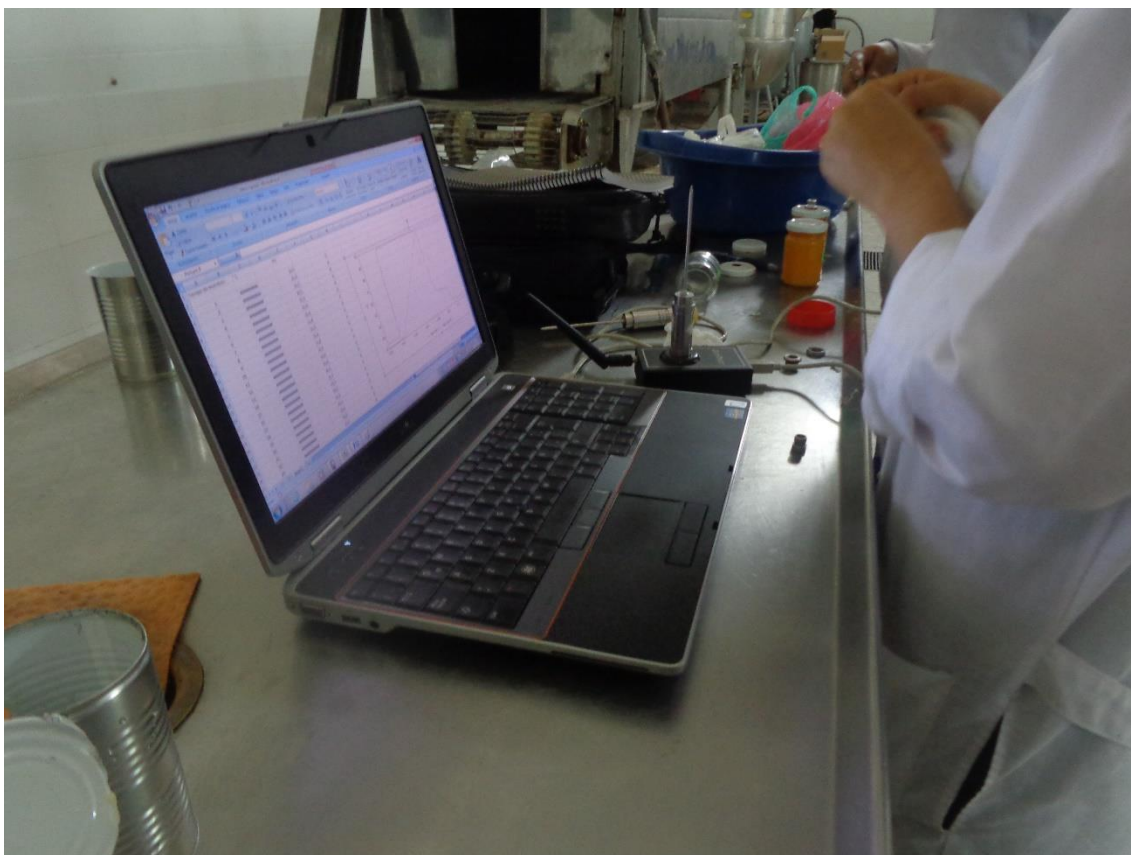
- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA

La Molina, 10 de Junio de 2014



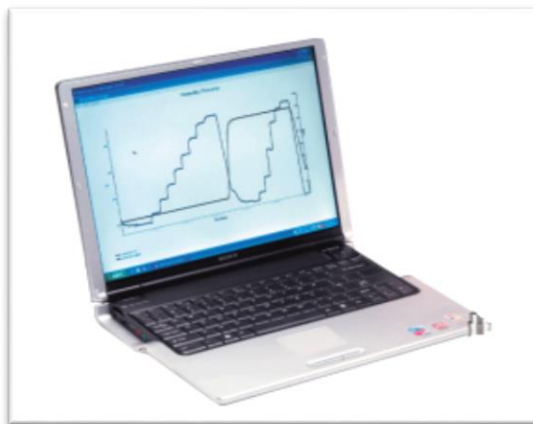
LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

M. Sc. Jorge Chávez Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO
 CCP N° 2503

ANEXO 12: PROCESAMIENTOS DE LOS DATOS AL DATA TRACE.

ANEXO 13: SIATEMA DATA TRACE.

SOFTWARE DATA TRACE PARA WINDOWS XP



TRACE MICROPACK

(DISPOSITIVO QUE REGISTRA LA TEMPERATURA Y TIEMPO)



MODULO DE PC INTERFACE

(UTILIZADO PARA PROGRAMAR Y LEER LOS TRACERS)



ANEXO 14. LAS ESPECIFICACIONES DE UN ENVASE O COMPONENTES DE UN DOBLE CIERRE DE UNA HOJALATA.

