

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE ENVASADO Y EMPACADO AL VACIO
PARA LA VARIEDAD DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) OBONUCO ANDINA

FELIPE BELALCAZAR GARZON

Trabajo de grado

Director
Andrés Mauricio Hurtado Benavides
Profesor Facultad Ingeniería Agroindustrial

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2007

EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE ENVASADO Y EMPACADO AL VACIO
PARA LA VARIEDADE DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) OBONUCO ANDINA

FELIPE BELALCAZAR GARZON

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2007

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de los autores”.

“Artículo 1 de Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño”.

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto,

**A mis padres, a mi hermana,
las personas que me
acompañaron durante este
proceso y a ti, por ti y para ti.**

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a todas las personas y entidades que de una u otra forma permitieron llevar a cabo este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	22
INTRODUCCIÓN	23
1. IDENTIFICACION Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	24
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	25
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	27
4. MARCO TEÓRICO	28
4.1 GENERALIDADES SOBRE ARVEJA	28
4.1.1 Composición General	28
4.1.2 Condiciones Agroecológicas	28
4.2 DESCRIPCION DE LA VARIEDAD ESTUDIADA	28
4.2.1 Origen de la variedad	28
4.2.2 Descripción varietal	29
4.2.3 Composición química	30
4.2.4 Comportamiento agronómico	30
4.2.5 Manejo del cultivo	31
4.5.6 Manejo de malezas y plagas	31
4.2.7 Cosecha y post-cosecha	32

	pág.
4.3 CONTENIDO DE CLOROFILA DE LA VARIEDAD DE ARVEJA OBONUCO ANDINA OBO-AR-018	32
4.4 PROPIEDADES GEOMÉTRICAS Y TERMICAS DE LA VARIEDAD OBONUCO ANDINA OBO-AR-018	33
4.5 CONSIDERACIONES TEORICAS DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE EL CALOR	35
4.5.1 Determinación de punto frío del envase y tiempo de procesamiento	36
4.5.2 Calculo de la letalidad	40
4.5.3 Cálculo de la letalidad del proceso térmico	45
4.5.3.1 Método numérico iterativo	45
4.5.3.2 Método Patashnik	46
4.6 CONSERVA DE ARVEJA FRESCA	46
4.6.1 Definición	46
4.7 PROCESO DE ELABORACION DE ARVEJA FRESCA EN CONSERVA	47
4.7.1 Recepción	47
4.7.2 Almacenaje	47
4.7.3 Selección, clasificación y lavado	48
4.7.4 Escaldado	48
4.7.5 Llenado	48
4.7.5.1 Solución de cubierta	48
4.7.6 Exhausting	49

4.7.7	Cerrado	49
4.7.8	Esterilización	49
4.7.9	Enfriamiento	50
4.8	CALIDAD EN ARVEJAS FRESCAS DESTINADAS AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL	51
4.9	DATOS SOBRE ENVASADO DE ARVEJA EN ENVASES DE VIDRIO	51
4.9.1	Envase de vidrio para conserva	52
4.9.2	Inspección de los envases	53
4.10	CINETICA MICROBIANA	53
4.10.1	Agente etiológico predominante en productos poco ácidos comercialmente estériles	54
4.10.2	Pruebas de control microbiano	54
4.10.2.1	Recuento de esporas de anaerobios	54
4.10.2.2	Prueba de esterilidad comercial	55
4.11	CONSIDERACIONES TEORICAS SOBRE EMPACADO AL VACIO	55
4.11.1	Atmósferas protectoras	55
4.11.2	Envasado a vacío	55
4.11.3	Efectos en términos de su acción microbiológica	56
4.11.4	Tipos de envase	56
4.11.5	Introducción de la mezcla de gases	58
5.	DISEÑO METODOLOGICO	59
5.1	Materiales y equipos	59

	pág.
5.1.1 Material vegetal	59
5.1.2 Maquinaria y equipo	59
5.2 Diseño Experimental	60
5.2.1 Pruebas de penetración de calor	60
5.2.1.1 Determinación de punto frío dentro del envase	60
5.2.1.1.1 Materiales	60
5.2.1.1.2 Procedimiento	60
5.2.1.2 Cálculo de la curva de calentamiento	62
5.2.1.2.1 Materiales	62
5.2.1.2.2 Procedimiento	62
5.2.2 Cálculo de la letalidad	64
5.2.2.1 Diseño del tratamiento	64
5.2.2.2 Diseño del experimento	64
5.2.2.3 Diseño del análisis	65
5.2.3 Pruebas de empacado a vacío	65
5.2.3.1 Materiales	65
5.2.3.2 Procedimiento	66
5.2.3.3 Diseño del tratamiento	67
5.2.3.4 Diseño del experimento	67
5.2.3.5 Diseño del análisis	67

6	RESULTADOS Y DISCUSION	68
		pág.
6.1	Resultados	68
6.1.1	Pruebas de penetración de calor	68
6.1.1.1	Determinación de punto frío	68
6.1.1.2	Determinación de la curva de penetración de calor	69
6.1.2	Diseño experimental para evaluación de la letalidad	69
6.1.2.1	Pruebas estadísticas para la variable de respuesta concentración de clorofila	69
6.1.2.2	Pruebas estadísticas para la variable de respuesta turbidez	71
6.1.2.3	Pruebas de esterilización comercial	74
6.1.3	Diseño del proceso térmico	75
6.1.3.1	Método analítico	75
6.1.3.2	Método iterativo (software)	78
6.1.4	Probabilidad de deterioro	79
6.2	Seguimiento del proceso de deterioro de las muestras envasadas a vacío	79
6.3	Discusión	85
6.3.1	Envasado de arveja en vidrio, evaluación de letalidad	85
6.3.2	Diseño del proceso térmico	86
6.3.3	Envasado a vacío	87
7.	CONCLUSIONES	88

8. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Imagen de la variedad OBONUCO ANDINA OBO AR 018	29
Figura 2. Dimensiones representativas del la variedad OBO AR 018	34
Figura 3. Curva de penetración de calor característica a escala Semilogarítmica	38
Figura 4 perfiles de temperatura del autoclave y el alimento en el punto frío	40
Figura 5. Representación del logaritmo de supervivientes en función del tiempo a una determinada temperatura para obtener el valor D	41
Figura 6. Representación gráfica del valor z	42
Figura 7. Envase de vidrio y acabados del cierre utilizado durante el proceso de envasado en vidrio	52
Figura 8. Tipos de envases para empacado en atmósferas protectoras	57
Figura 9. Sistema de envasado por vacío compensado	58
Figura 10. Ubicación de los sensores de temperatura en los envases para determinación del punto frío	60
Figura 11. Envases listos para exhausting	61
Figura 12. Ubicación de envases en el calderín para el tratamiento térmico	62
Figura 13. Montaje de sensores en el punto frío del envase	62
Figura 14. Montaje del sistema de adquisición de datos en el equipo de esterilización	64
Figura 15. Empacadora a vacío	66
Figura 16. Balanza digital	66
Figura 17. Muestra empacadas a vacío: parte superior escaldadas y parte Inferior sin escaldar	67
Figura 18. Comparación de las curvas de calentamiento para diferentes puntos al interior del envase	68
Figura 19. Curva de penetración de calor característica del proceso	69
Figura 20. Diagrama de medias e intervalos para la diferencia menos Significativa al 95% para la variable de respuesta concentración de Clorofila	70
Figura 21. Diagrama de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para la variable de respuesta turbidez	72
Figura 22. Curva de penetración de calor para determinación de Valores necesarios en el cálculo por el método analítico	76
Figura 23.: Muestra sin escaldar y sin refrigeración 24 horas	79
Figura 24.: Muestra sin escaldar y sin refrigeración 48 horas	80
Figura 25.: Muestras en refrigeración parte izquierda escaldada y parte derecha sin escaldar 48 horas	80
Figura 26.: Muestra sin refrigeración 72 horas	81
Figura 27.: Muestra en refrigeración 72 horas	81

	pág.
Figura 28.: Parte superior muestras sin refrigeración Y parte inferior muestras en refrigeración 96 horas	82
Figura 29.: Muestra sin refrigeración y sin escaldar, ruptura del material de envasado 120 horas	82
Figura 30.: Muestra en refrigeración escaldada 120 horas	83
Figura 31.: Muestra refrigerada escaldada 192 horas	83
Figura 32.: Muestra escaldada sin refrigeración 196 horas	84
Figura 33. Comparativo entre el nivel de deterioro vs el tiempo de observación	85

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características cuantitativas de la Variedad OBONUCO ANDINA OBO AR 18	30
Cuadro 2. Análisis bromatológico de la muestra	30
Cuadro 3. Tiempo de permanencia del grano verde en exposición sin oxidarse	31
Cuadro 4. Contenido aproximado de clorofila total y clorofilas A y B en la Variedad OBO AR 018	32
Cuadro 5. Dimensiones representativas de la variedad estudiada	34
Cuadro 6. Propiedades geométricas y térmicas de la arveja	34
Cuadro 7. Clasificación de los alimentos por su acidez	35
Cuadro 8. Capacidades del envase de vidrio	52
Cuadro 9. Parámetros para la inactivación de poblaciones microbianas en procesos térmicos	53
Cuadro 10. Matriz de experimentación para la variable de respuesta concentración de clorofila	71
Cuadro 11. Matriz de experimentación para la variable de respuesta turbidez	74
Cuadro 12. Prueba de esterilidad comercial	75
Cuadro 13. Denominación de las muestras para el comparativo entre el nivel de deterioro vs el tiempo de observación	84

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción del diseño experimental para la evaluación de la letalidad	65
Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de respuesta Concentración de clorofila	70
Tabla 3. Test de Kruskal-Wallis para la variable de respuesta Concentración de clorofila	71
Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable de respuesta turbidez	72
Tabla 5. Prueba de rangos múltiples para la variable de respuesta turbidez	73
Tabla 6. Test de Kruskal-Wallis para la variable de respuesta turbidez	73

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Modelo matemático de una curva de penetración de calor	36
Ecuación 2. Factor de retraso j_h	36
Ecuación 3. Modelo matemático simplificado de una curva de penetración de calor	37
Ecuación 4. Calculo del factor de proceso g	38
Ecuación 5. Calculo del tiempo de procesamiento en autoclave	38
Ecuación 6. Calculo del factor de proceso U	38
Ecuación 7. Valor z	40
Ecuación 8. Velocidad letal	41
Ecuación 9. Velocidad letal	41
Ecuación 10. Valor F	42
Ecuación 11. Valor F_0	42
Ecuación 12. Probabilidad de deterioro en un proceso térmico	43
Ecuación 13. Probabilidad de deterioro de acuerdo al número de envases procesados	43
Ecuación 14. PNSU	43
Ecuación 15. PNSU	43
Ecuación 16. Probabilidad de un microorganismo por lote procesado	43
Ecuación 17. Cálculo del valor F_0 en un proceso térmico	44
Ecuación 18. Cálculo del valor F_0 en un proceso térmico específico	44
Ecuación 19. Cálculo del valor F_0 considerando curvas de calentamiento y enfriamiento	45
Ecuación 20. Cálculo del valor F_0 por el método de Patashnik	45

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Método de Arnon ajustado para la medición cuantitativa de la concentración de clorofila	95
ANEXO B. Norma codex stan 58: norma del codex para los guisantes verdes en conserva	97
ANEXO C. Parámetros cinéticos para la inactivación de poblaciones microbianas en procesos térmicos	104
ANEXO D. Protocolo para recuento de esporas de anaerobios	105
ANEXO E. Protocolo para esterilidad comercial	107
ANEXO F. Prueba de esterilidad comercial: Laboratorio Hospital Civil	112

GLOSARIO

ALIMENTO ENVASADO: el alimento comercialmente estéril y envasado en recipientes herméticamente cerrados.

ALIMENTOS POCO ÁCIDOS: cualquier alimento, excepto las bebidas alcohólicas, en el que uno de los componentes tenga un pH mayor de 4,6 y una actividad de agua mayor de 0,85.

CLOROFILA: pigmento vegetal insoluble en agua del que en la naturaleza existen los tipos A y B los cuales son los responsables del color verde característico de frutas, hortalizas y vegetales en general.

CONSERVA: en el envasado de alimentos es el procedimiento para conservar alimentos envasándolos en recipientes herméticamente cerrados, los cuales se procesan térmicamente con calor para destruir los microorganismos patógenos causantes del deterioro y sus esporas, así como para inactivar enzimas.

DISEÑO EXPERIMENTAL: metodología que utiliza principios estadísticos para diseñar pruebas o ensayos que generen la mayor cantidad de información sobre el sistema bajo estudio con la mayor confiabilidad en el menor tiempo posible y al menor costo.

ELABORACIÓN Y ENVASADO ASÉPTICO: la elaboración y envasado de un producto comercialmente estéril en envases esterilizados, seguido de cerrado hermético con cierre esterilizado de manera que se evite la recontaminación microbiológica viable del producto estéril.

ENVASES HERMÉTICAMENTE CERRADOS: los envases diseñados y destinados a proteger el contenido contra el ingreso de microorganismos viables después del cerrado.

ESCALDADO: tratamiento térmico moderado al que es sometido un alimento antes del enlatado o envasado para mejorar algunas características organolépticas y en general para facilitar el proceso de envasado.

ESPACIO LIBRE O DE CABEZA: el volumen que queda en un recipiente, el cual no es ocupado por el alimento.

ESTERILIZACIÓN COMERCIAL: es el tratamiento térmico diseñado para destruir en la práctica la totalidad de los microorganismos, en forma vegetativa o esporulada, que podrían crecer en el alimento, en las condiciones que se va a almacenar.

EXHAUSTING: tratamiento térmico con vapor que se realiza al producto envasado antes del cierre final para eliminar el oxígeno dentro del envase y generar un vacío interno en el envase.

FACTORES: variables que influyen y se controlan sobre una unidad experimental. Son las variables experimentales que inciden sobre la variable de respuesta.

LETALIDAD: tiempo al que un alimento tratado térmicamente es sometido a una temperatura específica para reducir una población de microorganismos y esporas

hasta un número considerado apropiado para que el alimento sea considerado comercialmente estéril.

LETALIDAD F_0 : tiempo a 121.1°C o 250°F en que se alcanza la misma destrucción de *Clostridium botulinum* que la del proceso de referencia que se estudia.

MATERIAL EXPERIMENTAL: es el material al que se le van aplicar los tratamientos experimentales.

NIVEL: es un valor específico, ya sea cualitativo o cuantitativo, de la variable experimental seleccionada para el experimento.

NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (NCA): se define como el porcentaje máximo de unidades defectuosas admisibles en los lotes que se admitirán en el mayor número de los casos.

PERFIL DE TEMPERATURAS: Curva de seguimiento de un producto envasado durante su esterilización en la que se gráfica su temperatura en el punto más frío del envase (eje Y) contra el tiempo (eje X).

SERTIDO O INSERTADO: cierre que efectúa la máquina cerradora del fabricante de la conserva.

TRATAMIENTO: en un experimento de una variable, cada tratamiento es un nivel de la variable experimental. En un experimento factorial, es una combinación de niveles de los factores.

TRATAMIENTO TÉRMICO: proceso al que es sometido un alimento envasado herméticamente para garantizar su esterilidad comercial.

VALOR B: tiempo que dura el tratamiento térmico una vez efectuada la corrección del tiempo preciso para que el autoclave alcance la temperatura de régimen.

VALOR D: tiempo necesario para que en un producto determinado haya una reducción de 10 veces en la población de organismos a una temperatura específica.

VALOR z: diferencia de temperatura, en grados °C o °F, que se necesitan para que haya un cambio de 10 veces en el valor D.

VARIABLE EXPERIMENTAL: en un diseño experimental es una variable que el experimentador manipula.

VARIABLE DE RESPUESTA: en un diseño experimental es una variable que el experimentador mide después de llevar a cabo los tratamientos, para ver como es afectada por la variable experimental.

VELOCIDAD DE PENETRACIÓN DE CALOR: indica la rapidez con la que un producto determinado alcanza su temperatura de procesamiento durante la esterilización.

VELOCIDAD LETAL L: convierte el tiempo real de calentamiento de un proceso, a una temperatura especificada, en el tiempo que se requeriría a 121.1°C o 250°F para lograr la misma destrucción de *Clostridium botulinum*.

RESUMEN

La arveja es un cultivo hortícola muy representativo en el departamento de Nariño, debido a que se cultiva en 22 municipios, el número más alto junto con productos como la papa y el café. El área sembrada para el año 2002 fue de 5.250 hectáreas con una producción en toneladas alrededor de 6.263. En la presente investigación se determinaron los parámetros óptimos de procesamiento para el envasado de la variedad de arveja OBONUCO ANDINA OBO AR 018 en envases de vidrio de 70x120 mm con cierres tipo Whitecap sin salida de gases, garantizando la esterilidad comercial del producto, mediante la evaluación de los parámetros de proceso usando un diseño unifactorial categorico. Además se evaluó la viabilidad del proceso de envasado a vacío como método de conservación de la variedad de arveja estudiada. Se determinó que el valor óptimo de letalidad para el proceso fue de F_0 de 3.25 a un nivel de confiabilidad del 95% para esterilidad comercial, obteniendo un tiempo de procesamiento total de 27.85 min. El proceso de envasado a vacío en conjunción con el proceso de refrigeración del producto así envasado permitió su conservación por un periodo de 360 horas. Demostrando ser económico, eficiente y utilizable a nivel regional.

ABSTRACT

This product has been representative in Department of Nariño cause it is cultivate in 22 cities, it is the highest like potato and coffee. The area on 2002 was 5250 hectares whit a production between 6263 ton. In the present work optimal parameters of processing were identified for the canned of variety OBONUCO ANDINA in containers of glass of 70 x 120 mm with Whitecap without gas exit searching that guarantee the commercial sterilization of the product, using a unifactorial categorical design evaluating the process parameters. Besides was evaluating viability of vacuum canning process as a conservation method. It was determinate that the optimal value of lethality for process was F_0 3.25 whit a convince level of 95% to obtain a product commerciality sterile. Obtaining a total process time of 27.85 min. The vacuum packing process in conjunction with refrigeration process does possible conservation of the product for a 360 hours period. Demonstrating that this process can be used in our cities cause it is efficient, economic, and secure.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) reviste cada día mayor importancia en muchas regiones de clima frío del Departamento de Nariño por su influencia en el mejoramiento del suelo, en la calidad de la dieta alimenticia de los campesinos y por ser una fuente económica para el agricultor. Estos aspectos permiten utilizar dicha planta en la rotación de cultivos de interés regional como el trigo, cebada y papa, no obstante, en la actualidad el manejo postcosecha de la arveja verde en el departamento se haya en un nivel incipiente.

Para darle a este cultivo la importancia que se merece es necesario continuar estudios sobre operaciones postcosecha que contribuyan a alargar la vida útil del producto manteniendo sus características organolépticas y nutricionales, ofreciendo al consumidor un producto de calidad constante que sea competitivo a nivel regional y nacional.

En cuanto al manejo postcosecha de la arveja en Nariño, encontramos diversos procesos que se llevan a cabo en su mayoría de forma artesanal, entre los mas destacados encontramos: pesado, vaciado, desgrane en verde, pesado, secado, selección y clasificación, zarandeo, ventilado, pase a canastilla, pesado en bandejas, sellado y colocación de “sticker”.

Como consecuencia de lo anterior, el proceso de envasado en recipientes de vidrio, y el empacado al vacío, surge como una alternativa para la conservación y comercialización de arveja producida en la zona andina de Nariño.

1. IDENTIFICACION Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Las hortalizas una vez cosechadas disminuyen considerablemente su tiempo de vida útil, debido a la acción de distintos microorganismos o, a procesos fisiológicos propios de su desarrollo. La creciente atención prestada a los aspectos de la horticultura relacionado con la vida de las verduras en etapas posteriores a la cosecha deriva de la constatación de que las manipulaciones defectuosas en estado fresco pueden acarrear pérdidas cuantiosas de productos cuya obtención ha requerido importantes inversiones de capital, maquinaria y mano de obra. Hoy se piensa que es preferible esforzarse en mejorar la conservación tras la cosecha que perseguir un incremento en el volumen de la misma porque es así como conseguiremos mayores beneficios de los recursos (capital, mano de obra y energía) disponibles. El incremento de la eficacia de las técnicas de conservación exige un conocimiento más perfecto de la naturaleza y las causas de las pérdidas sufridas (tanto por alteración como por disminución de la calidad) entre la cosecha y el consumo y disponer de más gente entrenada en los aspectos relacionados con la postcosecha.

El interés por tratar estos temas radica en que las pérdidas físicas y de calidad de los productos se dan en estas fases, por lo que es necesario conocerlas y determinar los aspectos críticos que evidencian en relación a la provisión, manejo y distribución de productos, en este caso leguminosas. El interés sería aun mayor cuando los productos se comercializan en fresco o no reciben un adecuado nivel de transformación.

La industria conservera en Colombia es deficiente y lo es mas aun en regiones poco reconocidas en el ámbito nacional y con baja inversión como lo es Nariño, recursos tanto financieros como tecnológicos aunados a una falta de apoyo y de visión de las pocas empresas existentes, hacen que regiones con una alta producción de excelente calidad, se vean obligados a perder hasta un 42.1%¹ en el caso de la arveja del total del producto cosechado.

En nuestro departamento la falta de agroindustrias vinculadas a la transformación de productos provenientes del sector hortícola es evidente, esto se ve reflejado claramente en la comercialización en fresco de todos los productos de este sector incluida la arveja. Al no contar con tecnologías adecuadas de conservación de alimentos el productor se ha limitado a buscar mercados aledaños al sitio de producción, lo que a su vez se traduce en la ausencia de valor agregado y repercute directamente en la expansión de la cadena productiva de la arveja.

¹ DIPPHNAR, Documento central.2004.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La conservación de los alimentos tiene como objetivo interrumpir los procesos naturales de deterioro, químicos y microbiológicos, que si se permite el progreso de los mismos estos van a contribuir a la alteración del producto. El término procesado térmico se utiliza para describir aquel proceso de calentamiento, mantenimiento a temperatura constante y posterior enfriamiento que se necesita para eliminar el riesgo de una posible intoxicación y/o infección provocada por la ingestión de alimentos mal procesados.

El adecuado diseño de un proceso para la esterilización comercial de un producto requiere la determinación de ciertas variables o constantes propias del producto a procesar y que permitan establecer el perfil y la velocidad de penetración de calor dentro del producto envasado. Además de esto es necesario identificar que tipo de microorganismo es el principal productor de alteración y riesgo en el producto envasado.

La definición adecuada de los parámetros mencionados anteriormente permitirá desarrollar un esquema o protocolo adecuado para el diseño del proceso térmico, en este caso, de la variedad OBONUCO ANDINA para así permitir que en un futuro estos datos se puedan adaptar para el escalamiento industrial y de esta forma plantear alternativas de agroindustrialización de este tipo de productos.

En el diseño de un proceso térmico a escala industrial deberá tenerse especial cuidado cuando se trabaje con alimentos o productos de baja acidez ($\text{pH} \geq 4.5$), en este caso el tratamiento térmico mínimo para el producto envasado deberá diseñarse para reducir la probabilidad de supervivencia de esporas de *Clostridium botulinum* a menos de 1 en cada 10^{12} recipientes.

Para evaluar la eficacia de un proceso térmico es necesario conocer la historia térmica del producto y la resistencia térmica del microorganismo que se desea eliminar. La caracterización de los procedimientos de calentamiento y enfriamiento que un producto envasado sufre durante la esterilización en un autoclave depende de la naturaleza o características del producto a calentar (Tipo de envase, tamaño, tipo de transferencia de calor predominante, etc.). En términos generales el proceso térmico debe maximizar la destrucción de microorganismos y esporas, minimizando la pérdida de nutrientes.

Tanto la estabilidad microbiológica como el contenido en nutrientes y calidad organoléptica de los alimentos tratados térmicamente se ven afectados por la temperatura aplicada y la duración del tratamiento térmico. Los insuficientemente tratados pueden sufrir el deterioro microbiano y los tratados en exceso ven

menguados su valor nutritivo y su calidad organoléptica. Los parámetros de un tratamiento térmico adecuado estarán entonces, relacionados directamente con la información recopilada del historial térmico del producto, microbiológico y bromatológico

El calculo de tiempos de procesamiento y letalidad en alimentos envasados se realiza una vez se ha caracterizado el proceso de penetración de calor en el interior del alimento. Una vez logrado esto, se deberá relacionar el efecto letal sobre un determinado microorganismo cuando se esta procesando el producto.

Con la presente investigación se busca definir los procesos de penetración de calor durante el envasado para la variedad comercial de arveja en el departamento de Nariño, así como también se analizarán las condiciones de operación que ayuden a optimizar el proceso. De la misma manera se evaluará la efectividad del proceso de almacenamiento del producto envasado a vacío para la variedad estudiada para establecer un contraste entre estas dos técnicas de conservación.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los procesos de envasado en vidrio y empacado al vacío para la variedad de arveja OBONUCO ANDINA.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estandarizar el proceso de envasado en vidrio para la variedad estudiada.
- Realizar el estudio del proceso térmico a escala piloto.
- Establecer el tiempo de procesamiento mínimo que garantice la esterilidad comercial del producto envasado en vidrio. Mediante el análisis estadístico de los resultados del estudio del proceso térmico
- Evaluar la efectividad de conservación del proceso de empacado al vacío en bolsas de polietileno de baja densidad en la arveja analizada y determinar las ventajas que ofrece este proceso de conservación.

4. MARCO TEORICO

4.1 GENERALIDADES DE LA ARVEJA

4.1.1 Composición General. La arveja verde es una de las hortalizas que posee una elevada cantidad de carbohidratos y proteínas por unidad de peso, lo cual hace que se destaque como fuente importante de sacarosa y aminoácidos, incluyendo lisina. Además, es un alimento de contenidos significativos de minerales (P y Fe) y de vitaminas, especialmente B₁.

4.1.2 Condiciones Agroecológicas. El cultivo de arveja es apto en los suelos que son ligeros de textura silíceo-limosa. En suelos calizos puede presentar síntomas de clorosis y las semillas suelen ser duras.

Prospera mal en los suelos demasiado húmedos y en los excesivamente arcillosos; agradece la humedad del suelo, pero no en exceso, en los que es frecuente la pudrición de la semilla. El pH que mejor le va está comprendido entre 6 y 6.5. Respecto a la salinidad, la arveja es una planta considerada como intermedia en lo que a resistencia a la misma se refiere².

4.2 DESCRIPCION DE LA VARIEDAD ESTUDIADA

La variedad escogida para este trabajo fue la OBO-AR-018 conocida como OBONUCO ANDINA la cual es una variedad mejorada para ser una nueva alternativa en el campo de producción campesina que basa su economía en el cultivo de arveja. Entre sus principales características encontramos: resistencia a antracnosis y ascochyta, alto rendimiento de grano verde y grano seco para producción de semilla en el sistema de siembra de enmallado o tutorado, alta adaptación sobre los 2600 a 2900 m.s.n.m., buena calidad física y fisiológica del grano en estado verde para comercialización.

4.2.1 Origen de la variedad

OBONUCO ANDINA, es un producto tecnológico nariñense, generado en el centro de investigación Obonuco desde el año 1992, resultado del cruzamiento entre las

² HEBBLETWAITE, P.D. ; HEAT. M-C. and DAWKINS T.C.K The pea crop. A basis for improvement. London butherworths, 1985 pag. 145.

líneas L-48 y E.E.U.U., del bloque de cruzamientos del programa de mejoramiento del ICA de esta especie en Nariño.

En el semestre 1993 B se obtuvo la primera generación (F1) y en 1994 A, la segunda generación (F2). A partir de esta última y hasta la F7 , durante los años entre 1994 a 1997, Corpoica avanzó con el material genético de este cruzamiento, mediante el método genealógico.

En 1998 A, a través de la siembra de ensayos de rendimiento, se reconoció la línea experimental de arveja OBO-AR-018 como material promisorio, con características deseables de producción y calidad para el consumo de grano en verde.

4.2.2 Descripción Varietal

Figura 1 .Imagen de la variedad OBO-AR-018



La variedad OBONUCO ANDINA sobresale por: su hábito de crecimiento voluble o de enredadera, flores de color blanco, grano de forma redonda, liso y verde. (Ver Figura 1) Grano con Hilium de color blanco. Días de floración: 65, Días a la cosecha grano en verde: 128, Días a la cosecha grano en seco: 155.

Cuadro 1. Características cuantitativas de Obonuco Andina (OBO-AR-018).

Descriptor	Media	Intervalo
Altura de planta (m)	1.51	0.76-2.25
Foliolos (No)	4.23	3.00-6.00
Longitud vaina (cm)	7.38	5.30-8.50
Granos (No)	5.91	4.00-7.20
Peso 100 granos verde (g)	67.56	52.80-80.00
Peso 100 granos seco (g)	38.68	32.00-46.00

4.2.3 Composición química

Cuadro 2. Análisis bromatológico OBO-AR-018

ANALISIS	Arveja OBO-AR-018	
	% BH	%BS
Humedad	64.15	-
Materia seca	35.85	-
Ceniza	0.95	2.65
Extracto etéreo	0.51	1.41
Fibra cruda	3.79	10.57
Proteína	8.52	23.77
E.N.N	22.09	61.60
Vitamina C (mg/100g)	18.7	-
Azúcares Totales	9.3	-
Almidón	10.68	29.80

Fuente: BETANCOURTH Y MONTENEGRO

4.2.4 Comportamiento agronómico

La variedad OBONUCO ANDINA, demostró durante la fase de investigación en el Centro de Investigación Obonuco y en fincas de agricultores, las siguientes características agronómicas sobresalientes: Alto rendimiento de grano en verde Resistencia a antracnosis a ascochyta Mayor tiempo de permanencia del grano verde en exposición, sin oxidarse ni germinarse (Ver cuadro 3)

Cuadro 3 Tiempo de permanencia del grano verde en exposición sin oxidarse ni germinarse.

Variedad	Oxidación (días)	Germinación (días)
OBONUCO ANDINA	26.08	Mas de 30
SINDAMANOY	21.27	16.9

4.2.5 Manejo del cultivo

Preparación del suelo: En suelos que no se compacten y de acuerdo con el estado de las malezas se recomienda utilizar labranza de conservación. En suelos pesados y degradados, es necesario una labranza que permita aflojar el suelo para un adecuado desarrollo de las raíces.

Fertilización: La fertilización debe realizarse con base en el análisis químico de suelos, el requerimiento del cultivo y el cultivo anterior. En rastrojos diferentes al cultivo de papa, se recomienda aplicar de 150 a 200 Kg / ha de 12-24-12-2 u otro fertilizante similar. En rastrojo de papa no se recomienda fertilizar.

Sistema, Densidad y Época de Siembra: Por su habito de crecimiento voluble o de enredadera, esta variedad se debe sembrar en el sistema de tutorado o enmallado. La distancia de siembra recomendada es de 1.20 m entre surcos y 0.20 m entre plantas, depositando 2 semillas por sitio.

Con estas indicaciones la cantidad de semillas utilizada es de 32 Kg / ha, para una densidad de población de 83.000 plantas por hectárea. Se recomienda la siembra para el primer y segundo semestre del año agrícola.

4.2.6 Manejo de malezas, Plagas y Enfermedades

Malezas: el manejo puede ser mecánico o químico, el mecánico se realiza mediante una o dos deshierbas manuales, cuando las plantas diferentes al cultivo tengan 10 cm de altura. Para el control químico de malezas de hoja ancha, aplicar en postemergencia 400 g / ha de Metribuzina y para las de hoja angosta, aplicar en postemergencia, Fluazifob-butyl, en dosis de 2 dm³ /ha.

Plagas: en las primeras etapas de desarrollo se puede presentar ataque de trozadores, los cuales se controlan con el uso de cebos a base de Clorpirifos 2.5% DP. En época de verano se puede presentar ataque de trips y barrenador que se

controlan con aplicaciones de Dimetoato en dosis de 0.5 dm³ /ha o cypermetrina en dosis de 0.4 dm³ /ha.

Enfermedades: No se recomienda ninguna aplicación de fungicidas para el control de antracnosis y ascochyta.

4.2.7 Cosecha y post cosecha

Debido a que la variedad OBONUCO ANDINA, es una variedad de arveja para consumo o procesamiento en fresco se recomienda que su cosecha sea en grano verde. La post cosecha que se realiza a este producto se desarrolla con herramientas convencionales como plásticos, costales y bandejas. Este se almacena en bodegas, cuartos o corredores de las fincas sin el control óptimo de variables, además el lugar de venta es en la cabecera municipal o plaza de mercado con ventas a mercados regionales.

4.3 CONTENIDO DE CLOROFILA DE LA VARIEDAD DE ARVEJA OBO-AR-018

Contenido de clorofila. La clorofila es un pigmento vegetal del cual en la naturaleza existen dos tipos A y B. Es una molécula con estructura compleja por lo que es fácilmente alterable por agentes oxidantes, altas temperaturas, la luz, pH y algunas enzimas. Para la presente investigación este pigmento fue seleccionado como indicador de la intensidad de los tratamientos térmicos.

Cuadro 4. Contenido aproximado de clorofila total y clorofilas A y B en la variedad de arveja OBO-AR-018 en estado fresco luego del almacenamiento 8 días a 6°C.

Variedad y Fecha Análisis	Clorofila Total (mg/ml)	S	Clorofila A (mg/ml)	S	Clorofila B (mg/ml)	S
OBO-AR-018/ 16 de Agosto de 2005	0.905	0.106	0.610	0.078	0.295	0.029
OBO-AR-018/ 22 de Agosto de 2005	0.762	0.123	0.526	0.088	0.236	0.037

Fuente: Betancourth y Montenegro. S=desviación estándar

En el cuadro 4 puede verse claramente el efecto del almacenamiento (8 días a 6°C en vaina) en la degradación del contenido de clorofila para la variedad estudiada. El método utilizado para la cuantificación de la clorofila en ambas

variedades de arveja, fue el método Arnon³ cuyo protocolo se describe detalladamente en el Anexo A página 93.

Sin embargo este método fue desarrollado utilizando coeficientes de extinción para las clorofilas a y b derivadas de datos espectrofotométricos inadecuados debido a un mal almacenamiento del material antes del cálculo de estos coeficientes⁴. Debido a esto las ecuaciones de Arnon tienen un margen de error que puede llegar a ser representativo.

Un método con coeficientes de extinción más preciso y más aconsejable para el uso de ecuaciones simultáneas derivadas de este, es el método desarrollado por Porra, (2002)⁵. Debido a que para el desarrollo de esta investigación no se tenía disponible un espectrofotómetro con la precisión requerida de este método (0.1nm), el cálculo de las clorofilas a y b se desarrolló con las ecuaciones del método de Arnon y estos valores fueron ajustados con la ayuda de las ecuaciones desarrolladas por Porra⁶.

4.4 PROPIEDADES GEOMETRICAS Y TÉRMICAS DE LA VARIEDAD OBONUCO ANDINA

El conocimiento de las propiedades físicas como; tamaño, forma, densidad, volumen, área superficial, humedad y propiedades térmicas, entre otras es importante para el correcto diseño y optimización de un proceso térmico a partir de material vegetal como lo son las arvejas de la variedad OBONUCO ANDINA.

Estos materiales vegetales en su gran mayoría son heterogéneos esto debido a que sus características dependen de una gran variedad de componentes que le dan a cada tipo de variedad y a sus tejidos específicas cualidades específicas. Por ello para el diseño y la optimización del proceso térmico se tuvo en cuenta características como la densidad a granel, la capacidad calorífica, ancho, alto, grosor. A continuación se detallan los valores para la variedad en estudio.

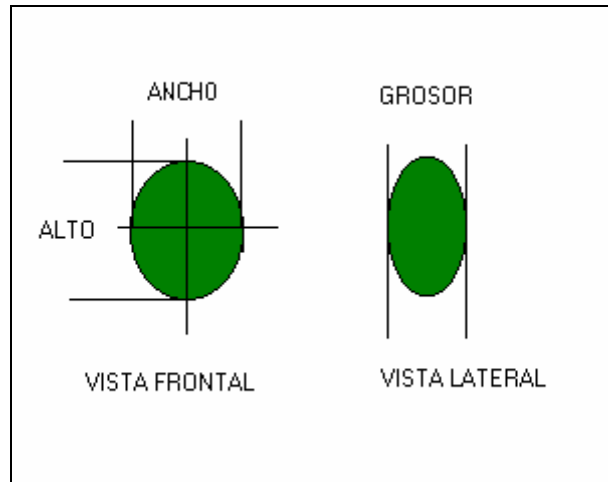
³ ARNON, D Copper enzymes in isolated chloroplast : polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris* . En: Plant Physiology. Vol 24. (1949): p 1-15.

⁴ PORRA, R.J. Minireview. The checked history of the development an use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. En: Photosynthesis research. Vol 73. (2002); p 149.

⁵, PORRA, R.J. Minireview. The checked history of the development an use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. En: Photosynthesis research. Vol 73. (2002); 156.

⁶ ibid., 153.

Figura 2 Dimensiones representativas



Cuadro 5. Dimensiones representativas de la variedad estudiada

Arveja	DIMENSIONES REPRESENTATIVAS						Área superficial (cm ²)	Volumen (ml)
	Alto (cm)	S (desv. Estand.)	Ancho (cm)	S (desv. Estand.)	Grosor (cm)	S (desv. Estand.)		
OBONUCO ANDINA	1.12	0.058	0.960	0.045	0.950	0.052	3.22	0.535

Fuente: Betancourt y Montenegro

En cuanto a las propiedades térmicas y geométricas tenemos:

Cuadro 6. Propiedades geométricas y térmicas

Propiedades Térmicas y Geométricas	ρ_B (g/ml)	W^P (g)	Υ (u/g)	\overline{AE} (cm ² /g)	ρ_p (g/ml)	ξ (%)	Φ (%)	C_p (kJ/kg·K)	K (W/m·K)	A
OBONUCO ANDINA	0.657	0.649	1.657	4.761	1.293	43.26	88.03	3.196	0.479	6.16

Fuente: Betancourt y Montenegro

donde:

ρ_B = Densidad a Granel

W^P = Peso Partícula

Υ = No. de partículas por unidad de masa

\overline{AE} = Área Específica

ρ_p = Densidad de la partícula individual
 ξ = Porosidad del lecho de partículas
 C_p = Capacidad Calorífica
 K = Conductividad Térmica
 A = Relación Área / Volumen

4.5 CONSIDERACIONES TEORICAS DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE EL CALOR

En el procedimiento para conservar alimentos envasándolos en recipientes herméticamente cerrados, los cuales se procesan térmicamente con calor para destruir los microorganismos patógenos causantes del deterioro y sus esporas, así como para inactivar enzimas, se dice que desde el punto de vista comercial estos recipientes son estériles. Esto quiere decir según el código internacional para frutas y verduras que el tratamiento térmico se diseña para destruir la practica totalidad de los microorganismos, en forma vegetativa o esporulada que podrían crecer en el alimento, en las condiciones en que se va a almacenar⁷

Teniendo en cuenta que en el diseño de un proceso térmico a escala industrial deberá tenerse especial cuidado cuando se trabaje con alimentos o productos de baja acidez ($\text{pH} \geq 4.6$), en este caso el tratamiento térmico mínimo para el producto envasado deberá diseñarse para reducir la probabilidad de supervivencia de esporas de *Clostridium botulinum* a menos de 1 de cada 10^{12} recipientes⁸.

Como se puede ver en el cuadro 7 y sabiendo que el rango en que se encuentra el proceso estudiado, esta en el grupo 1 con valores para el producto envasado de 5.6 a 6.5, se debe tener en cuenta que el proceso debe diseñarse teniendo en cuenta la consideración anterior.

Cuadro 7. Clasificación de los alimentos por su acidez

Grupo 1	Poco ácidos (pH 5.0 y mayor). Productos cárnicos, productos marinos, leche y ciertas hortalizas (arveja)
Grupo 2	Semiácidos (pH 5.0 – 4.5). Algunas mezclas de carne y vegetales, sopas y salsas.
Grupo 3	Ácidos (pH 4.5 – 3.7). Tomates, peras, piñas y otras frutas.
Grupo 4	Muy ácidos (pH 3.7 y menor). Encurtidos, zumos cítricos.

Fuente: Hersom (1987)⁹

⁷ CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado para frutas y hortalizas en conservas. FAO comisión del Codex, 1969 p. 7 (CA C/RCP 2-1969).

⁸ HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987, p. 218.

⁹ HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987, p p. 147.

La temperatura es función de las consideraciones sobre la transferencia de calor, las cuales envuelven el tiempo, espacio, propiedades térmicas del producto y condiciones iniciales y de contorno del proceso. Así, la temperatura del alimento será dependiente de la temperatura del autoclave, de la temperatura inicial del producto, de la localización del punto frío en el envase, de la difusión térmica del producto y del tiempo; en el caso de alimentos con características conductivas de transferencia de calor¹⁰.

Durante una operación típica de esterilización, ó sea el proceso térmico al producto, se pueden distinguir tres etapas bien definidas, que son las siguientes:

1. Puesta a punto
2. Ciclo de procesado
3. Ciclo de enfriamiento

Durante la primera etapa se expulsa el aire del interior de la cámara y el autoclave puede alcanzar la temperatura de procesado requerida. El ciclo de procesado empieza cuando el autoclave alcanza la temperatura de proceso definida previamente. El ciclo de enfriamiento indica el final del proceso y se utiliza para llevar los envases lo más rápido posible a la temperatura ambiente¹¹.

4.5.1 Determinación del punto frío del envase y del tiempo de procesamiento.

Durante cualquiera de los procesos de calentamiento o enfriamiento existirá un gradiente de temperatura desde la pared al centro geométrico del envase, el cual es considerado como el punto de menor calentamiento, aunque no es necesariamente el punto de menor letalidad a lo largo de la sección transversal del envase¹². La determinación del punto de menor calentamiento en un envase es el primer paso para el diseño del proceso térmico, una vez determinado el punto de menor calentamiento deberá procederse a hacer el mismo procedimiento dentro del autoclave.

El punto de menor calentamiento en el autoclave en conjunto con el punto de menor calentamiento del envase servirá como parámetro para todo el diseño del proceso térmico del producto envasado, puesto que, se considera que cualquier envase recibirá un tratamiento equivalente o superior.

¹⁰ RODRIGUES, A.D. et al. Comparação entre técnicas numéricas para a resolução do problema de transferência de calor em alimentos enlatados. En: Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol. 18, No. 2 (1998); p. 231.

¹¹ BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 34.

¹² IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 47.

Al obtener el punto frío del sistema se deberá proceder a la determinación de la curva de calentamiento del producto que se procesa. Una curva típica de penetración de calor se puede describir de la siguiente manera¹³:

$$\log (TA - TP) = - (t / f_h) + \log (TA - T_{pih}) \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

TP: Temperatura del producto en el punto frío °C

TA: Temperatura al interior del autoclave, °C

T_{pih}: Temperatura de calentamiento pseudoinicial °C

t : tiempo

f_h: Velocidad de calentamiento (f_c velocidad de enfriamiento)

El valor j es denominado tiempo en minutos de inducción térmica (inducción de calentamiento o enfriamiento) y para ambos procesos de enfriamiento y calentamiento se puede definir como¹⁴:

$$J_h = (TA - T_{pih}) / (TA - T_{ih}) \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

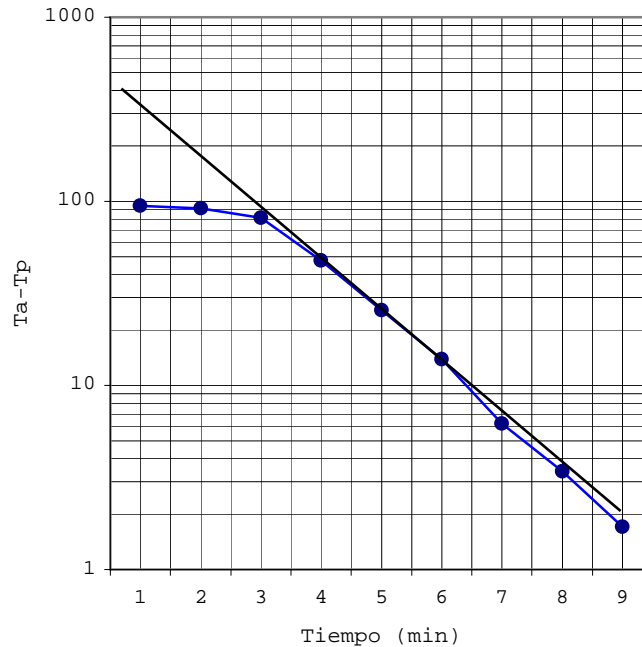
T_{ih} : temperatura del producto al comienzo del calentamiento °C

De lo cual se obtiene gráficamente la figura 3

¹³ IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 47.

¹⁴ BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 39-40.

Figura 3 Curva de penetración de calor característica a escala semilogarítmica



Evidentemente el valor de f_h (el equivalente f_c puede obtenerse para el proceso de enfriamiento) es la pendiente de la parte lineal de la representación gráfica del logaritmo de la temperatura contra el tiempo y se define como el tiempo (min) necesario para que la curva de penetración de calor atravesase un ciclo logarítmico¹⁵.

Si a la diferencia entre T_A y T_P inicial se le denomina I_h , la ecuación 1 se puede escribir como¹⁶:

$$\log (T_A - T_P) = - (t / f_h) + \log (j_h \times I_h) \quad \text{Ecuación 3}$$

Sin embargo debido a que teóricamente T_P nunca llegara a alcanzar el valor de T_A , por lo tanto, esta diferencia finita de temperatura al final del proceso de

¹⁵ SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J. y RIZVI, S.S. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y practicas de laboratorio. México: Limusa Wiley, 2003, p. 112.

¹⁶ BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 40.

calentamiento se define como g , y al tiempo de procesado como B . De acuerdo a esto, las ecuaciones 1 y 3 pueden escribirse de la siguiente forma¹⁷:

$$\log (g) = - (B / f_h) + \log (j_h \times l_h) \quad \text{Ecuación 4}$$

O también,

$$B = f_h [\log (j_h l_h) - \log (g)] \quad \text{Ecuación 5}$$

donde,

B : tiempo que dura el tratamiento térmico una vez efectuada la corrección del tiempo preciso para que el autoclave alcance la temperatura de régimen.

f_h : tiempo en minutos para que la curva semilogarítmica del calentamiento atraviese un ciclo logarítmico.

j_h : factor de retraso de la curva de calentamiento.

l_h : diferencia entra la temperatura del autoclave y del alimento al inicio del proceso.

g : diferencia de temperatura entre la correspondiente a la del autoclave y la temperatura máxima alcanzada en el centro térmico del alimento al final del proceso.

Otra forma de obtener el valor g_c es a través de tablas, aunque para esto es preciso encontrar el valor U , el cual se calcula a partir de la siguiente ecuación¹⁸:

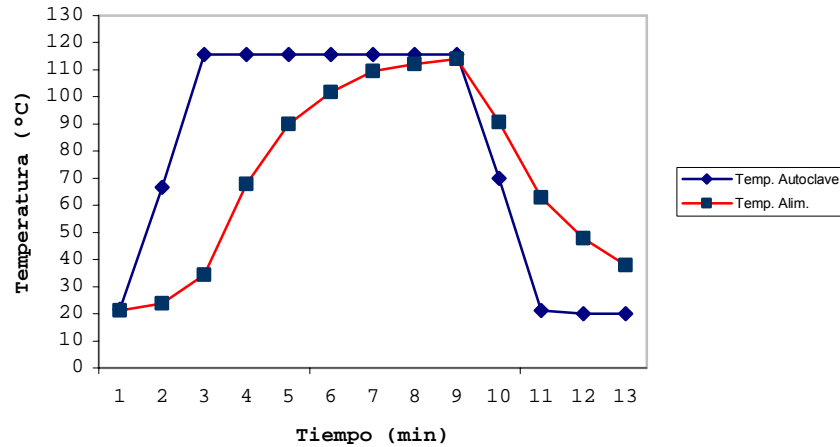
$$U = F_T F_o \quad \text{Ecuación 6}$$

Una vez calculado este valor se procede a hacer el cociente f_h/U ; el valor de este cociente viene tabulado en tablas que lo relacionan con g para un z específico.

¹⁷ BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 40.

¹⁸ IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 47.

Figura 4 Perfiles de temperatura característicos del autoclave y del alimento en el punto frío



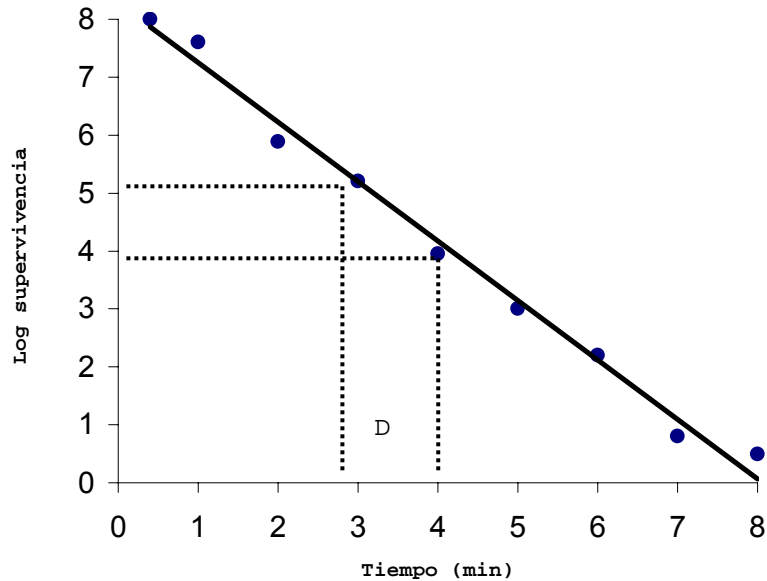
4.5.2 Cálculo de la letalidad

El cálculo de este parámetro dentro de un proceso térmico se ve influenciado por las observaciones de diversos factores que se relacionan con las consideraciones de temobacteriología y del tipo de microorganismo predominante en el alimento tratado, teniendo en cuenta variables como; tiempo de reducción decimal (D), constante de resistencia térmica (Z), velocidad letal (L), tiempo de muerte térmica (Valor F), probabilidad de deterioro (PNSU). A continuación se detallan estos conceptos:

A.) Tiempo de reducción decimal. Cuando las bacterias o las esporas bacterianas se exponen al calor, mueren a una velocidad exponencial que es posible determinar mediante una gráfica semilogarítmica. El tiempo de reducción decimal o valor D (“reducción decimal”), es el tiempo de tratamiento a una temperatura t que es preciso aplicar a una población microbiana para que la gráfica de supervivencia atravesase un ciclo logarítmico o lo que es lo mismo, para destruir el 90% de las esporas o células vegetativas presentes en el alimento. Cuanto más pequeño es el valor D, más rápida será la velocidad de destrucción. Por lo general, se le pone un subíndice a D para indicar la temperatura a la que se midió¹⁹.

¹⁹ LEWIS, M. J. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza: Acribia, 1993, p. 318-319.

Figura 5. Representación del logaritmo de supervivientes en función del tiempo a una determinada temperatura para obtener el valor D



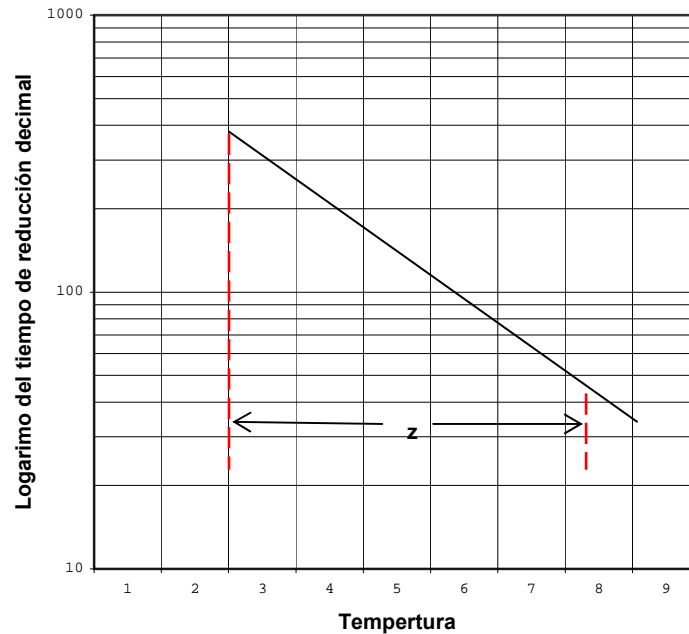
B.) Constante de resistencia térmica “z”. La constante de resistencia térmica, z, es un factor que describe la resistencia térmica de las esporas bacterianas. Se define como el aumento de temperatura necesario para causar una disminución del 90% en el tiempo de reducción decimal D. Representando los valores D obtenidos a diferentes temperaturas en coordenadas semilogarítmicas, el valor de z representa el aumento de temperatura necesario para cambiar en un ciclo logarítmico el valor de D²⁰. El cual se ve representado por la siguiente ecuación:

$$z = (T_2 - T_1) / \log D_{T1} - \log D_{T2}$$

Ecuación 7

²⁰ SINGH, R. P. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 248-249.

Figura 6. Representación gráfica del valor z



C.) Velocidad letal L. La velocidad letal expresa la letalidad de un minuto de tratamiento a cualquier temperatura T en función de la temperatura de referencia T_{ref} (121.1 °C o 250 °F).

Usando el valor z puede calcularse la velocidad letal a partir de²¹:

$$L = \log^{-1} (T - T_{ref}) / z \quad \text{Ecuación 8}$$

o también²²,

$$L = 10^{(T - T_{ref}) / z} \quad \text{Ecuación 9}$$

D.) Tiempo de muerte térmica o valor "F". En 1923 Ball introdujo el símbolo F_0 para designar el equivalente en minutos a 121.1 °C (250 °F) de las letalidades

²¹ REES, J. A. G. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994. 287 p 30-31.

²² HERNÁNDEZ, H. Calculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados calentados por convección. En: HERRAMIENTAS DE CALCULO EN INGENIERIA DE ALIMENTOS – III. IV- taller. s.p.i. p. 2.

combinadas de todas las integraciones tiempo – temperatura en el punto de calentamiento más tardío para un producto durante su tratamiento térmico. Así, el valor F es una medida del efecto letal total sobre los microorganismos que tiene un tratamiento térmico²³.

En la ciencia de los alimentos es corriente expresar F con un subíndice que denota la temperatura y un superíndice con el valor z del microorganismo considerado para el proceso. Entonces, F^z_T será el tiempo de muerte térmica para una temperatura T y una constante de resistencia térmica z . Un termino comúnmente utilizado como referencia es el tiempo de muerte térmica F_0 , el cual representa el tiempo necesario para lograr una determinada reducción en la población de una spora microbiana con un valor z de 10 °C (ó 18 °F) a 121.1 °C (ó 250 °F), generalmente este valor z corresponde a las esporas de *Clostridium botulinum*²⁴.

El valor F puede expresarse mediante la ecuación:

$$F = D (\log N_0 - \log N) \quad \text{Ecuación 10}$$

donde,

$\log N_0$: logaritmo del número inicial de microorganismos.

$\log N$: logaritmo del número final de microorganismos.

Así mismo la letalidad F_0 de un proceso se calcula con la siguiente ecuación²⁵:

$$F_0 = F_T 10^{(T-T_{ref})/z} \quad \text{Ecuación 11}$$

donde,

F_T : valor F a la temperatura a la que se realiza el proceso

F_0 : es la letalidad equivalente a F_T a la temperatura de referencia.

$10^{(T-T_{ref})/z}$: es un factor de conversión.

²³ REES, J. A. G. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994. 287 p. 31-32.

²⁴ SINGH, R. P. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 251.

²⁵ SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J. y RIZVI, S.S. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y practicas de laboratorio. México: Limusa Wiley, 2003, p. 100.

E.) Probabilidad de deterioro PNSU. Como la destrucción térmica sigue un orden logarítmico, teóricamente, ni siquiera un tiempo de tratamiento infinito destruirá la totalidad de los microorganismos presentes en el producto. Teniendo en cuenta lo anterior los tratamientos de esterilización estarán encaminados a reducir el número de microorganismos supervivientes por envase a un valor predeterminado²⁶.

De esta apreciación surge el término “esterilidad comercial”, el cual indica la condición bacteriológica de los alimentos evasados no estériles, pero en condiciones de venta; es decir que las esporas que sobrevivan a un tratamiento comercial adecuado serán incapaces de desarrollarse en condiciones de almacenamiento normales²⁷.

Este valor se utiliza para calcular el número de envases deteriorados producidos durante el procesado de una partida de producto

De la ecuación 10, se tiene que:

$$F / D = \log N_0 - \log N \quad \text{Ecuación 12}$$

Si r es el número de envases procesados, entonces:

$$F / D = \log (rN_0) - \log(rN) \quad \text{Ecuación 13}$$

Si además el objetivo pretendido en el proceso térmico es alcanzar una probabilidad de 1 microorganismo en el lote:

$$F / D = \log (rN_0) \quad \text{Ecuación 14}$$

o también,

$$10^{F/D} = rN_0 \quad \text{Ecuación 15}$$

y,

$$1/r = N_0 / 10^{F/D} \quad \text{Ecuación 16}$$

²⁶ BRENNAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 302.

²⁷ HERSOM, HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987, p. 310-311.

4.5.3 Cálculo de la letalidad del proceso térmico.

El cálculo de tiempos de procesamiento y letalidad en alimentos envasados se realiza una vez se ha caracterizado el proceso de penetración de calor en el interior del alimento. Una vez logrado esto, se deberá relacionar el efecto letal sobre un determinado microorganismo cuando se está procesando el producto.

El cálculo de la letalidad hace referencia al grado de inactivación microbiana. El valor de esterilización de un proceso térmico se expresa convencionalmente como la duración equivalente de tiempo F a la temperatura de referencia T_{ref} (usualmente 121.1 °C o 250 °F). Su expresión matemática resulta de la siguiente relación²⁸:

$$F_o = \int L dt \quad \text{Ecuación 17}$$

Sustituyendo la ecuación 9 en la ecuación 17 se tiene:

$$F_o = \int 10^{(T - T_{ref})/z} dt \quad \text{Ecuación 18}$$

Nótese que en la ecuación 9, la letalidad es una función del tiempo, es decir, $L = f(t)$. Sin embargo no es una función que pueda expresarse como una simple ecuación, por lo que la integración indicada en las ecuaciones 17 y 18 no puede llevarse a cabo fácilmente. Ahora debido a que la integración puede considerarse como la suma del área bajo una función, cualquier método para calcular áreas funcionará adecuadamente. Para efectos de la investigación se evaluaron 2 técnicas para realizar la integración de la ecuación 18 que son: método numérico iterativo y método de Patashnik.

4.5.3.1 Método numérico iterativo. El cálculo se basa en el uso de métodos numéricos iterativos para la integración numérica de las ecuaciones del proceso. Este procedimiento permite calcular el tiempo de procesamiento dada una determinada letalidad o también puede hacer el cálculo de la letalidad dado un tiempo de proceso. El procedimiento de prueba y error se repite tanto como sea necesario hasta que la diferencia de F calculado y F real sea tan pequeña como

²⁸ SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J. y RIZVI, S.S. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. México: Limusa Wiley, 2003, p.. 101.

se desee. Este método separa la integral de la ecuación 18 en etapas de calentamiento y enfriamiento, de acuerdo a esto se tiene²⁹:

$$F_o = \int 10^{(T - T_{ref})/z} dt + \int 10^{(T - T_{ref})/z} dt \quad \text{Ecuación 19}$$

4.5.3.2 Método de Patashnik. Es una adaptación de la regla trapezoidal que permite el cálculo continuo de la letalidad durante el proceso. Esto permite detener el proceso cuando se alcanza la F_o deseada. Descripción del método³⁰:

- Se toman lecturas de temperatura a intervalos regulares (intervalos máximos de 5 minutos) y se registran los valores correspondientes.
- A partir de cada lectura de temperatura se calcula la velocidad letal con la ecuación 9.
- El total del primer ciclo de operación será igual a la primera velocidad letal. Los totales de los ciclos de operación subsiguientes serán iguales al total del ciclo previo más la velocidad letal actual.
- La letalidad se calcula mediante la ecuación:

$$F_o = [T_{cop} + (L_a / 2)] \Delta t \quad \text{Ecuación 20}$$

donde,

T_{cop} = Letalidad total acumulada del ciclo de operación previo.

L_a = Velocidad letal actual.

Δt = Intervalo de tiempo.

4.6 CONSERVA DE ARVEJA FRESCA

4.6.1 Definición: Se entiende por arveja en conserva el producto³¹:

²⁹ HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 2.

³⁰ SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J. y RIZVI, S.S. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y practicas de laboratorio. México: Limusa Wiley, 2003, p. 105-106.

³¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arvejas (guisantes) frescas en conserva. Bogotá : ICONTEC, 1998. p. 1. (NTC 1009)

- a) Preparado a partir de arvejas frescas o congeladas, limpias, básicamente sanas, enteras, sacadas de la vaina aún no maduras (verdes), que respondan a las características de la especie *Pisum sativum*, exceptuada la subespecie *macrocarpum*;
- b) Envasado con agua u otro medio de cobertura líquido adecuado, azúcares, aderezos y otros ingredientes apropiados para el producto;
- c) Tratado térmicamente en forma adecuada, antes o después de ser encerrado herméticamente en un recipiente, para impedir su alteración.

A parte de esta definición deberá tenerse en cuenta el tipo de envasado y los factores esenciales de composición y calidad. Estos criterios se encuentran descritos con mayor detalle en otras publicaciones³².

4.7 PROCESO DE ELABORACION DE ARVEJA FRESCA EN CONSERVA

El proceso de elaboración de arveja fresca en conserva es un proceso relativamente sencillo en el que juega un papel primordial el conocimiento sobre: *termobacteriología* para caracterizar la resistencia térmica de los microorganismos o esporas y de esta manera garantizar la esterilidad comercial del producto; y *transferencia de calor* para determinar las velocidades de penetración de calor y la severidad del proceso térmico en general³³. En el se llevan a cabo generalmente los siguientes procedimientos:

4.7.1 Recepción: Se realiza con la finalidad de controlar el peso y examinar que las materias primas que llegan a la planta estén sanas, limpias y en buenas condiciones para procesarse. Es muy importante que todos los productos que muestran señales de descomposición sean descartados para su procesamiento en ese momento.

4.7.2 Almacenaje: Es conveniente y hasta necesario, que la materia prima se procese el mismo día que se recibe. Sin embargo, pueden ocurrir demoras antes que las materias primas sean transformadas haciéndose necesario un almacenaje preliminar, el cual debe hacerse en las mejores condiciones y por el tiempo más breve posible³⁴.

³² CODEX ALIMENTARIUS. Norma del Codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva. FAO comisión del Codex, 1981. p. 1-7. (CODEX STAN 58 – 1981)

³³ RODRIGUES, Op. cit., p. 231.

³⁴ HEBBLETHWAITE, P.D. ; HEATH, M.C. and DAWKINS, T.C.K. The pea crop: a basis for improvement. London: Butterworths, 1985. 175

4.7.3 Selección, clasificación y lavado: La selección da una uniformidad más grande al producto terminado y estandariza ciertos pasos en el proceso de envasado, el lavado es una operación esencial en el envasado pues elimina la tierra y otro tipo de contaminantes adheridos considerados fuentes principales de la contaminación bacteriana.

4.7.4 Escaldado: Es un tratamiento térmico que se utiliza para: inactivar enzimas responsables del color anormal como (catalasa, peroxidasa, polifenoloxidasas, clorofilasa), enzimas causantes de sabores desagradables (hidrolíticas, como lipasas y pectasas).

Además:

- Remueve los gases intercelulares en los tejidos.
- El producto se hincha y permite un mejor llenado.
- Reduce la flora bacteriana.
- Fija y acentúa el color.
- Elimina el gusto a crudo en muchos productos.

Las desventajas que tiene este proceso son: pérdida de minerales, azúcar, sustancias nitrogenadas y vitaminas, pérdida del sabor, transformación de la clorofila (color verde) a feofitina (color marrón oscuro) solo si el tratamiento térmico es excesivamente fuerte.

4.7.5 Llenado: Es conveniente llevar a cabo el llenado de los envases inmediatamente después de la preparación del producto para evitar su recontaminación y favorecer la temperatura de cerrado. Los envases se llenan vaciando en ellos el material vegetal a envasar junto con su agente (líquido de gobierno) a la temperatura y condiciones adecuadas para esta etapa.

El llenado puede realizarse a mano o con máquinas. La elección del método dependerá de los productos a procesar. Los envases de vidrio se lavan con agua y jabón, se enjuagan y se les transporta boca abajo para que escurran y deben permanecer invertidos hasta justo el momento de utilizarlos, a fin de evitar la recontaminación.

4.7.5.1 Solución cubierta (líquido de gobierno): Se emplean salmueras, jarabes, caldos, aceites u otros ingredientes similares. El líquido de cubierta (o de llenado) cumple varias funciones y entre ellas, agrega sabor al producto, favorece la transferencia de calor, desaloja el aire ocluido en el alimento, evitando la corrosión de la cubierta de la tapa. Tratándose de líquidos que llevan sal, ésta debe ser de buena calidad, prefiriéndose la sal molida ya que se disuelve más rápidamente que la de grano. Actúa de amortiguador evitando así que el producto sufra durante el transporte.

La adición del líquido de gobierno tiene como finalidad rellenar y sustituir los espacios libres del oxígeno,. En el llenado del producto y el líquido de gobierno también es indispensable considerar el espacio de cabeza adecuado, factor importante pues de él dependerá el vacío y esterilización del producto.

4.7.6 Exhausting o evacuado: El evacuado elimina el oxígeno y otros gases que de estar presente, reaccionarán con el alimento y afectarían grandemente la calidad, el valor nutritivo y la duración en el mercado. Disminuye la posibilidad de fugas al producirse el estiramiento de la lata originado por la expansión del alimento y del aire residual durante el calentamiento. Crea un vacío cuando el envase se ha enfriado y el vapor de agua interna se ha condensado y eleva la temperatura del producto en el envase hasta la temperatura inicial del proceso³⁵.

4.7.7 Cerrado: Un cierre hermético bien hecho constituye un factor de seguridad importante para impedir la descomposición y procura una larga vida a la conserva.

4.7.8 Esterilización (Autoclavado): Habitualmente, se utiliza el término esterilidad comercial para referirse al tratamiento térmico a que es sometido un alimento envasado. Evidentemente, es incorrecto el uso de este término, ya que esterilidad significa ausencia absoluta de cualquier microorganismo vivo en el producto es el caso que los alimentos envasados procesados adecuadamente y almacenados en condiciones normales, pueden presentar esporas que han sobrevivido al proceso térmico, pero no son capaces de desarrollarse, no alteran el alimento ni presentan peligro para la salud del consumidor y por lo tanto están en condiciones de venta y consumo³⁶.

Lo especificado anteriormente viene a ser el nivel mínimo bacteriológico en defensa de la salud del consumidor y requiere que para los alimentos poco ácidos el tratamiento térmico sea capaz de destruir las esporas del *Clostridium botulinum* y a ciertos microorganismos de escasa termoresistencia como los cocos y bacilos no esporulados³⁷.

Esta operación es tal vez la más importante en un proceso de envasado, tratándose de alimentos con un pH de 4.5, es decir poco ácidos, requieren un

³⁵ HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987. p. 105.

³⁶ BRENNAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998 p. 302-303.

³⁷ LARRAÑAGA, I. J. et al. Control e higiene de los alimentos. Madrid: Mc Graw Hill, 1999, p. 191.

tratamiento térmico superior a los 100°C y específicamente entre 115°C y 121°C, en aparatos denominados retortas o autoclaves³⁸.

La esterilización tiene por objeto causar la muerte por calor, de aquellos microorganismos presentes en la conserva y capaces de originar el deterioro del producto en almacenaje a condiciones normales de consumo. Para que un proceso de esterilización sea eficiente se deben considerar muchos factores influyentes sobre el mismo³⁹:

- El tipo de microorganismo a destruir.
- El grado de penetración de calor hasta el punto de calentamiento más lento.
- La temperatura inicial del alimento.
- Tamaño y tipo del envase a emplear.
- Temperatura a la que se efectúa el proceso.
- La presión a la que se efectúa el proceso, pH y consistencia del producto

Hay otros factores influyentes durante el proceso que requieren se los tenga presentes⁴⁰:

- Asegurar la ausencia de aire en la retorta.
- Evitar cambios repentinos en la presión y temperatura que causan una reducción en la velocidad de transmisión de calor y en consecuente un tratamiento térmico insuficiente.

El proceso de esterilización básicamente comprende tres etapas⁴¹:

- Iniciación, o sea el tiempo requerido para llegar a la temperatura de proceso.
- De espera, o sea el tiempo que la retorta se mantiene a la temperatura de procesamiento.
- De enfriado.

4.7.9 Enfriamiento: Los envases deben enfriarse lo mas rápido posible al final del proceso de esterilización (teniendo en cuenta que durante este proceso puede haber ruptura del mismo) a fin de lograr la uniformidad del proceso y conservar la calidad del producto. Haciendo esto se evita el sobrecocimiento del producto

³⁸ BRENNAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998 p. 195.

³⁹ HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987.p. 229-235.

⁴⁰ REES, Op. cit., p. 127-128, 143-144.

⁴¹ BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000 p. 34.

dañando su sabor y si demora el enfriamiento se estimula el desarrollo de esporas resistentes al calor y mohos⁴².

Alternativamente en el proceso de empacado al vacío se llevaron a cabo los pasos de igual manera hasta el proceso de llenado, puesto que, para el empacado al vacío no se hace necesaria la utilización de soluciones cubiertas. Además no se llevó a cabo el proceso de esterilización debido a las propiedades del material de empacado y debido a que el proceso de conserva se lleva a cabo mediante la reducción de la concentración de oxígeno disponible.

4.8 CALIDAD EN ARVEJAS FRESCAS DESTINADAS AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

Las arvejas deberán cumplir con los requisitos de calidad estándar establecidos por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, en las normas técnicas NTC 1009⁴³ y 1250⁴⁴.

Además deberá tenerse en cuenta los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius en sus normas CODEX STAN 58⁴⁵ (Anexo B) y CAC/RCP2⁴⁶.

4.9 DATOS SOBRE ENVASADO DE ARVEJA EN ENVASES DE VIDRIO

El mantenimiento de la calidad de un alimento durante una determinada vida útil depende principalmente de la eficacia del cierre del envase. Los cierres constituyen la parte más débil de los envases, ya que es la parte en la que con mayor frecuencia se cometen fallos; si bien estas operaciones no tienen, por sí mismas, ningún efecto sobre la calidad o vida útil de los alimentos, cuando se realizan incorrectamente, el almacenamiento ejerce sobre los mismos una influencia substancial⁴⁷. En el caso de las arvejas en envases de vidrio el

⁴² BERGUERET, Op. cit., p. 129-132.

⁴³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arvejas (guisantes) frescas en conserva, Op. cit., 8 p.

⁴⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arveja verde. Bogotá : ICONTEC, 2002. 4 p. (NTC 1250)

⁴⁵ CODEX ALIMENTARIUS. Norma del Codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva, Op. cit., 7p.

⁴⁶ CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas en conserva. FAO comisión del Codex, 1969. 8 p. (CAC/RCP 2 – 1969)

⁴⁷ FELLOWS, FELLOWS, P. Tecnología del procesamiento de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994 p. 477.

envasado deberá considerarse parte integral del procesamiento y conservación de las mismas, ya que el éxito de la mayor parte de los métodos de conservación dependerá de esto, es decir, de que se evite la contaminación microbiológica del producto térmicamente tratado. Las funciones principales del envasado serán las de acomodar el producto y protegerlo contra los diversos riesgos que pueden afectar desfavorablemente su calidad durante la manipulación, distribución y almacenamiento.

4.9.1 Envase de vidrio para conserva: Los envases seleccionados para el desarrollo de esta investigación poseen un acabado del anillo del cuello del envase de tipo roscado, en vidrio transparente y cierres tipo Whitecap de acero (TFS), de giro medio sin salida de gases (Figura 7)

Figura 7 Envase de vidrio y acabado del cierre utilizado durante el envasado en vidrio



La capacidad aproximada de los envases de vidrio se calculo en base a la capacidad de agua destilada a 20°C que cabe en el recipiente cerrado y completamente lleno.

Cuadro 8. Capacidades del envase

Dimensiones	Capacidad en volumen (ml)	Peso escurrido aproximado (gr)	Llenado mínimo aproximado (gr)
70x120 mm	350	210	315

Donde:

Peso escurrido aproximado = peso del material retirado del envase después de escurrida la solución de cubierta

Llenado mínimo aproximado = llenado mínimo para este tipo de productos según la norma codex

4.9.2 Inspección de los envases: durante el proceso de producción de alimentos envasados en vidrio se realizarán de acuerdo a los parámetros por el Codex Alimentarius en su Norma CAC–RCP–23, numeral 7.4.8⁴⁸.

4.10 CINÉTICA MICROBIANA

La literatura proporciona una amplia serie de parámetros cinéticos para ser usados en el desarrollo de procesos térmicos. Así como datos y parámetros sobre inactivación de poblaciones microbianas⁴⁹.

Debido a esto pueden presentarse confusiones al momento de seleccionar los parámetros cinéticos adecuados para la inactivación de los patógenos microbianos.

El microorganismo más resistente bajo las condiciones de trabajo será la espora de *Clostridium botulinum B* (Cepa con temperatura óptima de crecimiento de 37°C) cuyos parámetros más representativos se presentan en el Cuadro 11. (Un cuadro más completo se muestra en el Anexo C)

Cuadro 9. Parámetros para la inactivación de poblaciones microbianas en procesos térmicos

Microorganismo	Sustrato	D (min)	Z (°C)	Temperatura (°C)
<i>C. botulinum B</i>	Producto Vegetal	0.49-12.42	7.4-10.8	110 °C
<i>C. botulinum B</i>	pH mayor a 4.5	0.1-0.3	8.0-11.0	121.11 °C

⁴⁸ CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado de prácticas de higiene para alimentos poco ácidos y alimentos poco ácidos acidificados envasados. FAO comisión del Codex, 1993. p.17. (CAC/RCP 23 – 1979, rev. 2 1993)

⁴⁹ FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Overarching principles: kinetics and pathogens of concern for all technologies. En: Journal of Food Science. Vol. 54, Suplemento (jun. 2000); p. 16 – 29.

Puesto que estas cifras tienen un valor orientativo debido a que la naturaleza del alimento afectara a la resistencia térmica del microorganismo causante de la alteración para el diseño del proceso térmico deberán asumirse los parámetros de D (tiempo de reducción decimal) y z (constante de resistencia térmica) que garanticen la máxima destrucción de la espora microbiana⁵⁰.

4.10.1 Agente etiológico predominante en productos poco acidos comercialmente estériles. Se denomina *Clostridium botulinum*, bacilo esporulado, mesófilo, anaerobio estricto, Gram+, con esporas ovales o cilíndricas. Basándose en la especificidad serológica de sus toxinas, se han reconocido seis tipos que se denominan con letras de la A a la F, y cada uno de ellos produce una neurotoxina inmunológicamente distinta.

Para el caso específico de los productos de baja acidez tratados térmicamente y que se van a almacenar a temperatura ambiente, las cepas predominantes de *Clostridium botulinum* son las tipo A y B que se desarrollan a una temperatura óptima de 37°C y la cepa tipo E que se desarrolla a una temperatura óptima de 30°C. Los tipos A y B requieren una actividad de agua (a_w) mayor o igual a 0.94 y el tipo E mayor o igual a 0.97. Niveles de 10% de cloruro de sodio, así como del 50% de sacarosa, inhiben el crecimiento de los tipos A y B. Una característica importante de las cepas de *Clostridium botulinum* es que no puede desarrollarse y producir toxinas cuando se presenta antagonismo de otros microorganismos en el medio⁵¹.

4.10.2 Pruebas para el control microbiano. Son dos pruebas principales las que se deben desarrollar para el adecuado control y diseño del proceso térmico, el recuento de esporas de anaerobios y la prueba de esterilidad comercial, estas pruebas aportan valiosa información sobre la aceptabilidad del proceso de esterilización y sobre el nivel de contaminación microbiológica inicial de un determinado volumen de producción. Estas pruebas se describen a continuación brevemente:

4.10.2.1 Recuento de esporas de anaerobios. Esta técnica tiene por objeto determinar el número inicial de esporas presentes en el envase; conociendo este

⁵⁰ BETHANCOURTH E. MONTENEGRO A. Tesis de grado. Estudio del proceso térmico y análisis de su efecto durante el enlatado de las variedades de arveja obonuco san isidro y obonuco andina. Editorial UDENAR. Nariño. 2004; p. 60

⁵¹ LARRAÑAGA, Op. cit., p. 116-118.

valor se puede determinar la letalidad que debe alcanzar el proceso para reducir la concentración de esporas a una probabilidad de deterioro (PNSU) adecuada para el microorganismo objetivo del tratamiento térmico. El procedimiento se encuentra descrito en el Anexo D pagina 103.

4.10.2.2 Prueba de esterilidad comercial. Esta técnica tiene por objeto determinar si los alimentos envasados en recipientes herméticamente cerrados y considerados comercialmente estériles cumplen con el requisito de esterilidad comercial; además permite comprobar si los tratamientos térmicos realizados son satisfactorios. El protocolo para esta norma se encuentra descrito por la Norma Técnica Colombiana NTC 4433⁵² Anexo E pagina 105.

4.11 CONSIDERACIONES TEORICAS SOBRE EMPACADO AL VACIO

4.11.1 Atmósferas protectoras. La tecnología de la conservación de alimentos con gases protectores consiste en sustituir el aire que rodea al producto por un gas o una mezcla de gases que ofrecen mejores condiciones para el mantenimiento de la calidad química, microbiológica y estructural del alimento. También puede eliminarse el aire haciendo vacío en la cámara o en el envase que mantiene el alimento. Dentro de esta definición encontramos varias técnicas que se pueden llevar a cabo con el uso de protectores: envasado a vacío, envasado en atmósferas modificadas, almacenamiento en atmósferas controladas y almacenamiento en atmósferas hipobáricas. Debido a la falta de disponibilidad de equipos para la realización del envasado en atmósferas modificadas, esta investigación se centro en el uso del envasado a vacío como método de conservación.

4.11.2 Envasado a vacío. Consiste simplemente en extraer el aire del envase para evitar que haya oxígeno alrededor del producto. Las particularidades de este tipo de envasado se pueden equiparar a las del envasado en atmósferas modificadas porque las transformaciones que puedan darse en la microbiota del alimento son iguales que las que ocurren cuando estamos envasando con concentraciones muy bajas de oxígeno en atmósfera de dióxido de carbono, ya que a vacío empiezan a trabajar microorganismos que producen dióxido de carbono y ellos mismos van creando una atmósfera modificada en el espacio vacío⁵³.

⁵² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos. Bogotá : ICONTEC, 1998. 7 p. (NTC 4433)

⁵³ RODRIGUEZ, F. et al. Ingeniería de la industria alimentaria. Madrid: Síntesis. Volumen III "Operaciones de conservación de alimentos". p.140

4.11.3 Efectos en términos de su acción microbiológica. Para comprender la conservación mediante atmósferas modificadas es necesario conocer los efectos de su acción sobre la microbiota del alimento. Así pues tenemos por ejemplo, que cuando un alimento es conservado en refrigeración y aerobiosis (atmósfera de aire) crece fundamentalmente la flora aerobia psicrótrofa Gram negativa, que crece a las temperaturas propias de la refrigeración, por ejemplo las pseudomonas. Estas condiciones no son buenas para el crecimiento de microorganismos anaerobios o microaerófilos, como los lactobacilos. Por consiguiente la flora mayoritaria serán las pseudomonas y éstas serían las responsables de la alteración final del producto. Si este mismo alimento se envasa en atmósfera modificada con CO₂, anaerobia o microaerófila, se produce un cambio drástico en la flora mayoritaria ya que las pseudomonas no crecen tan rápidamente en concentraciones bajas de O₂ y en cambio crecerían los lactobacilos.

Debido a que la refrigeración no destruye los microorganismos y con las atmósferas modificadas no se está aplicando tampoco un tratamiento fuerte de destrucción en el caso de los patógenos susceptibles de esporular puede ocurrir que se alcanza una carga elevada de la forma vegetativa de los microorganismos, se agoten los nutrientes y procedan a esporular liberando una toxina que sea tóxica para el hombre. Es el caso del agente etiológico de estudio que libera una toxina exógena sin que aparezcan síntomas de alteración.

Por estas razones no es aconsejable el uso de vacío o atmósferas modificadas con ausencia total de O₂ cuando puede haber presencia de patógenos anaeróbios como es nuestro caso, sin embargo debido a la dificultad en el procesamiento que implica el uso de atmósferas con cierta cantidad de O₂, hay que tener en cuenta el mantenimiento de la refrigeración durante todo el almacenamiento siempre por debajo de una determinada temperatura habiendo demostrado que a valores inferiores el microorganismo no crece, que para *clostridium botulinum* es 3,3°C⁵⁴.

4.11.4 Tipos de envases para empacado al vacío.

Se utilizan tres tipos de envases contruidos de materiales plásticos, además de latas metálicas para casos especiales (Figura 8). Entonces tenemos:

a.) Tipo almohada o con cabezal. Tienen un sellado de solapa o de rebaba longitudinalmente en la base y dos transversales a ambos lados.

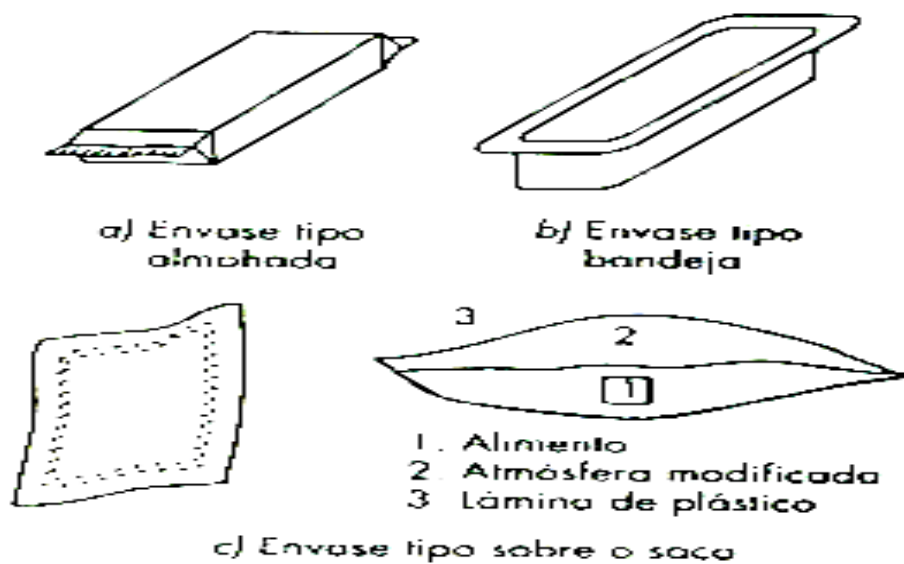
⁵⁴ RODRIGUEZ, F. et al. Ingeniería de la industria alimentaria. Madrid: Síntesis. Volumen III "Operaciones de conservación de alimentos". 143

b.) Tipo sobre o saco. Tienen un sellado de rebaba por cuatro lados o por tres dependiendo de que se doble por un lado.

c.) Tipo bandeja . Son aquellos que poseen una bandeja inferior rígida termoformada y se cierra con una lámina flexible.

Debido a la disponibilidad del material de envasado, y de acuerdo con el equipo que se va a utilizar para el proceso de vacío y cierre, se decide por el uso de envases tipo sobre o saco los cuales permiten el fácil llenado de la materia prima y el sellado adecuado en el equipo.

Figura 8. Tipos de envases para envasado en atmósferas modificadas

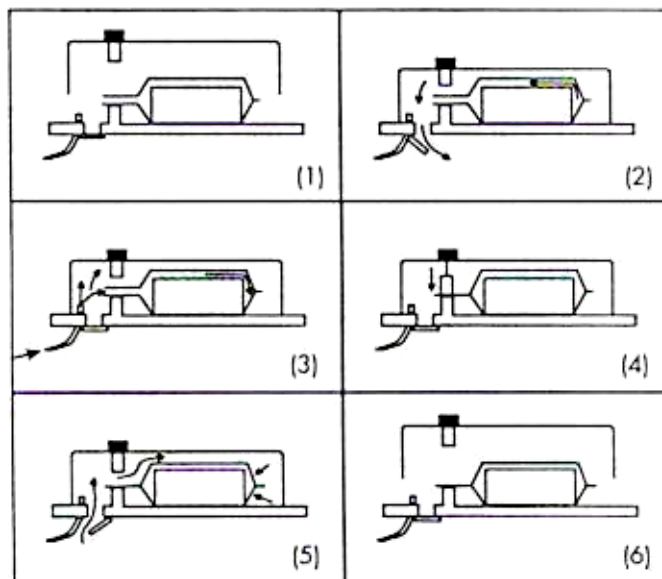


4.11.5 Introducción de la mezcla de gases. De los métodos para crear la atmósfera modificada, el equipo utilizado para llevar a cabo este proceso funciona mediante vacío compensado; proceso por el cual sigue los siguientes pasos:

1. Cierre de la tapa del equipo
2. Extracción del exceso de aire en la cámara de vacío
3. Inducción de aire limpio para retirar la mezcla de gases contenida en el envase
4. Cierre inicial del material de empaque
5. Generación de vacío
6. Cierre final

De ser necesario después del paso 5 en lugar de la generación de vacío se puede proceder a la inyección de la mezcla de gases escogida para el proceso de conservación (Figura 9).

Figura 9. Sistema de envasado por vacío compensado.



5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proceso, se estableció un diseño experimental unifactorial categórico en tres niveles completamente aleatorizado por triplicado para evaluar el proceso de envasado de arveja en vidrio, teniendo en cuenta los diferentes factores unidos a dicho tratamiento, dentro de los cuales se encuentran: curvas de penetración de calor, gráficos de letalidad, temperaturas y tiempos de proceso óptimos. Además se estudio la efectividad del proceso de empacado al vacío, mediante pruebas cualitativas se realizo la observación del proceso de deterioro y se determinó la vida útil del producto.

5.1 MATERIALES Y EQUIPOS

5.1.1 Material vegetal. Para esta investigación se utilizó arveja fresca de la variedad OBONUCO ANDINA adquirida a través de la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) del municipio de Puerres-Nariño cosechadas en un periodo no superior a las 24 horas antes de la realización de los experimentos. Para el proceso de envasado en vidrio se utilizaron muestras de 190 g por envase y se completo a un peso de 300 g con liquido de cubierta (solución acuosa de NaCl 6.0% p/p y sacarosa 3.0% p/p); para el empacado al vacío se utilizaron muestras de 300 g de arveja.

5.1.2 Maquinaria y equipo. Para el escaldado se utilizaron marmitas con camisa de vapor, de una capacidad aproximada de 80 dm³ (volumen de trabajo 50dm³ aprox.). Espectrofotómetro UV/VIS HACH Ref. DR/2010 para determinación de clorofila. Baño termostataado a 4°C MLW Ref. MK70. Balanza NAGEMA Ref. AV IVS/3-3. Centrifuga MLW Ref T24. Acetona grado analítico MALLINCKRODT. Agua destilada. Escurridores plásticos. Morteros. Pipetas de 5 y 10 ml. Tubos de ensayo. Sensor de temperatura PT 1000..

Para las pruebas de penetración de calor y para el cálculo de la letalidad se utilizó el calderín de la unidad de extracción de aceites de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, sensores de temperatura RTD PT 100 de 3 hilos y un selector de 5 canales AUTONICS T4WM. Envases de vidrio de 70X120 mm Silicona gris RTV LOCTITE, taladro Black & Decker Ref. KD562-B3.

Para el empacado al vacío se utilizaron bolsas de polietileno de baja densidad para empacado al vacío de 70 micras de espesor, empacadora al vacío HENKOVAC E194 , balanza JAVAR PESATRONIC.

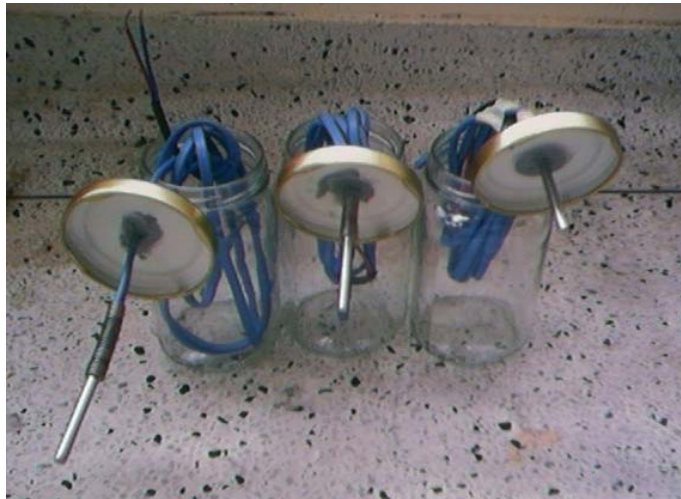
5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

5.2.1 Pruebas de penetración de calor. Como se mencionó anteriormente para evaluar la efectividad del tratamiento térmico realizado fué necesario conocer los perfiles de temperaturas del producto así como también la termoresistencia del microorganismo predominante; la metodología para el cálculo de estos parámetros se describe a continuación.

5.2.1.1 Determinación del punto frío dentro del envase.

5.2.1.1.1 Materiales: para el desarrollo de este ensayo se utilizó: arvejas, liquido de gobierno a una temperatura no superior a los 65°C con una concentración de NaCl 6.0% p/p y scarosa 3.0% p/p, sensores de temperatura instalados en el envase (Figura 10), sistema adquisición de datos AUTONICS T4WM envases de vidrio, equipo para exhausting, calderín.

Figura 10: Ubicación de los sensores de temperatura en los envases para determinación de punto frío.



5.2.1.1.2 Procedimiento: Los pasos para llevar a cabo este ensayo fueron:

1. se llenó el envase con 190 g de arveja y completar el peso hasta 300 g con el líquido de gobierno.
2. se llevó los envases a la cámara de exhausting, se efectuó el proceso a 80°C durante 5 min. Figura 11.

3. Una vez terminado el exhausting se cerro inmediatamente los envases; se registró la temperatura a la cual se hace el cerrado.
4. se llevo y ubico los envases en el de la unidad de extracción. Figura 12.
5. se verifico que el sistema de adquisición de datos AUTONICS T4WM esté funcionando adecuadamente, una vez realizado esto, iniciar el tratamiento térmico.
6. se registro la temperatura inicial del alimento y del calderín, continuar el registro a intervalos máximos de 2 min.
7. Dejar el material en el calderín hasta que la temperatura de procesado esté a una diferencia igual o menor a 1°C dentro del envase.

Este procedimiento se deberá repetir mínimo dos veces; con tres unidades experimentales con los termopares ubicados en tres puntos diferentes los datos registrados (curvas de temperatura vs. tiempo) deberán compararse para los tres termopares ubicados a tres diferentes alturas desde la base del envase hasta la tapa, dividiendo este espacio en tercios: superior, medio e inferior; la curva más baja corresponderá al punto de menor calentamiento del envase.

Figura 11. Envases listos para exhausting



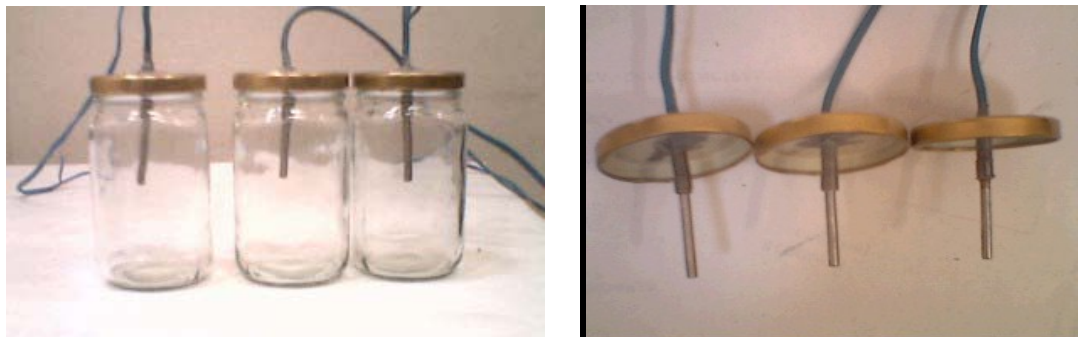
Figura 12. Envases en el calderín para el tratamiento térmico



5.2.1.2 Cálculo de la curva de calentamiento del alimento.

5.2.1.2.1 Materiales. Para el desarrollo de este ensayo se utilizó: arvejas, líquido de gobierno compuesto por una solución acuosa de NaCl 6.0% p/p y sacarosa 3.0% p/p a una temperatura no superior a los 65°C, sensores de temperatura instalados en el punto frío del envase (Figura 13), sistema adquisición de datos, envases de vidrio, equipo para exhausting, calderín.

Figura 13. Montaje de sensores en el punto frío del envase



5.2.1.2.2 Procedimiento. Los pasos para llevar a cabo este ensayo fueron:

1. se llenó los envases con 190 g de arveja y completar el peso hasta 300 g con el líquido de gobierno.

2. se llevo los envases (previamente esterilizados) a la cámara de exhausting, efectuar el proceso a 80°C durante 5 min.
3. Una vez terminado el exhausting cerrar inmediatamente los envases, se registro la temperatura a la cual se hace el cerrado.
4. se llevo los envases al calderín de la unidad de extracción de aceites.
5. se verifico que el sistema de adquisición de datos este funcionando adecuadamente, una vez realizado esto, se inicio el tratamiento térmico. Figura 14
6. se dejo un termopar para medir la temperatura en el interior del equipo.
7. se contabilizo el tiempo desde que se enciende el calderín.
8. se registro la temperatura inicial del alimento y del calderín.
9. se registro las temperaturas en los envases y en el equipo a intervalos máximos de 2 minutos.
10. El tiempo de tratamiento es mejor que empiece a ser contabilizado cuando la temperatura en el interior del alimento sea superior a 93°C. La temperatura del proceso (del calderín) deberá estar comprendida entre 115°C y 126°C, que es la normal para este tipo de tratamientos⁵⁵.
11. se dejo el material en el equipo hasta que la diferencia de temperatura entre el producto y este fuese igual o menor a 1°C.
12. Una vez se alcanzo la diferencia de temperatura especificada anteriormente se apago el equipo y se inicio el ciclo de enfriamiento.
13. Los envases se rociaron cuidadosamente en el equipo con el agua de enfriamiento
14. El producto se dejó enfriar hasta que su temperatura sea inferior a los 60°C, se tomara un último dato de temperatura después de que se alcance la temperatura indicada anteriormente.

⁵⁵ IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000. 283 p. 41.

Figura 14 Montaje del sistema de adquisición de datos en el equipo



5.2.2 Calculo de la letalidad.

5.2.2.1 Diseño del tratamiento. El objetivo de este ensayo, fue considerar la magnitud del efecto de tres procesos diferentes, considerados dos de ellos estándar para el diseño de procesos térmicos. Estos corresponden a los valores de F_0 3.25, 6 y 12. Unidades de F los cuales son utilizados en la esterilización comercial de arveja. Para lograr este propósito se consideraron los tres valores como niveles experimentales, para la variable letalidad F_0 . Las variables de respuesta elegidas para evaluar la magnitud del efecto de los procesos fueron; la turbidez del líquido de gobierno (evaluada por turbidimetría) y la concentración de clorofila (cuantificada con el método de Arnon ajustado por Porra según protocolo del Anexo A)

5.2.2.2 Diseño experimental. El factor que se tuvo en cuenta es el valor de F_0 que tomó tres niveles: 3,25 min, 6 min y 12 min. Se utilizó un diseño unifactorial categórico en tres niveles completamente aleatorizado por triplicado (tabla 1). Con esto se podrá determinar si la variación de los valores de la letalidad tendrá efectos significativos sobre las variables de respuesta: concentración de clorofila en el material vegetal y la turbidez en el líquido de gobierno y determinar si los valores de tiempo de procesamiento evaluados garantizan la esterilidad comercial del producto final.

Tabla 1. Descripción del diseño experimental para la evaluación de la letalidad.

Design Summary		
Design class: Single Factor Categorical		
File name: CALCULO LETALIDAD.sfx		
Base Design		
Number of experimental factors: 1		Number of blocks: 1
Number of responses: 2		
Number of runs: 9		Error degrees of freedom: 6
Randomized: Yes		
Factors	Levels	Units
Fo	3	min
Responses	Units	
Turbidez	UNT	
Clorofila	mq/ml	

5.2.2.3 Diseño del análisis. Para llevar a cabo el análisis del experimento se seleccionaron las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza: sirve para determinar si existe diferencia significativa entre los resultados encontrados para la variable de respuesta
- Diagrama de medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95%: sirve para determinar si existen diferencias significativas entre las medias
- Test de Kruskal-Wallis : sirve para determinar si existen diferencias significativas entre las medianas

5.2.3 Pruebas de empaçado al vacío.

5.2.3.1 Materiales. Para el desarrollo de este experimento se utilizaron; bolsas de polietileno de baja densidad para empaçado al vacío de 0,6 micras de espesor, empaçadora al vacío HENKOVAC E194 (Figura 15), balanza JAVAR PESATRONIC (Figura 16), cámara fotográfica l'spion, material vegetal escaldado y sin escaldar.

Figura 15. Empacadora a vacío



Figura 16. Balanza digital



5.2.3.2 Procedimiento. Para la realización de este ensayo se llevaron a cabo los siguientes pasos.

1. Se llenaron las bolsas para empacado al vacío con 300 g de arveja fresca. (2 muestras con arveja escaldada y 2 muestras con arveja sin escaldar)
2. Se llevaron las muestras al equipo de empacado al vacío y se someten a 500 mbar de presión durante 5 segundos, estos parámetros son utilizados teniendo en cuenta que son los valores mas bajos de trabajo del equipo (figura 16).
3. Se dejaron en refrigeración una muestra con arveja escaldada y una muestra con arveja sin escaldar.
4. Se dejo a temperatura ambiente una muestra con arveja escaldada y una muestra con arveja sin escaldar.
5. Se inicia la toma de datos cada 24 horas

Figura 17. Muestras empacadas al vacío. Parte superior escaldadas y parte inferior sin escaldar



5.2.3.3 Diseño del tratamiento. El objetivo es determinar si el proceso de empacado al vacío es apto para la conservación de arveja fresca, observando además la repercusión del uso del proceso de escaldado y la refrigeración en la prolongación de la vida útil del material vegetal empacado mediante este método. Las variables de respuesta de este experimento fueron; el color, el estado del cierre del empaque, signos de deterioro como presencia de microorganismos y el grado del proceso de transpiración de la arveja (indicado por el aumento del tamaño del empaque), todas ellas evaluadas de forma cualitativa.

5.2.3.4 Diseño del experimento. Se llenaron las bolsas con la misma cantidad de arveja en todos los casos, sin embargo 2 de las muestras contenían arveja escaldada y dos arveja sin escaldar, de las cuales una de cada grupo se llevo a refrigeración y la otra se tuvo en temperatura ambiente.

5.2.3.5 Diseño del análisis. Para el análisis de este experimento se tuvieron en cuenta las variables de respuesta cualitativas de color, el estado del cierre del empaque, signos de deterioro como presencia de sustancias extrañas y el proceso de transpiración de la arveja (indicado por el aumento del tamaño del empaque), realizando un diagrama comparativo del proceso de deterioro de cada una de las muestras a través del tiempo, utilizando como escala de deterioro la combinación de las variables de respuesta.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

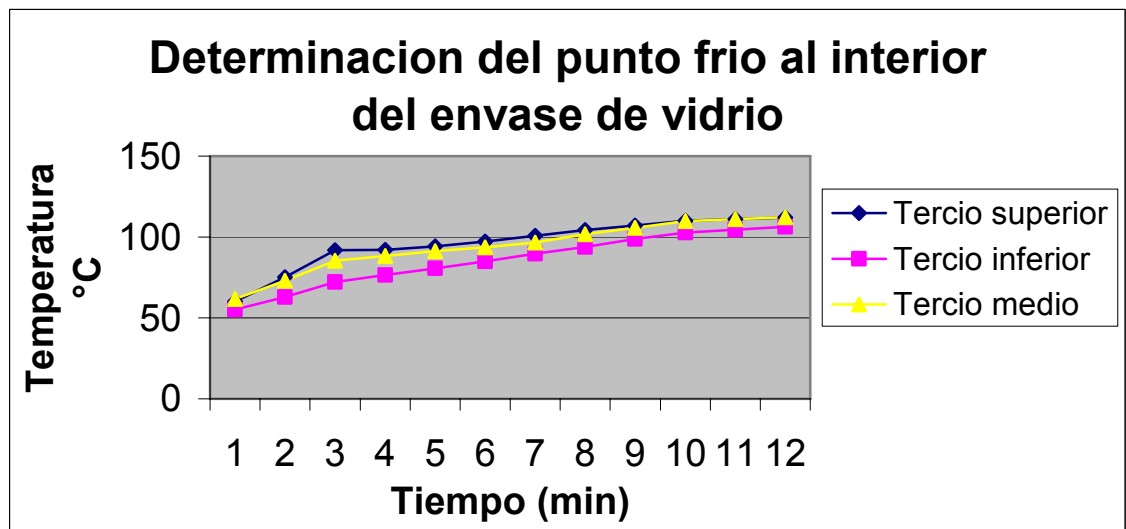
Para el análisis de los ensayos de penetración de calor y del diseño experimental para la letalidad se utilizó el software estadístico Stathgraphics plus versión 5.0⁵⁶.

6.1 RESULTADOS

6.1.1 Pruebas de penetración de calor en envases de vidrio .

6.1.1.1 Determinación de punto frío. Para la determinación del punto frío al interior del envase se llevó a cabo el procedimiento descrito en el numeral 5.2.1.1.2, obteniéndose como resultado la figura 18.

Figura 18. Comparación de las curvas de calentamiento para diferentes puntos al interior del envase en vidrio



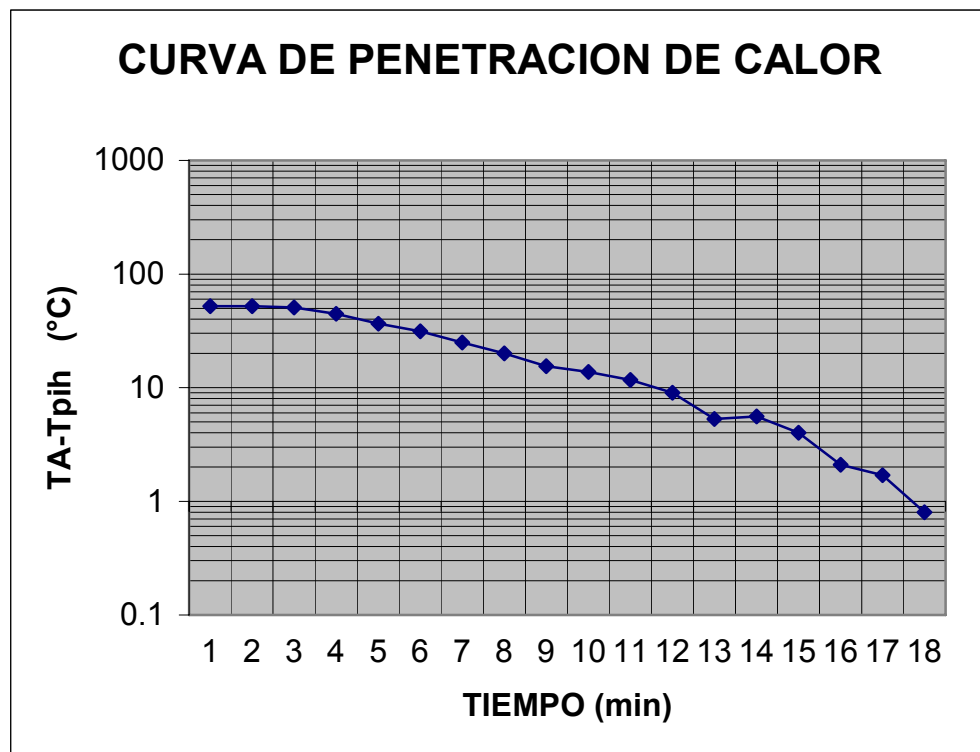
Se presentan en la figura 18 las curvas para los tres puntos de toma de temperatura al interior de los envases; teniendo, de color azul el tercio superior de color fucsia el tercio medio y de color amarillo el tercio inferior

Al analizar las curvas se pudo determinar que el punto frío, ó sea el punto menor calentamiento al interior del envase, se encuentra en el tercio medio el cual indica el centro geométrico del envase lo que significa que el proceso de calentamiento al interior del mismo se lleva a cabo por conducción.

⁵⁶ STATGRAPHICS PLUS 5.0 (CD-ROM). Copyright by statistical graphics corporation. 2000.

6.1.1.2 Determinación curva de penetración de calor: Para desarrollar el cálculo de la curva de penetración de calor se realizó el procedimiento descrito en el numeral 5.2.1.2.2. La curva que representa este procedimiento se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Curva de penetración de calor característica del proceso



Mediante esta grafica podremos determinar los valores de las variables de calculo requeridas para la determinación del tiempo de procesamiento

6.1.2 Diseño experimental para la evaluación de las letalidades sobre la variedad de arveja OBONUCO ANDINA. Para dicha evaluación se tuvo en cuenta el diseño experimental descrito en el numeral 5.2.2.2 y las pruebas estadísticas mencionadas en el numeral 5.2.2.3.

6.1.2.1 Descripción pruebas estadísticas para la variable de respuesta: concentración de clorofila. Como se puede ver en la tabla ANOVA (Tabla 2) Para la variable de respuesta clorofila, el valor p resulto significativo, al

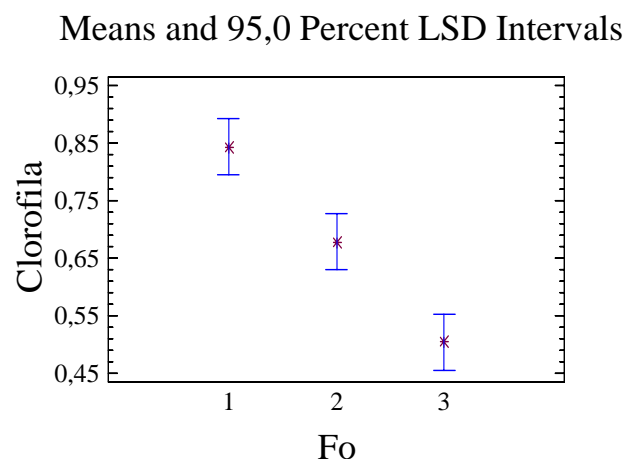
encontrarse un valor de 0.004 que esta muy por debajo de 0.05 razón por la cual se puede afirmar que existe una diferencia significativa entre los resultados encontrados para esta variable de respuesta en los tratamientos evaluados.

Tabla 2 Análisis de varianza (ANOVA) para la Variable de respuesta: concentración de clorofila

ANOVA Table for Clorofila by Fo					
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,172435	2	0,0862174	36,71	0,0004
Within groups	0,0140907	6	0,00234844		
Total (Corr.)	0,186526	8			

De la misma forma al analizar el grafico de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% (Figura 20) se observa que el efecto de la letalidad es bastante claro entre grupos, ya que se pueden observar medias suficientemente diferenciadas entre si, además, los bigotes de estos grupos no se tocan entre si reafirmando los valores observados en la tabla ANOVA.

Figura 20. Diagrama de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para la variable de respuesta Concentración de clorofila



Por ultimo para confirmar los resultados obtenidos en los tres niveles de Fo se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 3), para determinar si existen

diferencias significativas entre las medianas de los tres grupos de tratamientos. El valor p observado para esta prueba fue de 0.0273237, valor que es inferior a 0.05 por lo cual podemos afirmar que hay una diferencia estadística significativa entre las medianas a un nivel de confiabilidad del 95%.

Tabla 3. Test de Kruskal-wallis para la variable de respuesta: Concentración de clorofila

Kruskal-Wallis Test for Clorofila by Fo		
Fo	Sample Size	Average Rank
1	3	8,0
2	3	5,0
3	3	2,0

Test statistic = 7,2 P-Value = 0,0273237		

Teniendo en cuenta los resultados anteriores vemos como los valores de la variable de respuesta para cada uno de los tratamientos son significativamente diferentes, sin embargo como lo podemos ver en la matriz de experimentación (Cuadro 10), los valores mas altos en cuanto a esta variable se dan cuando se desarrolla el proceso en el nivel inferior ó sea a Fo 3,25 (1) con un valor máximo de 0,901 mg/ml y la mayor perdida se da cuando este se realiza a Fo 12(3) con un valor mínimo de 0,463mg/ml.

Cuadro 10. Matriz de Experimentación para la variable de respuesta: Concentración de clorofila.

Nivel Fo	Concentracion clorofila(ntu)
3	0,537
1	0,901
3	0,512
2	0,721
2	0,673
2	0,642
3	0,463
1	0,775
1	0,853

6.1.2.2 Descripción pruebas estadísticas para la variable de respuesta turbidez. En cuanto a la turbidez encontramos que el valor p es de 0.0052

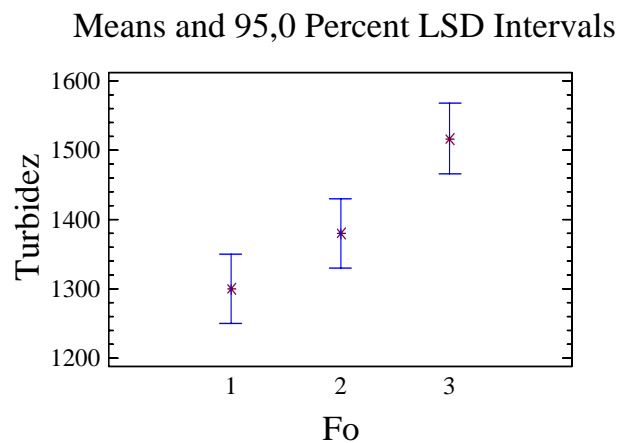
obtenido de la tabla ANOVA (Tabla 4) es inferior a 0.05, indicando claramente que existe una diferencia significativa entre los resultados encontrados de los diferentes tratamientos, lo que significa que el uso de un tratamiento u otro repercutirá claramente en la degradación del material evaluados a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 4. Tabla ANOVA para la variable de respuesta turbidez

ANOVA Table for Turbidez by Fo					
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	71984,7	2	35992,3	14,30	0,0052
Within groups	15099,3	6	2516,56		
Total (Corr.)	87084,0	8			

Observando el grafico de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% (Figura 21), para la variable de respuesta turbidez, muestra que si bien las medias de los grupos están claramente diferenciadas, los bigotes entre el grupo 1 y 2 se tocan entre si, indicando que se pueden encontrar respuestas similares en estos niveles para la variable de respuesta seleccionada, es decir que el tratamiento a Fo 3.25 min y el tratamiento a Fo 6 min proporcionan la misma respuesta en cuanto a turbidez.

Figura 21. Diagrama de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para la variable de respuesta: Turbidez.



La tabla 5 ratifica la observación realizada con la figura 21 puesto que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles 1 y 2 pero si entre los grupos 2 y 3 o 1 y 3 a un nivel de confianza del 95%, representado por un asterisco.

Tabla 5. Prueba de rangos múltiples para la variable de respuesta turbidez

Multiple Range Tests for Turbidez by Fo			
Method: 95,0 percent LSD			
Fo	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	3	1300,33	X
2	3	1380,67	X
3	3	1517,0	X
Contrast			Difference
1 - 2			-80,3333
1 - 3			*-216,667
2 - 3			*-136,333

* denotes a statistically significant difference.

Por otra parte al revisar la prueba de Kruskal-wallis (Tabla 6) vemos que en los resultados obtenidos de los tres niveles de Fo las medianas de los tres grupos dan como resultado un p de 0.0273237 valor por debajo de 0.05 razón por la cual podemos afirmar que hay una diferencia estadística significativa entre las medianas de la turbidez un nivel de confiabilidad del 95%.

Tabla 6. Test de kruskal-wallis para la variable de respuesta: Turbidez

Kruskal-Wallis Test for Turbidez by Fo		
Fo	Sample Size	Average Rank
1	3	2,0
2	3	5,0
3	3	8,0
Test statistic = 7,2 P-Value = 0,0273237		

Observado que los grupos 1 y 2 no poseen diferencia significativa, es necesario determinar cual de estos dos valores es el mas adecuado al momento de la elección del valor de Fo para el diseño del proceso térmico, por ello se opta por utilizar como optimo Fo 3,25 pues este dio el valor mas bajo de la variable turbidez en el liquido de gobierno, con un valor de 1279 NTU como se puede ver en la matriz de experimentación (Cuadro 11); lo cual indica que el deterioro en el producto final es menor si se utiliza este nivel como adecuado para el proceso de esterilización.

Cuadro 11. Matriz de experimentación para la variable de respuesta turbidez

Nivel Fo	Turbidez
3	1543
1	1279
3	1538
2	1465
2	1332
2	1345
3	1470
1	1298
1	1324

6.1.2.3 Pruebas de esterilidad comercial. Una vez llevada a cabo la evaluación de la letalidad durante el proceso de esterilización, es necesario realizar las pruebas de esterilidad comercial que confirmen que el nivel escogido para el diseño del proceso térmico garantice el cumplimiento del requisito de esterilidad comercial para este tipo de productos.

Las pruebas para la determinación de la esterilidad comercial del producto procesado se realizaron siguiendo las normativas establecidas en la NTC 4433⁵⁷, como lo podemos ver en el cuadro 12, las muestra para este ensayo se llevaron a cabo teniendo en cuenta un plan de toma de muestras con un nivel de inspección 1 el cual se define mediante la relación del tamaño del lote y el tamaño de la muestra y un Nivel de calidad aceptable (NCA) de 6.5, el cual indica el máximo porcentaje de unidades defectuosas. Suponiendo un tamaño de lote inferior a 4800 unidades y con un peso neto igual o inferior a 1 kg se analizaron 6 muestras por cada tratamiento para un total de 18 pruebas. Prueba externa Anexo F

⁵⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: OMétodo para evaluar la esterilidad comercial en alimentos, Op. cit., 7 p.

Cuadro 12. Prueba de esterilidad comercial.

LETALIDAD		
Fo 3,25	Fo 6	Fo 12
*PECS	PECS	PECS

*prueba de esterilidad comercial satisfactoria.

6.1.3 Diseño del proceso térmico. Teniendo en cuenta los resultados anteriores, y sabiendo que para el adecuado diseño del proceso se puede utilizar el valor de F_0 mínimo necesario para la inactivación del microorganismo utilizado como referencia, que en este caso es *clostridium botulinum*, tomaremos el valor de F_0 de 3.25, así como los valores del microorganismo serán de D a 121.1°C de 0.3 minutos y un valor z de 11°C (18°F).

6.1.3.1 Cálculo del tiempo de procesamiento mediante el método analítico: Ya que tenemos la curva de penetración de calor característica del proceso de esterilización (Figura 19) de esta debemos determinar los siguientes valores:

Ta – Tpih: Temperatura de calentamiento pseudoinicial. Que se obtiene con la prolongación de la pendiente hasta que se cruce con el eje Y representado por la línea roja en la figura 22.

Fh: Tiempo en minutos para que la curva de calentamiento atravesase un ciclo logarítmico. Distancia entre las líneas verdes de la figura 22.

Además de estos datos, para los cálculos de procesamiento por el método analítico debemos determinar el valor U que viene dado por la siguiente ecuación:

$$U = Ft Fo$$

Siendo la expresión Ft igual a:

$$Ft = 10^{(121.1 - T)/z}$$

Donde T es la temperatura a la cual se lleva a cabo el proceso es igual a 120°C y z es la constante de resistencia térmica específica para el microorganismo que para este caso es de 11°C.

$$F_t = 10^{(121.1-120)/11}$$

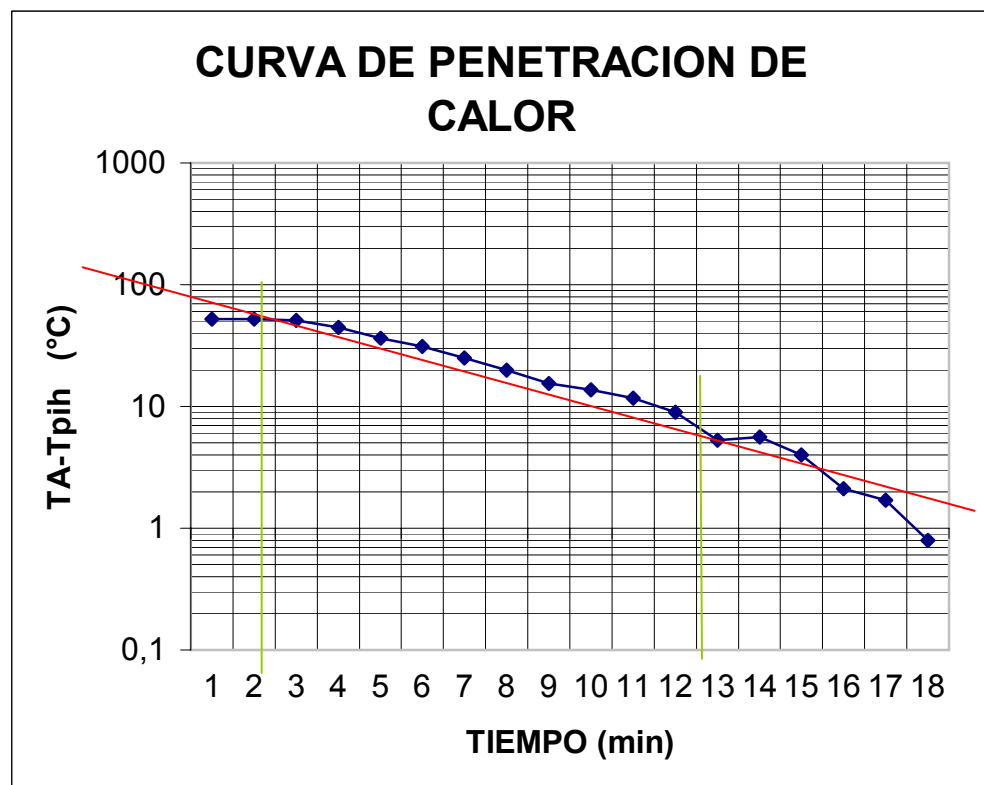
$$F_t = 1.26 \text{ min}$$

Una vez obtenido este valor y conociendo que F_o es igual a 3,25 min se calcula U :

$$U = 1.26 \text{ min} * 3,25 \text{ min}$$

$$U = 4.095 \text{ min}^2$$

Figura 22. Curva de penetración de calor para determinación de valores necesarios en el cálculo del tiempo de procesamiento por el método analítico.



Para nuestro caso los valores obtenidos de la grafica fueron:

$$T_a - T_{p_i} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$F_h = 18,7 \text{ min}$$

Puesto que es necesario para el desarrollo del método analítico, encontrar el valor g y para este, a su vez es requisito tener el cociente fh/U se procede a su cálculo:

$$fh/U = 18.7 / 4.10$$

$$fh/U = 4.561 \text{ min}$$

Así mismo ya que tenemos los valores de T_a - T_{pih} podemos encontrar el valor j_h que esta dado por:

$$j_h = T_a - T_{pih} / (T_a - T_{ih})$$

Siendo T_{ref} igual a 120°C y T_{ih} igual a 71.1°C (temperatura del alimento al inicio del proceso), entonces tenemos:

$$j_h = 100 / (120-72.1)$$

$$j_h = 2.09$$

De igual manera se realizará el procedimiento para el cálculo de j_c :

la ecuación para la obtención de j_c sería:

$$j_c = (T_{da} - T_c) / (T_d - T_c) \quad \text{donde,}$$

T_{da} : es la temperatura de enfriamiento pseudoinicial

T_c : es la temperatura del medio de enfriamiento (17°C)

T_d : es la temperatura del producto en el punto frío una vez haya sido desconectada la entrada de vapor al sistema es igual a 119°C

$$j_c = 1.60$$

Obtenidos estos resultados podemos proceder al cálculo del valor g de acuerdo a datos tabulados que relacionan el cociente fh/U para un valor z determinado para un microorganismo específico. Puesto que el valor de z del microorganismo indicador no se encuentra en dichas tablas se deberá utilizar un z lo más cercano posible al del microorganismo. En este trabajo el valor de z seleccionado es de 11°C pero como este no se encontró en las tablas, se procedió a encontrar g con un z igual a 10°C .

$$g = 3.2562$$

Por último fue necesario tener el valor de l_h el cual esta dado por:

$$l_h = T_a - T_{ih}$$

$$l_h = 120 - 72.1 = 47.9^\circ\text{C}$$

Ahora ya se puede encontrar el tiempo de procesamiento B a partir de la siguiente ecuación:

$$B = f_h [\log (j_h l_h) - \log (g)]$$

$$B = 18.7 [\log (2.09 \cdot 47.9) - \log(3.2562)]$$

$$B = 27.82 \text{ min.}$$

6.1.3.2 Cálculo del tiempo de procesamiento mediante método iterativo software (CYTED): Para el uso del programa se tuvieron en cuenta los siguientes valores:

- $T_{ih} = 72.1^\circ\text{C.} = 161.78^\circ\text{F}$
- $T_a = 120^\circ\text{C.} = 248^\circ\text{F}$
- $T_d = 17^\circ\text{C.} = 62.6^\circ\text{F}$
- $z = 11^\circ\text{C.} = 18^\circ\text{F}$
- $D = 0.3.$
- $N_o = 1600$ esporas/envase.
- $F_0 = 3.25$ min.
- $f_h = 18.7.$
- $j_h = 2.09$
- $j_c = 1.6$

Con estos valores se pudo calcular un valor para el tiempo de procesamiento B de 28.69 minutos. Valor similar al calculado analíticamente.

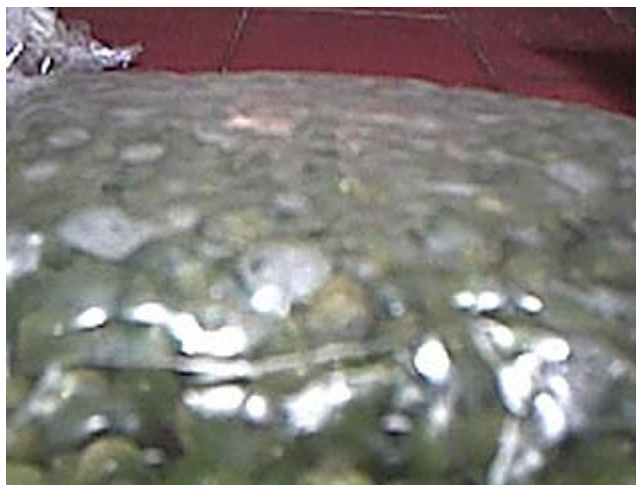
6.1.4 Probabilidad de deterioro. Los procesos de envasado pretenden conseguir una reducción específica en el número de bacterias o de esporas presentes en el alimento en varios factores de 10 o lo que es lo mismo ciclos logarítmicos.

De acuerdo a lo anterior y utilizando el cálculo de la PNSU para determinar la posibilidad de una unidad procesada no estéril durante el proceso de esterilización, vemos que la probabilidad fue según el método numérico iterativo de $2.758248 \cdot 10^{-8}$ la cual nos brinda un margen de seguridad bastante aceptable para llevar a cabo mediante estos parámetros de procesamiento, la elaboración de arveja envasada en envase de vidrio en la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño.

6.2 Seguimiento del proceso de deterioro de las muestras de arveja empacada al vacío. Teniendo en cuenta el procedimiento descrito en el numeral 5.2.3.2 se realizó el seguimiento a las muestras de arveja empacadas al vacío a intervalos de tiempo de 24 horas.

Hora cero: El color en las muestras que fueron escaldadas fue de un tono más oscuro que las que no lo fueron como se indica en la figura 17, el cierre está intacto y no hay signo alguno que indique deterioro del material vegetal.

Figura 23. 24 horas: Muestra sin escaldar y sin refrigeración



24 horas: Después de las 24 primeras horas después del proceso de empacado se observó que las muestras que se dejaron en refrigeración estaban sin ninguna alteración en todos los aspectos a tener en cuenta, sin embargo la muestra sin

escaldar que se dejó a temperatura ambiente presentó un hinchamiento como se indica en la figura 23, lo cual indica que los procesos de transpiración del material vegetal continuaron normalmente.

Figura 24. 48 horas: Muestra sin escaldar y sin refrigeración



48 horas: después de la 48 horas del empacado, en la muestra sin refrigeración y sin escaldar se tuvo un mayor hinchamiento sin embargo el color es el del fruto fresco (Figura 24). En cuanto a las muestras en refrigeración, la que no ha sido escaldada presentó hinchamiento inicial y la que fue escaldada se encontró de buen color y su sello no ha sido roto figura 25.

Figura 25. 48 horas: Muestras en refrigeración, parte izquierda muestra escaldada y parte derecha muestra sin escaldar



72 horas: durante el día 3 (72 horas) de seguimiento se encontró la presencia de una sustancia extraña al interior de la muestra sin refrigerar indicativo I deterioro del material vegetal. (Figura 26). Las muestras en refrigeración continuaron iguales; la que fue escaldada esta sin alteraciones de ningún tipo y la que no fue escaldada sufrió un hinchamiento pero sin presencia de sustancias en su interior (Figura 27).

Figura 26. 72 horas: Muestra sin refrigeración

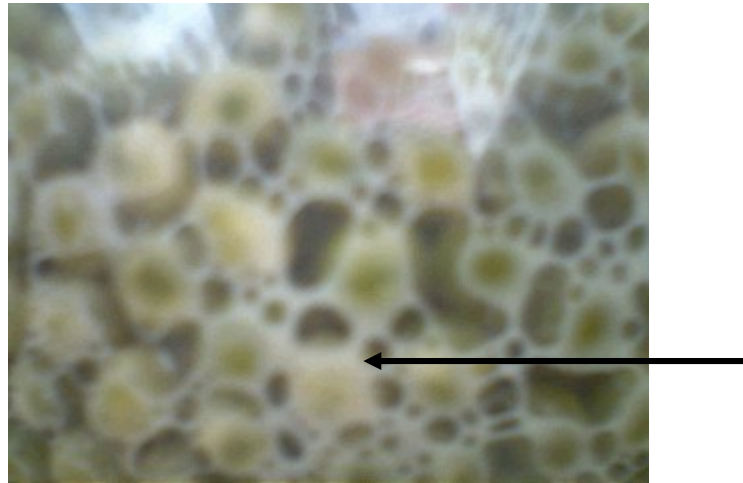


Figura 27. 72 horas: Muestras en refrigeración



96 horas: en el cuarto día de evaluación, las muestras siguieron con los procesos de deterioro y/o conservación que se venían desarrollando en cada una de las muestras; así pues podemos observar como, aquellas que venían generando una atmósfera al interior del empaque lo siguen haciendo sin que haya ruptura del mismo, lo que demuestra la calidad del material de empackado y la seguridad del

sello obtenido en el equipo a las condiciones en que se trabajó el mismo Figura 28.

Figura 28. 96 horas: parte superior muestras sin refrigeración, parte inferior muestras en refrigeración



120 horas: en el quinto día de seguimiento, la muestra sin refrigeración y sin escaldar que fue la que presentó el mayor deterioro, ha roto su material de empaque debido a la presión de los gases en su interior, además hay salida del material contenido en su interior (Figura 29). Se percibió que la sustancia que se encontraba contenida dentro del envase tenía: olor rancio, color blanco y de consistencia líquida; evidenciando el daño del material vegetal, además se observó un cambio en el color de la muestra.

La muestra que estaba en refrigeración y escaldada no presentó ningún tipo de alteración (Figura 30) en el momento de realizar la observación.

Figura 29. 120 horas: muestra sin refrigeración y sin escaldar ruptura del material de envasado



Figura 30. 120 horas: muestra en refrigeración escaldada



169 horas: llegado el séptimo día no se observaron alteraciones a la muestra que se encuentra en refrigeración y que ha sido escaldada, es de aspecto normal sin evidencia de ruptura del sello ni presencia de material extraño en su interior, además se ha conservado su color (Figura 31), por el contrario la muestra que no ha sido refrigerada presenta un nivel de hinchamiento elevado pero sin ruptura del material de empaque, sin la presencia de sustancias en su interior y sin cambios en el color de la muestra (Figura 32).

Figura 31. 196 horas: muestra refrigerada escaldada

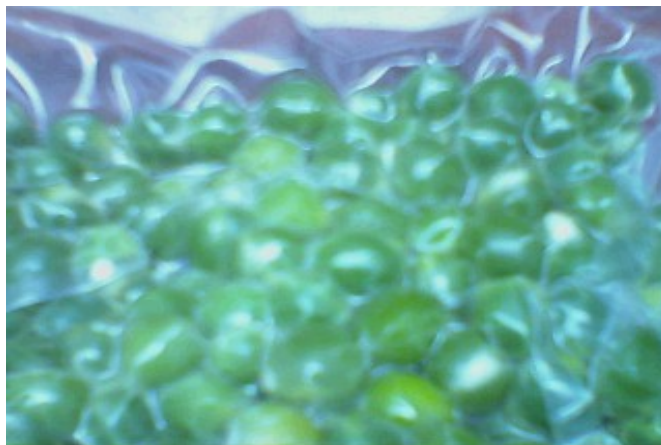


Figura 32. 196 horas: muestra escaldada sin refrigerar



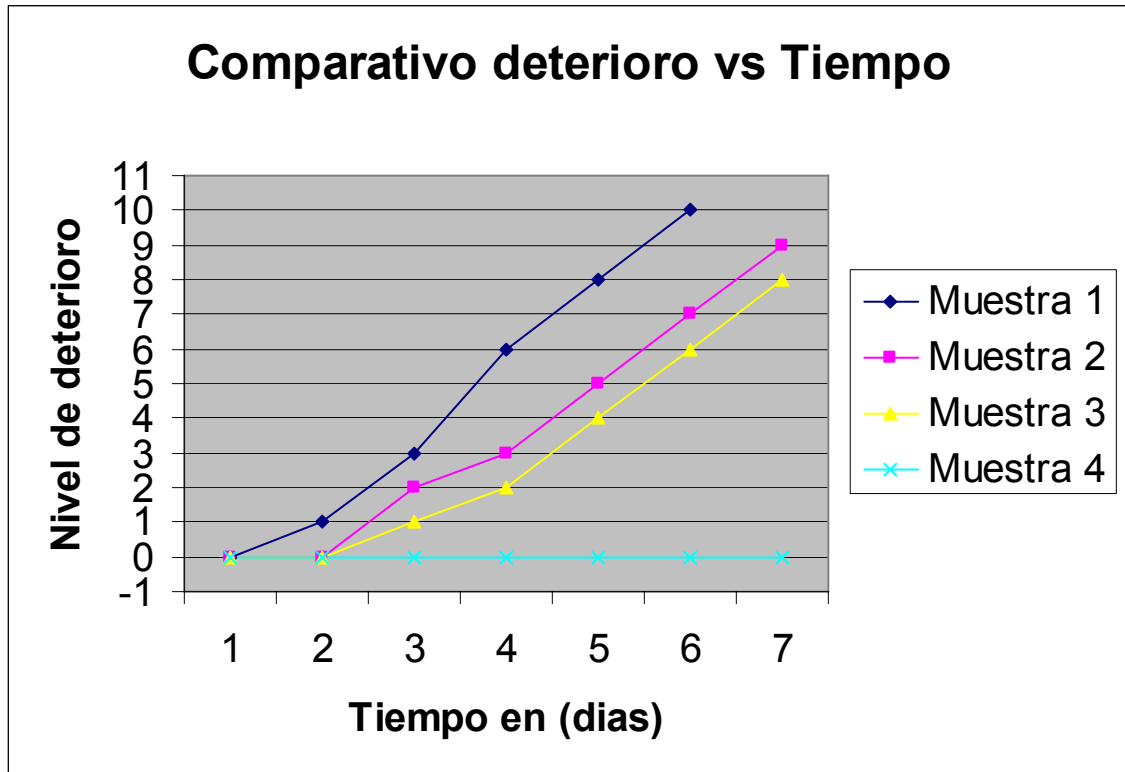
A partir de este día debido al deterioro de tres de las muestras evaluadas, se suspendió el seguimiento, sin embargo la muestra que no presentó ningún tipo de alteración en las características evaluadas, se dejó en refrigeración para determinar el tiempo máximo conservación mediante el proceso al cual fue sometida, el cual fue de 360 horas, al cabo de las cuales se inició el proceso de producción de gases evidenciado por el aumento en el volumen interno del empaque, sin que hasta ese momento se observara cambios en el color o presencia de sustancias al interior de la muestra.

En la figura 33 se observa un comparativo entre; el nivel de deterioro de las muestras en una escala de cero a diez; siendo cero la muestra con todas sus características sin alteración y diez la representación del deterioro final de la muestra (rompimiento de empaque, cambio de color y e indicios de descomposición), los valores intermedios serán pues una el valor dado a la combinación de ellas; y el tiempo en el que este se presentó. Las muestras fueron denominadas según el cuadro 13.

Cuadro 13. Denominación de las muestras para el comparativo entre el nivel de deterioro vs el tiempo de observación.

MUESTRA	DENOMINACION
Sin Escaldar y Sin Refrigeración	Muestra 1 (rombos)
Escaldada y Sin Refrigeración	Muestra 2 (cuadros)
Sin Escaldar y Con Refrigeración	Muestra 3 (triángulos)
Escaldada y Con Refrigeración	Muestra 4 (equis)

Figura 33. Comparativo entre el nivel de deterioro vs el tiempo de observación en las muestras de arveja empacadas al vacío.



6.3 DISCUSIÓN

6.3.1 Envasado de arveja en vidrio, evaluación de letalidad.

Teniendo en cuenta los resultados observados a partir de las pruebas experimentales realizadas para hacer una observación mas precisa del efecto de los valores de la letalidad en las características del material vegetal, se debe decir que su confiabilidad se ve demostrada, por la coherencia entre las pruebas de análisis con las cuales se evaluó el diseño.

La ventaja del desarrollo del proceso investigativo mediante el uso de métodos de diseño y análisis de experimentos, se ve claramente identificada en las respuestas obtenidas para la variable de respuesta turbidez.

Es así como el uso de las pruebas estadísticas escogidas, permitieron la identificación de que, con la utilización del nivel intermedio de letalidad $Fo 6$ y el nivel bajo $Fo 3.25$ se podría llegar a obtener los mismos resultados finales.

Sin embargo, si sabemos que aun cuando la finalidad del proceso térmico además de aumentar la vida útil del producto, es necesario tener en cuenta la apariencia visual del mismo, tendremos que el valor óptimo para llevar a cabo el proceso de esterilización teniendo en cuenta la variable turbidez será de $F_0 3.25$, obteniendo así un producto con una mejor apariencia visual; característica que será de vital importancia debido al tipo de envase utilizado, el cual permite la visualización del material vegetal contenido en el mismo. Además esta disminución en el tiempo de proceso repercute en la conservación de las propiedades nutricionales del alimento.

Para la variable de respuesta clorofila, vemos que a partir de los resultados obtenidos del proceso experimental, la concentración de esta variable se mantendrá a niveles más elevados cuando se utilizan letalidades más bajas, esto se explica debido a que este pigmento presenta procesos degradativos cuando es sometido a elevadas temperaturas..

Como lo muestran los resultados del cuadro 10, la letalidad $F_0 3.25$ brinda una mejor conservación del valor de la concentración de clorofila, lo cual teniendo como base las consideraciones de presentación realizadas en el párrafo anterior, se debe tener en cuenta en el momento de llevar a cabo el procesamiento de productos de este tipo.

Ya que la finalidad de estas pruebas fue evaluar procesos de esterilización, vemos como según lo descrito en el cuadro 12, los tres niveles evaluados en el diseño experimental, demostraron que su utilización en procesos de elaboración de productos envasados, garantizan la esterilidad comercial de los mismos, validados mediante el uso de las pruebas necesarias para conferir la calidad de “estéril comercialmente” al producto final.

6.3.2 Diseño del proceso térmico.

En el diseño de los procesos térmicos debemos utilizar como punto de partida los resultados obtenidos en la evaluación de la letalidad, debido a esto, sabiendo que el valor de $F_0 3,25$ garantiza la esterilidad del producto, este será el valor a tener en cuenta al momento de realizar los cálculos del tiempo de procesamiento.

A pesar de que en los equipos con los que se utilizaron para los experimentos no contaban con los accesorios de control de variables más adecuados, fue posible adquirir los datos necesarios para realizar el diseño del proceso térmico.

Como se pudo observar en el numeral 6.1.3.1 mediante el uso del método numérico analítico, el valor de B (tiempo de procesamiento) fue de 27.82 min, y en el numeral 6.1.3.2 por medio del software desarrollado por el programa

iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYDTED) es de 28.69 min, que estos valores sean muy cercanos mas no iguales pudo deberse a, que para la obtención del valor de g en el método analítico se hizo con un z igual a 10°C y para el uso del software fue de 11°C o 18°F. sin embargo explican claramente que el uso de cualquiera de los dos métodos nos permite inferir acerca del tiempo de procesamiento necesario para obtener productos estériles comercialmente, siempre que se cuente con todas las variables del proceso.

En comparación con los tiempos de procesamiento obtenidos por Betancourt y Montenegro 2004 para envasado en lata podemos ver, que en el proceso de envasado en vidrio se obtienen tiempos más altos esto se puede deber a la diferencia existente en el proceso de transferencia de calor a través de los dos diferentes materiales. Encontramos una diferencia de 12% mas en tiempo cuando se trabajó con envases de vidrio.

6.3.3 Envasado a vacío.

Teniendo en cuenta las consideraciones teóricas hechas por RODRIGUEZ, F. et al acerca de este proceso, se observo que mediante la conjugación de diferentes técnicas de conservación como lo son el envasado a vacío y la refrigeración, este proceso logró la prolongación de la vida útil del producto

Además si recordamos que el escaldado según lo descrito en el numeral 4.7.4 es un tratamiento térmico que se utiliza para inactivar enzimas responsables del color anormal, esta característica se conservó inalterable durante el seguimiento realizado a las muestras que fueron sometidas antes de su envasado al proceso de escaldado.

7. CONCLUSIONES

El uso del diseño de experimentos permitió que, aún cuando los tres valores de F_0 evaluados resultaron ser satisfactorios para llevar a cabo el proceso de envasado de arveja en vidrio, el valor óptimo para este proceso fuera de 3.25 debido a las ventajas obtenidas en cuanto a las características evaluadas de concentración de clorofila y turbidez.

Con el factor F_0 igual a 3.25 se disminuyó la pérdida de la concentración de clorofila de un 48.83% a un 14.36% en comparación con el uso del valor F_0 12 que fue el que presentó la mayor pérdida de esta variable de respuesta durante la fase experimental.

El escaldado de la arveja bajo las condiciones determinadas por Betancourt y Montenegro 2004, permitió la fijación y conservación del color de la materia prima durante el seguimiento hecho al producto envasado a vacío.

El uso de un tratamiento térmico con valor de F_0 3.25, es suficiente para garantizar la esterilidad comercial de productos envasados en vidrio como se puede ver en el cuadro 14, además de conseguir una PNSU de $2.75 \cdot 10^{-8}$.

El promedio del tiempo de procesamiento obtenido mediante diferentes métodos de cálculo es de 27.85 min. Que en contraste con el proceso de envasado a vacío es alto.

Las principales ventajas del proceso de empacado a vacío son: el menor espacio de almacenamiento del producto, menor peso del producto envasado, menor tiempo de procesamiento, mantenimiento de las características del alimento debido a la baja exposición a altas temperaturas y el bajo costo de la maquinaria para su elaboración.

La unión de dos técnicas de conservación como la refrigeración y el empacado a vacío permite la conservación de arveja de la variedad Obonuco Andina durante un periodo máximo de 15 días sin que se presente deterioro del producto así procesado.

Para el uso de arveja en procesos industriales, es de vital importancia el uso del escaldado para mantener las propiedades de color y reducción de microorganismos, lo que ayudará también a la reducción de los tiempos de procesamiento.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, vemos como es mas favorable el uso de la técnica de envasado a vacío, como modelo para la apropiación tecnológica necesaria por parte del campesino de nuestra región, con la cual se podrá generar valor agregado al producto sin que esto le genere costos excesivamente altos.

En cuanto al proceso de empacado a vacío, si bien este no prolonga por tanto tiempo de vida útil del producto, como los procesos de envasado en vidrio y envasado en lata, este brinda la posibilidad de ser adoptado como proceso para agregar valor en nuestra región por su bajo costo de implementación.

8. RECOMENDACIONES

Se hace necesario que los procesos de investigación acerca de los productos hortícolas que se producen en la región, se vean afianzados por entidades como la Universidad de Nariño, en colaboración con las entidades que se encargan del desarrollo nuevas variedades.

Se debe tener en cuenta la instalación de instrumentos de control mas precisos en los equipos de la planta piloto, que permitan un control más efectivo de las variables en los procesos.

Es necesario evaluar diferentes concentraciones de gases en la preparación de productos por medio del proceso de envasado al vacío, para determinar cual de ellas seria la más eficiente en cuanto a destrucción y reducción de flora microbiana se refiere, en cada uno de los productos así obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

ARNON, D. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. En: Plant Physiology. Vol. 24, (1949); p. 1-15.

AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE: biochemical and ethnobotanical data base. Estados Unidos. Available from internet: www.ars-grin.gov/duke

BADUI, S. Química de los alimentos. México: Pearson Education, 1999. 648 p.

BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000. 153 p.

BERGUERET, G. Conservas vegetales: frutas y hortalizas. Madrid: Salvat Editores, 1963. 570 p.

BRENNAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998. 714 p.

BOX, G. E.; HUNTER, W. G. and HUNTER, J. S. Statistics for experimenters: an introduction to model desing data analysis and model building. New York: Jhon Wiley & Sons, 1978. 653 p.

CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado para las frutas y hortalizas en conservas. FAO comisión del Codex, 1969. 7 p. CAC/RCP 2-1969.

Código internacional recomendado de practicas de higiene para alimentos poco ácidos y alimentos poco ácidos acidificados envasados. FAO comisión del Codex, 1993. 92 p. CAC/RCP 23 – 1979, rev. 2 1993.

Norma del Codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva. FAO comisión del Codex, 1981. 7 p. CODEX STAN 58 – 1981.

CODECYT de Nariño – SENA – Colciencias. Diagnostico prospectivo de la postcosecha de hortalizas en Nariño DIPPHNAR, documento de apoyo. Pasto: UNED, 2004, 185 p.

Diagnostico prospectivo de la postcosecha de hortalizas en Nariño DIPPHNAR, documento principal. Pasto: UNED, 2004, 109 p.

CORPOICA Regional No. 5. Nueva variedad de arveja mejorada para el sistema de producción de economía campesina del sur de Nariño. Colombia. agosto 2002. En: Plegable Divulgativo. No. 9.

Nueva variedad de arveja mejorada para la zona de reconversión de trigo en el Departamento de Nariño. Colombia. julio 2001. En: Plegable Divulgativo. No. 8.

FELLOWS, P. Tecnología del procesado de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994. 549 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Overarching principles: kinetics and pathogens of concern for all technologies. En: Journal of Food Science. Vol. 54, Suplemento (jun. 2000); p. 16-29.

HAYES, G. D. Manual de datos para ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1992. 182 p.

HEBBLETHWAITE, P.D. ; HEATH, M.C. and DAWKINS, T.C.K. The pea crop: a basis for improvement. London: Butterworths, 1985. 231 p.

HERNÁNDEZ, H. Cálculo del tiempo de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados calentados por convección. En: HERRAMIENTAS DE CÁLCULO EN INGENIERIA DE ALIMENTOS – III. IV- taller. s.p.i. 5 p.

HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987. 451 p.

IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000. 283 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arvejas (guisantes) frescas en conserva. Bogotá : ICONTEC, 1998. 8 p. NTC 1009.

Alverja verde. Bogotá : ICONTEC, 2002. 4 p. NTC 1250.

Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos. Bogotá : ICONTEC, 1998. 7 p. NTC 4433.

LARRAÑAGA, I. J. et al. Control e higiene de los alimentos. Madrid: Mc Graw Hill, 1999. 544 p.

LEWIS, M. J. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza: Acribia, 1993. 494 p.

PHAM, Q. T. Calculation of thermal process lethality for conduction – heated canned foods. En : Journal of Food Science. Vol. 52. No. 4 (1987); p. 962-967.

PORRA, R.J. Minireview: The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. En: Photosynthesis Research. Vol. 73, (2002); p. 149-156.

POTTER, N. Ciencia de los alimentos. México: Edutex, 1973. 749 p.

RODRIGUES, A.D. et al. Comparação entre técnicas numéricas para a resolução do problema de transferência de calor em alimentos enlatados. En: Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol. 18, No. 2 (1998); p. 230-236.

SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J. y RIZVI, S.S. Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y practicas de laboratorio. México: Limusa Wiley, 2003. 348 p.

SINGH, R. P. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998. 544 p.

STATGRAPHICS PLUS 5.0 [CD-ROM]. Copyright by statistical graphics coporation. Estados Unidos. 2000.

STROSHINE, R. and HAMMAN, D. Physical properties of agricultural materials and food products. Indiana: Purdue University Press, 1993. 194 p.

UNIVALLE Departamento de microbiología. Manual de bacteriología especial. Cali: s.n., s.f., 93 p.

ANEXOS

ANEXO A. MÉTODO DE ARNON AJUSTADO PARA LA MEDICIÓN CUANTITATIVA DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA

Para la cuantificación de clorofila en tejido vegetal se utilizará el método de Arnon. 1949, teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones⁵⁸.

$$\text{Clorofila total (Ct)} = (8.05 \text{ Ab}_{663} + 20.2 \text{ Ab}_{645}) \text{ X}$$

$$\text{Ct} = \text{mg Ct/ml}$$

8.5 y 20.2 = Constantes de extinción

X = factor de dilución (g de peso/ml de acetona)

$$\text{Clorofila a (Ca)} = (12.7 \text{ Ab}_{663} - 2.7 \text{ Ab}_{645}) \text{ X}$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = (22.9 \text{ Ab}_{645} - 4.7 \text{ Ab}_{663}) \text{ X}$$

$$\text{Relación Cf a/b} = \text{Cf a} / \text{Cf b}$$

Materiales

- Material vegetal (arveja fresca)
- acetona 80%
- mortero y espátula
- 6 tubos de ensayo
- pipetas
- gradilla
- baño termostatado
- papel aluminio
- centrifugadora
- Espectrofotómetro uv/vis

Procedimiento

- Realice un extracto de clorofilas, para esto pese una o dos arvejas, adicionele 12 ml de acetona al 80% fría y macérela, vierta el extracto en un tubo de ensayo cubierto con papel aluminio, manténgalo siempre en el baño termostatado. (Realice el procedimiento por duplicado)
- Centrifugue la mezcla a 10.000 r.p.m. por 4 minutos a 4°C.

⁵⁸ PORRA, Op. cit., p. 149-156.

- Todo este procedimiento debe hacerse lo más rápido posible para mantener una temperatura aproximada de 4 °C, evitar el contacto con la luz a fin de disminuir degradación de clorofilas.
- Vierta el sobrenadante en la cubeta y lea en el espectrofotómetro a 663 y 645 nm.
- Calcule en contenido de Cft, Cfa, Cfb, Cfa/b de acuerdo a las formulas de Arnon descritas anteriormente.
- Si las lecturas se realizan a 663.6nm y 646.6nm y aplicamos las ecuaciones descritas en la siguiente tabla se aplicara el método de Porra, el cual es un método ajustado o mejorado del método Arnon.

Ecuaciones para el cálculo de la concentración de clorofila por el Método de Porra

Solvent	Equations for Chl concentrations (nmol/ml)	Equations for Chl concentrations (µg/ml)
In buffered aqueous 80% acetone	$[Chl\ a] = 13.71 E^{663.6} - 2.85 E^{646.6}$ $[Chl\ b] = 22.39 E^{646.6} - 5.42 E^{663.6}$ $[Chl\ a + b] = 19.54 E^{646.6} + 8.29 E^{663.6}$	$[Chl\ a] = 12.25 E^{663.6} - 2.55 E^{646.6}$ $[Chl\ b] = 20.31 E^{646.6} - 4.91 E^{663.6}$ $[Chl\ a + b] = 17.76 E^{646.6} + 7.34 E^{663.6}$
In DMF	$[Chl\ a] = 13.43 E^{663.8} - 3.47 E^{646.8}$ $[Chl\ b] = 22.90 E^{646.8} - 5.38 E^{663.8}$ $[Chl\ a + b] = 19.43 E^{646.8} + 8.05 E^{663.8}$	$[Chl\ a] = 12.00 E^{663.8} - 3.11 E^{646.8}$ $[Chl\ b] = 20.78 E^{646.8} - 4.88 E^{663.8}$ $[Chl\ a + b] = 17.67 E^{646.8} + 7.12 E^{663.8}$
In methanol	$[Chl\ a] = 18.22 E^{665.2} - 9.55 E^{652.0}$ $[Chl\ b] = 33.78 E^{652.0} - 14.96 E^{665.2}$ $[Chl\ a + b] = 24.23 E^{652.0} + 3.26 E^{665.2}$	$[Chl\ a] = 16.29 E^{665.2} - 8.54 E^{652.0}$ $[Chl\ b] = 30.66 E^{652.0} - 13.58 E^{665.2}$ $[Chl\ a + b] = 22.12 E^{652.0} + 2.71 E^{665.2}$

ANEXO B. NORMA DEL CODEX PARA LOS GUI SANTES (ARVEJAS) VERDES EN CONSERVA CODEX STAN 58-1981

NORMA DEL CODEX PARA LOS GUI SANTES (ARVEJAS) VERDES EN CONSERVA¹ CODEX STAN 58-1981

1. DESCRIPCION

1.1 Definición del producto

Se entiende por guisantes (arvejas) en conserva el producto (a) preparado a partir de variedades (cultivares) de guisantes (arvejas) frescos o congelados, limpios, básicamente sanos, enteros, sacados de la vaina aún no maduros (verdes), que respondan a las características de la especie *Pisum sativum* L., exceptuada la subespecie *macrocarpum*; (b) envasado con agua u otro medio de cobertura líquido adecuado, azúcares, aderezos y otros ingredientes apropiados para el producto; y (c) tratado térmicamente en forma adecuada, antes o después de ser encerrado herméticamente en un recipiente, para impedir su alteración.

1.2 Tipo varietal

Los guisantes (arvejas) en conserva pueden ser de cualquier variedad (cultivar) adecuada y pueden clasificarse en:

1.2.1 Rugosos.

1.2.2 Redondos o lisos.

1.2.3 Otros tipos (cruces o híbridos de los tipos mencionados en 1.2.1 y 1.2.2).

1.3 Tipos de envasado

1.3.1 "Envasado en líquido", cuando se emplea un medio de cobertura líquido; o

1.3.2 "Envasado en vacío", si el medio de cobertura líquido no excede del 20 por ciento del peso neto total del producto y el recipiente se cierra en condiciones que crean un vacío elevado en el recipiente.

2. FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICION Y CALIDAD

2.1 Ingredientes básicos

Guisantes (arvejas), un medio de cobertura líquido adecuado para el producto y otros de los ingredientes facultativos que se indican a continuación:

2.1.1 Otros ingredientes permitidos

2.1.1.1 Sal, sacarosa, azúcar invertido, dextrosa, jarabe de glucosa, jarabe de glucosa deshidratada.

2.1.1.2 Hierbas aromáticas y especias; extracto o jugo de hortalizas y hierbas aromáticas (lechuga, cebolla, zanahoria, etc.); guarnición compuesta de una o más hortalizas (lechuga, cebolla, zanahoria, trozos de pimiento verde o rojo, o mezcla de ambos) hasta un máximo de 15 por ciento del ingrediente hortaliza escurrido total; esencia de menta.

¹ Anteriormente CAC/RS 58-1978, según se ha enmendado.

2.1.1.3 Mantequilla u otros aceites y grasas animales o vegetales comestibles. Si se añade mantequilla, la cantidad no deberá ser menor del tres por ciento del producto final (contenido total).

2.1.1.4 Almidones: naturales (nativos), modificados física o enzimáticamente, únicamente cuando intervienen como ingredientes mantequilla u otros aceites o grasas animales o vegetales comestibles.

2.2 Criterios de calidad

2.2.1 Color

Excepto si se trata de guisantes (arvejas) en conserva coloreados artificialmente, los guisantes (arvejas) deberán tener las características de color normales de los guisantes (arvejas) en conserva y típicas de la variedad empleada. Los guisantes (arvejas) en conserva que contengan otros ingredientes o aditivos permitidos deberán considerarse de color característico cuando no haya decoloración anormal dadas las sustancias utilizadas.

2.2.2 Medio de cobertura

Excepto en el caso de los guisantes (arvejas) envasados con salsas especiales, el medio de cobertura no deberá ser tan viscoso que no pueda separarse el líquido de los guisantes (arvejas) a 20°C. No deberá presentar color ni aspecto extraños al producto.

2.2.3 Sabor

Los guisantes (arvejas) en conserva deberán tener un sabor y olor normales y estar exentos de sabores y olores extraños al producto.

Los guisantes (arvejas) en conserva con ingredientes especiales deberán tener el sabor característico de los guisantes (arvejas) y la demás sustancias empleadas.

2.2.4 Textura y madurez

Los guisantes (arvejas) deberán ser razonablemente tiernos y de textura y madurez razonablemente uniformes.

El contenido de sólidos insolubles en alcohol no deberá pasar de 21 por ciento en ninguno de los tipos.

2.2.5 Defectos y tolerancias

Los guisantes (arvejas) en conserva pueden contener una ligera cantidad de sedimentos y deben estar razonablemente exentos de defectos dentro de los límites que se indican a continuación:

Defectos	Límites máximos (basados en el peso de los guisantes (arvejas) escurridos)
a) Macas - guisantes (arvejas) con manchas ligeras)	5% m/m
b) Macas graves - guisantes (arvejas) con manchas, color anormal, o dañados de algún otro modo (incluidos guisantes (arvejas) comidos por gusanos) hasta el punto de que resulte gravemente afectado el aspecto o la calidad comestible	1% m/m
c) Fragmentos - porciones de guisantes (arvejas): cotiledones separados o solos; cotiledones aplastados o parcial o totalmente rotos; y pieles sueltas, pero sin incluir los guisantes (arvejas) enteros con la piel desprendida	10% m/m
d) Amarillos - todo el guisante (arveja) es marcadamente amarillo, sin ser el llamado guisante (arveja) "rubio", que es de color muy pálido	2% m/m
e) Materias vegetales extrañas - cualquier parte de mata, o de hoja o vaina de la planta de guisante (arveja), u otra materia vegetal inocua no añadida intencionalmente como ingrediente	0,5% m/m
Total de los defectos anteriores (a), (b), (c), (d), (e)	12% m/m

2.2.6 Clasificación de "defectuosos"

Los recipientes que no satisfagan uno o más de los requisitos pertinentes de calidad que se especifican en los párrafos 2.2.1 a 2.2.5 se considerarán "defectuosos".

2.2.7 Aceptación

Se considerará que un lote satisface los requisitos de calidad aplicables que se especifican en el párrafo 2.2.6 cuando el número de recipientes "defectuosos", tal como se definen en el párrafo 2.2.6, no sea mayor que el número de aceptación (c) del correspondiente plan de muestreo (NCA 6,5) que figura en los Planes de Muestreo para Alimentos Preenvasados del Codex Alimentarius FAO/OMS (CAC/RM 42-1969). (Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius).

3. ADITIVOS ALIMENTARIOS

Dosis máxima

		Dosis máxima
3.1	Glutamato monosódico ²	Limitada por las BPF
3.2	Aroma de menta (aceite de menta)	Limitada por las BPF
3.3	Colorantes	
3.3.1	Tartracina CI 19 140) 100 mg/kg solos o combinados
3.3.2	Azul brillante FCF CI 42 090	
3.3.3	Beta-caroteno	
3.4	Endurecedores	
3.4.1	Cloruro cálcico) 350 mg/kg de Ca total en el) producto final
3.4.2	Lactato cálcico	
3.4.3	Gluconato cálcico	
3.5	Gomas vegetales	
3.5.1	Goma arábica)
3.5.2	Carragenina)
3.5.3	Goma guar)
3.6	Pectinas)
3.7	Alginatos (Ca, K, Na, NH ₄))
3.7.1	Alginato de propilenglicol)
3.8	Almidones modificados)
3.8.1	Almidones tratados con ácidos)
3.8.2	Almidones tratados con álcalis)
3.8.3	Almidones blanqueados) ³
3.8.4	Fosfato de dialmidón (tratado con trimetafosfato sódico)) 1% m/m de los aditivos especificados en 3.4 a 3.8, inclusive, solos o en combinación
3.8.5	Fosfato de dialmidón, fosfatado)
3.8.6	Fosfato de monoalmidón)
3.8.7	Acetato de almidón)
3.8.8	Hidroxipropil-almidón)
3.8.9	Adipato de dialmidón, acetilado)
3.8.10	Glicerol-hidroxipropil-dialmidón)
3.8.11	Almidones oxidados)
3.8.12	Fosfato de dialmidón (tratado con oxiclورو de fósforo))
3.8.13	Fosfato de dialmidón, acetilado)
3.8.14	Glicerol-dialmidón, acetilado)
3.8.15	Glicerol-dialmidón)
4.	CONTAMINANTES	

² Sólo puede usarse cuando son ingredientes la mantequilla u otros aceites y grasas animales o vegetales comestibles.

³ Sólo puede usarse cuando son ingredientes la mantequilla u otros aceites y grasas animales o vegetales comestibles.

Plomo (Pb)	1 mg/kg
Estaño (Sn)	250 mg/kg, calculado como Sn total

5. HIGIENE

5.1 Se recomienda que el producto a que se refieren las disposiciones de esta norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones correspondientes del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2 (1985), Volumen 1 del Codex Alimentarius), y con los demás Códigos de Prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean aplicables para este producto.

5.2 En la medida compatible con las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

5.3 Analizado con métodos adecuados de muestreo y examen, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud, ninguna sustancia originada por microorganismos.

5.4 El producto habrá recibido en su elaboración un tratamiento capaz de destruir todas las esporas de *Clostridium botulinum*.

6. PESOS Y MEDIDAS

6.1 Llenado de los recipientes

6.1.1 Llenado mínimo

Los recipientes deberán llenarse bien con guisantes (arvejas) y, excepto si se trata de guisantes (arvejas) "envasados en vacío", el producto (incluido el medio de cobertura) ocupará no menos del 90 por ciento de la capacidad de agua del recipiente. La capacidad de agua del recipiente es el volumen del agua destilada, a 20°C, que cabe en el recipiente cerrado herméticamente cuando está completamente lleno.

6.1.1.1 Clasificación de "defectuosos"

Los recipientes que no satisfagan los requisitos de llenado mínimo (90 por ciento de la capacidad del recipiente) del párrafo 6.1.1 se considerarán "defectuosos".

6.1.1.2 Aceptación

Se considerará que un lote satisface los requisitos que se especifican en el párrafo 6.1.1 cuando el número de recipientes "defectuosos", tal como se definen en el párrafo 6.1.1.1, no sea mayor que el número de aceptación (c) del correspondiente plan de muestreo (NCA 6,5) que figura en los Planes de Muestreo para Alimentos Preenvasados del Codex Alimentarius FAO/OMS (CAC/RM 42-1969). (Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius).

6.1.2 **Llenado apropiado por peso escurrido mínimo** (véanse los criterios alternativos en 6.1.3)

6.1.2.1 El peso del producto escurrido no será menor del 60% m/m de agua destilada, a 20°C, que cabe en el recipiente cerrado cuando está completamente lleno.

6.1.2.2 **Aceptación**

Se considerará que se cumplen los requisitos relativos al peso escurrido mínimo cuando el peso promedio de todos los recipientes examinados no sea inferior al mínimo requerido, siempre que no haya una falta exagerada en ningún recipiente.

6.1.3 **Llenado apropiado en lugar del requisito de peso escurrido** (véanse los criterios alternativos de 6.1.2)

6.1.3.1 Los guisantes (arvejas) en conserva deben considerarse de llenado apropiado, independientemente de que satisfagan los requisitos del párrafo 6.1.2, si se conforman a las disposiciones del método descrito en el Volumen 13 del Codex Alimentarius para la Determinación del llenado apropiado en lugar del peso escurrido.

6.1.3.2 **Aceptación**

Los recipientes que no satisfagan los requisitos del párrafo 6.1.3, cuando se emplea el método descrito en el Volumen 13 del Codex Alimentarius para la Determinación del llenado apropiado en lugar del peso escurrido se considerarán "defectuosos". Se considerará que un lote satisface los requisitos descritos en el párrafo 6.1.3 cuando el número de recipientes "defectuosos" no sea mayor del número de aceptación (c) del correspondiente plan de muestreo (NCA 6,5) que figura en los Planes de Muestreo para Alimentos Preenvasados del Codex Alimentarius FAO/OMS (CAC/RM 42-1969). (Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius).

7. **ETIQUETADO**

Además de los requisitos que figuran en la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985 (Rev. 1-1991), Volumen 1 del Codex Alimentarius), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

7.1 **Nombre del alimento**

7.1.1 El nombre del producto deberá ser "guisantes (arvejas)", "guisantes (arvejas) verdes", "guisantes (arvejas) de huerta", "guisantes (arvejas) verdes de huerta", "guisantes (arvejas) tempranos", "guisantes (arvejas) dulces", "petits pois" o el nombre equivalente utilizado en el país en el que se pretenda vender el producto.

7.1.2 Como parte del nombre o cerca de éste, deberá declararse cualquier salsa especial y/o aderezo o sustancia aromatizante que caracterice el producto, p. ej. "Con x" o "En x", cuando sea apropiado. Si la declaración es "Con (o "En") salsa de mantequilla", la grasa empleada deberá ser únicamente mantequilla.

7.1.3 El nombre del producto podrá incluir el tipo de guisantes (arvejas) "redondos", "lisos", o "rugosos", según los casos.

7.2 **Otras declaraciones**

7.2.1 Tipo de envasado

Si los guisantes (arvejas) en conserva están envasados "en vacío", debe declararse esta circunstancia en la etiqueta de modo que se perciba fácilmente.

7.2.2 Indicación del tamaño

El nombre del tamaño puede indicarse en la etiqueta de acuerdo con la legislación nacional.

8. METODOS DE ANALISIS Y MUESTREO

Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius.

ANEXO C. PARAMETROS CINÉTICOS PARA INACTIVACION DE POBLACIONES MICROBIANAS EN PROCESOS TERMICOS

<u>Process Technology</u>	<u>Microorganism</u>	<u>Substrate</u>	<u>Time Parameter</u>		<u>Temperature Coefficient</u>		<u>Temperature</u>	<u>Other</u>
			(D)	(k)	Z(T)	(E)		
			(min)	(1/min)	(C)	(kJ/mole)	(C)	
Thermal	Vegetative Cells							
	<i>Clostridium botulinum</i> 62A	Vegetable products	0.61 - 2.48	0.929 - 3.775	7.5 - 11.6		110	
	<i>C. botulinum</i> 62A	Phosphate buffer	0.88 - 1.9	1.212 - 2.617	7.6 - 10		110	pH 7.0
	<i>C. botulinum</i> 62A	Distilled water	1.79	1.287	8.5		110	
	<i>C. botulinum</i> B	Phosphate buffer	1.19 - 2.0	1.152 - 1.935	7.7 - 11.3		110	pH 7.0
	<i>C. botulinum</i> B	Vegetable products	0.49 - 12.42	0.185 - 4.7	7.4 - 10.8		110	
	<i>C. botulinum</i> E	Seafood	6.8 - 13	0.177 - 0.339	9.78		74	
	<i>C. botulinum</i> E	Oyster homogenate	72 - 100	0.023 - 0.32	6.8 - 7.5		70	

Fuente: U.S. Food and Drug Administration (2000)⁵⁹

⁵⁹ FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Overarching principles: kinetics and pathogens of concern for all technologies., Op. cit., p. 21-23.

ANEXO D. PROTOCOLO PARA RECUESTO DE ESPORAS DE ANAEROBIOS

Los esporulados son microorganismos que tienen la capacidad de contaminar los alimentos y sobrevivir después del proceso gracias a la presencia de la spora, estructura considerada como de resistencia. Estos alimentos que generalmente son enlatados pueden conservar estos microorganismos viables y latentes hasta que las condiciones favorezcan la germinación desarrollando formas vegetativas que descomponen rápidamente el alimento y ofrecen un grave riesgo para la salud humana.

OBJETIVOS

Aplicar la técnica del NMP para realizar el recuento de esporas anaeróbicas en los alimentos.

MATERIALES

- Baño serológico calibrado a 80°C +/- 0.2°C
- Tubos para realizar diluciones
- Tubos para cultivo de 20 x 150 mm con tapa
- Estufa incubadora
- Cronometro

REACTIVOS

- Diluyente: agua peptonada al 0.1%
- Leche descremada estéril (Skim Milk al 10%) en cantidades de 10 ml para cada tubo, esterilizados al autoclave durante 10 minutos a 120°C.
- Agar tioglicolato, estéril y fundido (caldo tioglicolato mas agar al 2%)

PROCEDIMIENTO

En 9 tubos que contienen cada uno 10 ml de leche descremada se inocula la muestra de la siguiente manera:

- 3 tubos con 1 ml de muestra sin diluir en cada uno
- 3 tubos con 0.1 ml de muestra sin diluir en cada uno
- 3 tubos con 0.1 ml de muestra diluida 1:10 en cada uno

Seguidamente se coloca los nueve tubos en el baño serológico a 80°C durante 10 minutos. Los 10 minutos se cuentan cuando un tubo con leche pero sin muestra, al cual se le introducido un termómetro ha alcanzado los 80°C. Se retira del baño, se deja enfriar y se cubre la superficie con agar tioglicolato fundido y enfriado a 45 °C. Esta capa de agar debe tener 2 cm de espesor. Realizar incubación por 7 días.

LECTURA E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Reportar todos los tubos que muestren producción de gas y/o proteólisis (ennegrecimiento, decoloración de la leche, mas un olor fétido) como positivos. Saque la formula para leer en la tabla del NMP que se adjunta a continuación teniendo en cuenta que los primeros tres tubos corresponden a la columna 0.1, los segundos a 0.01 y los terceros a 0.001.

TABLA PARA LA LECTURA DEL NMP DE ALIMENTOS

Numero más probable (nmp) de bacterias: tres tubos de cada dilución*

No. De tubos positivos en cada nivel de dilución				Limites de confianza			
Dilución 10 ⁻¹	Dilución 10 ⁻²	Dilución 10 ⁻³	NMP por g.	99%		95%	
0	1	0	3	1	23	1	17
1	0	0	4	1	28	1	21
1	0	1	7	1	35	2	27
1	1	0	7	1	36	2	28
1	2	0	11	2	44	4	35
2	0	0	9	1	50	2	38
2	0	1	14	3	62	5	48
2	1	0	15	3	65	5	50
2	1	1	20	5	77	8	61
2	2	0	21	5	80	8	63
3	0	0	23	4	177	7	129
3	0	1	40	10	230	10	130
3	1	0	40	10	290	20	210
3	1	1	70	20	370	20	280
3	2	0	90	20	520	30	390
3	2	1	150	30	660	50	510
3	2	2	210	50	820	80	640
3	3	0	200	<100	1900	100	1400
3	3	1	500	100	3200	200	2400
3	3	2	>1100	200	6400	300	4800

Fuente: Manual de bacteriología especial⁶⁰.

* En cada nivel de dilución, inocular 1ml en cada uno de los tres tubos de medio.

Para calcular el NMP de las diluciones mayores que las que se señalan, multiplicar el NMP por el factor de dilución apropiado de 10, 100, etc.

⁶⁰ UNIVALLE Departamento de microbiología. Manual de bacteriología especial. Cali: s.n., s.f., p. 31.

ANEXO E. PROTOCOLO PARA ESTERILIDAD COMERCIAL DE ALIMENTOS ENLATADOS

OBJETIVO

Esta norma⁶¹ establece el procedimiento para determinar si los alimentos envasados en recipientes herméticamente cerrados, cumplen con los requisitos de esterilización comercial a los que se sometieron y se aplica a todos aquellos alimentos catalogados como comercialmente estériles, cuando se desee comprobar esta condición o cuando los datos del proceso no estén disponibles o no sean satisfactorios.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Pipeteador
- Microscopio con objetivo de inmersión
- Potenciómetro
- Recipientes para muestras
- Abrelatas o punzón de acero inoxidable estériles
- Pipetas
- Incubadora
- Tubos de cultivo
- Laminas portaobjetos

MEDIOS DE CULTIVO

- Caldo BHI con almidón 0.1% u otro de composición similar.
- Cualquier otro medio recomendado para este uso.

REACTIVOS

- Coloración Gram.
- Azul de metileno
- Almidón 0.1% m/m

INSPECCION, EVALUACIÓN DE LOS ENVASES E INCUBACIÓN

Inicialmente se debe realizar una inspección previa de los envases correspondientes de la muestra que se desea evaluar antes de proceder con la prueba de esterilidad comercial.

INSPECCION EXTERNA Y EVALUACIÓN DE LOS ENVASES

⁶¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos, Op. cit., 7 p.

Se debe examinar visualmente cada envase de la muestra; si posee rótulos removibles, estos deben retirarse. Se anotan cuidadosa y exactamente todas las marcas de identificación y manchas o señales de corrosión que se observen en los envases. En el caso de los rótulos removibles, después de despegarlo e inspeccionarlo, debe identificarse con la misma referencia del envase y conservarse.

El examen visual debe realizarse con buena iluminación, de ser posible con lentes de aumento. En el caso de los envases de metal se deben revisar las costuras para detectar pliegues, pestañas salientes y defectos de solapado.

Llenado excesivo

Se sospecha de un llenado excesivo de un envase, cuando el peso neto excede del nivel de tolerancia razonable del peso neto declarado o previsto, o del peso neto medio determinado mediante el examen de un número considerable de envases de aspecto normal.

Llenado insuficiente

Latas abolladas o envases con manchas o residuos de producto en la superficie o rotulo del envase, pueden indicar fugas de líquido o descalibración del equipo de llenado.

INCUBACIÓN

Los envases hinchados o perforados no deben someterse a incubación.

Se toman los envases, se envuelven en papel absorbente y uno de ellos se incuba a una temperatura de 35°C +/- 2°C y el otro se incuba a una temperatura de 55°C +/- 2°C durante 10 días. Se examinan los recipientes diariamente para observar si el papel absorbente esta manchado de producto, lo cual indicaría fugas y para observar si se forma gas antes de terminar el periodo de incubación, lo cual se detecta por abombamiento del recipiente o de la tapa.

LIMPIEZA, DESINFECCIÓN Y APERTURA DEL ENVASE

ENVASES HINCHADOS O ABOMBADOS

Se recomienda atemperar los envases hinchados o abombados aproximadamente durante 1 hora, antes de abrirlos, para reducir la presión interna y disminuir el esparcimiento del contenido. No obstante debe evitarse el almacenamiento prolongado a temperaturas bajas, ya que puede reducirse el número de organismos viables y obstaculizar el intento de aislar los microorganismos que han producido el hinchamiento.

Deben limpiarse con un detergente apropiado y enjuagarse las superficies exteriores del envase. Los envases deben desinfectarse por lo menos durante 10

min a 15 min con agua clorada o bañando la tapa con solución de yodo y alcohol. Puede descontaminarse también la tapa bañándola o rociándola con una solución de ácido peracético al 2% durante 5 min. Los envases se deben secar inmediatamente después de la desinfección utilizando pañuelos o toallas de papel limpios, estériles o desechables.

Notas:

- Todos los envases hinchados o abombados deben manipularse como si tuvieran toxinas o patógenos como *Clostridium botulinum*.
- No deben usarse campanas de flujo laminar horizontal que despiden AIRE sobre el operador.

En la cabina de flujo laminar vertical se abren los envases de los cuales se sospecha que no son comercialmente estériles. Los envases hinchados o abombados se deben abrir dentro de la cabina mientras se mantienen dentro de una bolsa estéril o aplicando el método del embudo estéril invertido (consiste en tomar un recipiente metálico lo suficientemente grande para recoger el producto que se pueda escapar al abrir el envase. Se introduce el envase y la solución desinfectante, se coloca sobre el lado que se va a abrir un embudo invertido y a través de la boca o cuello se introduce un punzón de acero inoxidable estéril, se perfora el envase y se ensancha el agujero) para recoger cualquier esparcimiento del contenido. Cuando se tomen muestras del contenido, se tapa el extremo abierto con una tapa estéril (por ejemplo, una tapa de una caja Petri estériles u otras tapas estériles idóneas).

Cuando se trata de envases (lata, laminados, envases flexibles, planos, etc.) que contienen componentes líquidos o semilíquidos, se puede utilizar un punzón de acero inoxidable estéril para perforar el envase y se toman las muestras del contenido utilizando una pipeta estéril o un aparato equivalente.

Se debe describir y registrar cualquier olor extraño proveniente del contenido, que se pueda percibir inmediatamente después de abrir el envase. Debe evitarse olfatear directamente el contenido.

ENVASES NO HINCHADOS O ABOMBADOS

Se descontamina el envase utilizando el procedimiento indicado anteriormente. Para asegurar un mezclado de los posibles organismos contaminantes se aconseja agitar el envase inmediatamente antes de abrirlo.

Se debe inspeccionar el envase después de la incubación, de acuerdo a lo explicado en el diagrama de flujo de las etapas de la evaluación de la esterilidad comercial, numeral 11.

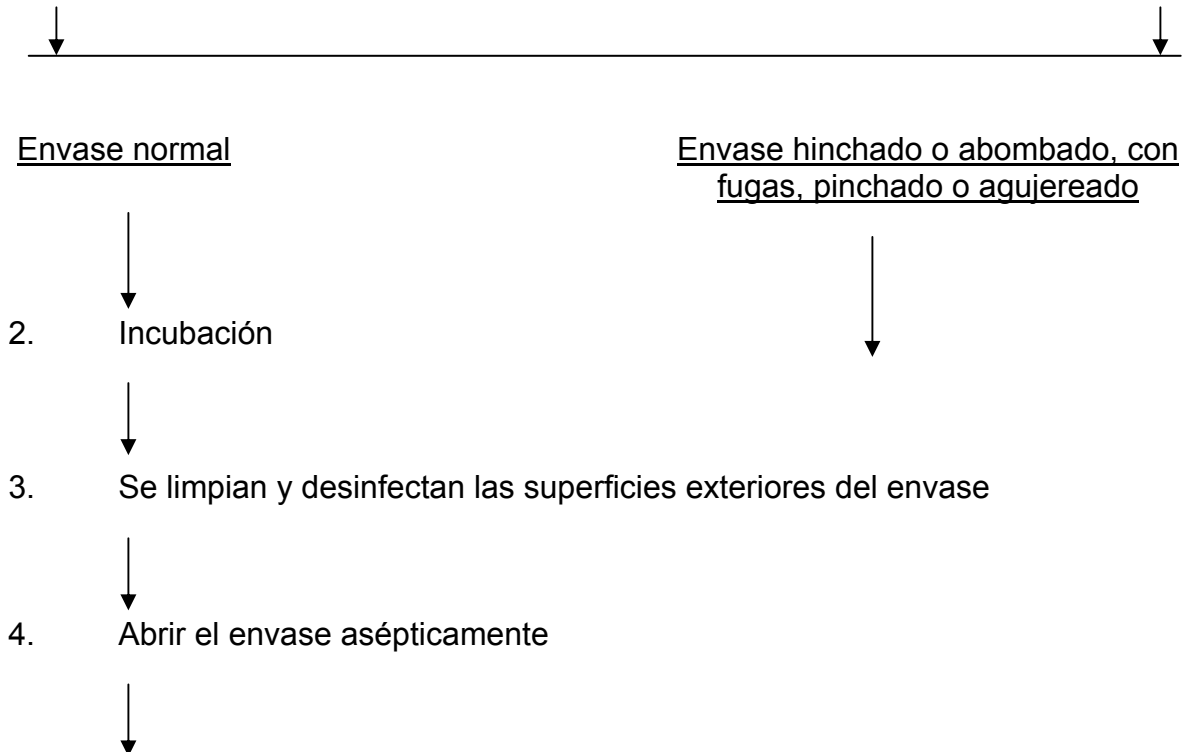
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Si máximo un tubo de los 6 aerobios da positivo y ninguno anaerobio muestra crecimiento, se reportara en el informe: “prueba de esterilidad comercial satisfactoria”.

Si no se cumple la condición anterior se reportara “Prueba de esterilidad comercial insatisfactoria”

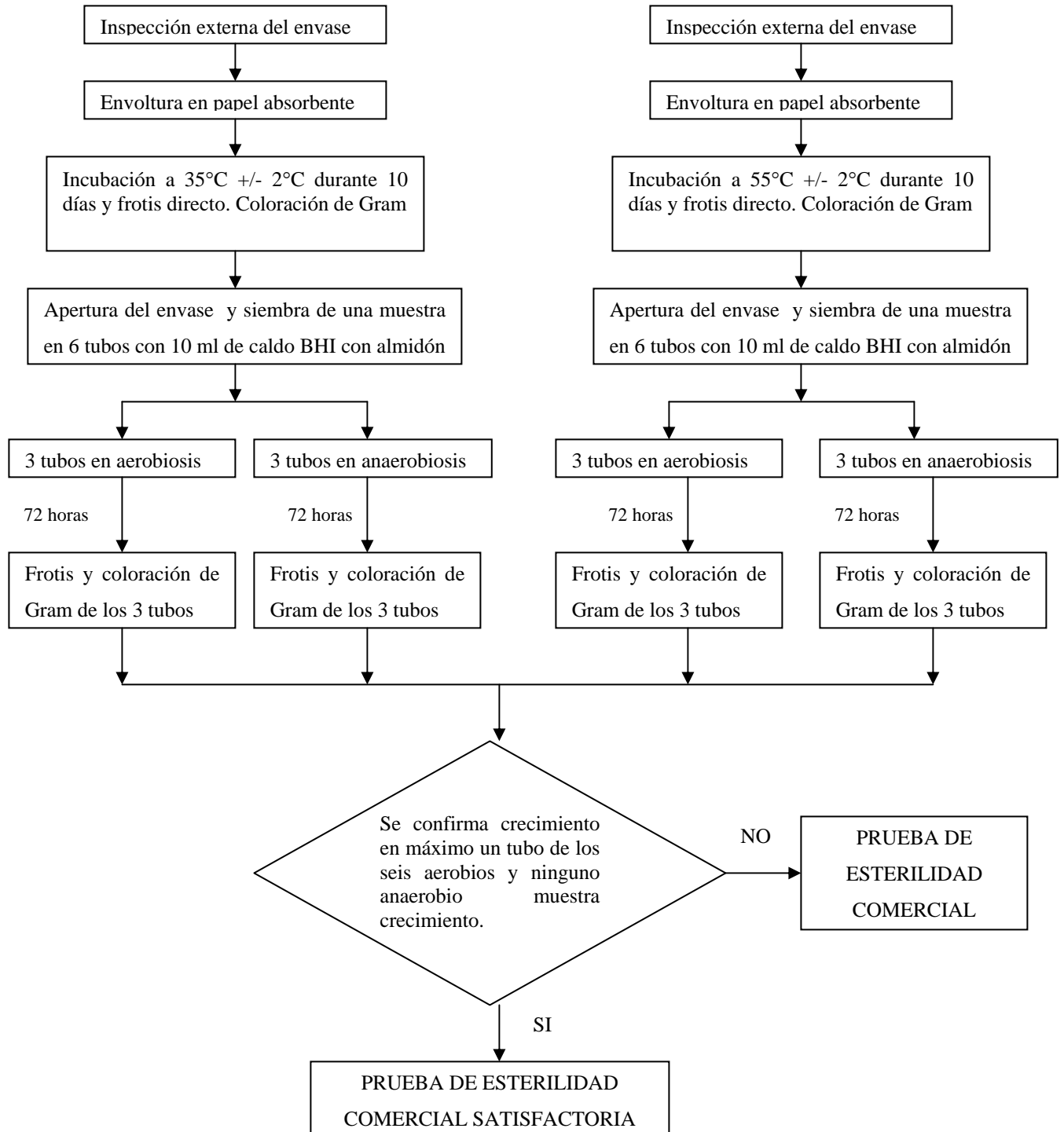
DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DE LA EVALUACIÓN DE LA ESTERILIDAD COMERCIAL

1. Inspección visual externa de los recipientes y mediciones físicas no destructivas. Se inspecciona el rotulo, se registra el código y se pesa el recipiente con el contenido. Se marcan el recipiente y el rotulo; se despega el rotulo, cuando aplique; se inspecciona el rotulo para localizar manchas y se inspecciona el recipiente para observas posibles señales de corrosión.



5. Se toma asépticamente una muestra del contenido para someterlo a examen microbiológico
- ↓
6. Se prepara el frotis y se examina directamente al microscopio
- ↓
7. Análisis microbiológico (ver diagrama de flujo para análisis microbiológico)
- ↓
8. Se mide el pH del contenido
- ↓
9. Evaluación sensorial del contenido: olor, color, textura, y aspecto para lo cual se puede utilizar una unidad de referencia. Esta evaluación puede ayudar a determinar si el envase ha sido tratado térmicamente. No debe probarse jamás el producto objeto de investigación o análisis.
- ↓
10. Se vacía el recipiente y se esteriliza (si esta putrefacto)
- ↓
11. Se somete a ensayo el envase para verificarlo y detectar fugas (por ejemplo: ensayo de vacío, prueba de tintura, etc.). En el caso de enlatados, se examina los cierres y/o costuras para ver si están correctamente formados.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



ANEXO F PRUEBA DE ESTERILIDAD COMERCIAL. LABORATORIO HOSPITAL CIVIL.

**INSTITUTO DEPARTAMENTAL DE SALUD DE NARIÑO
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA
LABORATORIO DEL AMBIENTE Y PRODUCTOS DE CONSUMO
ANÁLISIS DE ENLATADO**

No. Muestra	742A-07	Municipio	Pasto
Fecha Ingreso Laboratorio	Mayo 4/07	Cantidad Recibida	6 Unidades/190gr
Fecha de Análisis	Mayo 4/07	Motivo	Prueba de esterilidad comercial
Fecha de Reporte	Mayo 17/07	Establecimiento y Dirección Toma de Muestra	UDENAR- Sede Torobajo
Tomada por	Felipe Belalcazar	Propietario o Representante Legal	Felipe Belalcazar
Acta No.	Mayo 4/07		

ROTULADO

Nombre del Alimento	Conserva de Arveja	Marca	Producto no rotulado
Lista de Ingredientes	No Rotula	Lote	No Rotula
Contenido Neto	No Rotula	Registro Sanitario	No Rotula
Nombre y Dirección del Fabricante	No Rotula	Fecha de Vencimiento	No Rotula
Nombre y Dirección Importador ó Envasador	No Rotula	Instrucciones de Uso	No rotula
País de Origen	No Rotula	Tabla Nutricional	No rotula

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Aspecto Del Producto	Homogéneo	Color	Característico
Olor	Característico	Envase	Vidrio y tapa metálica

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

Coloración de Gram:	NEGATIVO
PRUEBA DE ESTERILIDAD	SATISFACTORIA


JOSE ANTONIO CHAVEZ YELA


FABIOLA ANDREA ROMO

REVISADO: _____

Visite Nuestra Página web www.idsn.gov.co
Calle 14 # 28-20 Plazoleta de Bomboná - Teléfonos 7235314 - 7232260 - San Juan de Pasto