



ESTUDIO DEL PROCESO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE SU EFECTO DURANTE  
EL ENLATADO PARA LAS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.)  
OBONUCO SAN ISIDRO Y OBONUCO ANDINA

ELIZABETH BETANCOURTH CHAVES  
ANDRÉS MAURICIO MONTENEGRO JARAMILLO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2004

ESTUDIO DEL PROCESO TÉRMICO Y ANÁLISIS DE SU EFECTO DURANTE  
EL ENLATADO PARA LAS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.)  
OBONUCO SAN ISIDRO Y OBONUCO ANDINA

ELIZABETH BETANCOURTH CHAVES  
ANDRÉS MAURICIO MONTENEGRO JARAMILLO

Trabajo de grado

Director  
Andrés Mauricio Hurtado Benavides  
Profesor Facultad Ingeniería Agroindustrial

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2004

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis 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, febrero 18 de 2005

**A nuestros Padres, hermanas  
y a todas aquellas personas que  
nos apoyaron en la ejecución  
de este proyecto.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean expresar su agradecimiento a las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este proyecto: Ángel M. Zamora B., Jorge H. Hidalgo H., Jairo España, Álvaro Pazos, María Elena Solarte, Guido Villota, Diego Mejía, Jaime Castro, Luis Fernando Campuzano, Jaime Gustavo Guerrero, Aura Enríquez, Oswaldo Osorio, Andrés M. Hurtado B., Prodevases Crown S.A., al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño y a todos nuestros asesores invisibles.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	25
1. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	26
2. FORMULACIÓN Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	30
3.1 OBJETIVO GENERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4. MARCO TEÓRICO	31
4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARVEJA	31
4.1.1 Condiciones Agroecológicas	31
4.1.2 Composición Química	31
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD OBONUCO ANDINA	32
4.2.1 Composición química	33
4.2.2 Origen Genético	33
4.2.3 Cosecha	34
4.3 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD OBONUCO SAN ISIDRO	34
4.3.1 Composición química	35
4.3.2 Origen Genético	35
4.3.3 Cosecha	36
4.4 POSTCOSECHA	36

4.5	CONTENIDO DE CLOROFILA DE LAS VARIEDADES DE ARVEJA OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO	37
4.6	PROPIEDADES TERMICAS Y GEOMETRICAS DE LAS VARIEDADES DE ARVEJA OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO	38
4.7	CONSERVAS ALIMENTICIAS	41
4.7.1	Principios de la conservación mediante el calor en productos enlatados	41
4.7.2	Enlatado de alimentos, procesamiento térmico en autoclave y cálculo de la letalidad	42
4.7.2.1	Diseño del proceso térmico	42
4.7.2.2	Penetración de calor	42
4.7.3	Parámetros a calcular	43
4.7.4	Cálculo de la letalidad	46
4.7.4.1	Consideraciones microbiológicas	46
4.7.5	Cálculo de la letalidad del proceso térmico	50
4.7.5.1	Método numérico iterativo	51
4.7.5.2	Método de Patashnik	51
4.8	ARVEJA FRESCA EN CONSERVA	52
4.8.1	Definición del producto	52
4.9	GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE ELABORACION DE ARVEJA FRESCA EN CONSERVA	53
4.9.1	Recepción	53
4.9.2	Almacenaje	53
4.9.3	Selección y clasificación	53
4.9.4	Escaldado	53
4.9.6	Llenado	53

4.9.6.1 Líquido de gobierno	54
4.9.7 Exhausting o evacuado	54
4.9.8 Sellado hermético	54
4.9.9 Esterilización (autoclavado)	54
4.9.10 Enfriamiento	56
4.10 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE CALIDAD PARA ARVEJAS FRESCAS DESTINADAS AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL	56
4.11 DATOS RELATIVOS AL ENVASADO DE LA ARVEJA	57
4.11.1 Descripción del material de envase: recipiente de hojalata	57
4.11.2 Cierre de las latas	58
4.11.3 Inspección de las latas	59
4.12 CINÉTICA MICROBIANA	59
4.12.1 Características del agente etiológico predominante en productos poco ácidos comercialmente estériles	60
4.12.2 Pruebas para el control microbiano	61
4.12.2.1 Recuento de esporas de anaerobios	61
4.12.2.2 Prueba de esterilidad comercial	61
5. DISEÑO METODOLOGICO	62
5.1 MATERIALES Y EQUIPOS	62
5.1.1 Material Experimental	62
5.1.2 Maquinaria y Equipo	62
5.2 DISEÑOS EXPERIMENTALES	63
5.2.1 Escaldado	63
5.2.1.1 Diseño del tratamiento	63

5.2.1.2	Diseño experimental	64
5.2.1.3	Diseño del análisis	65
5.2.2	Pruebas de penetración de calor preliminares	66
5.2.2.1	Determinación del punto frío dentro del envase	67
5.2.2.2	Cálculo de la curva de calentamiento del alimento procesado	69
5.2.3	Pruebas de penetración de calor en planta piloto	71
5.2.3.1	Determinación del punto frío dentro del equipo para autoclavado	71
5.2.3.2	Cálculo de la curva de calentamiento del alimento procesado	72
5.2.4	Cálculo de la letalidad	75
5.2.4.1	Diseño del tratamiento	75
5.2.4.2	Diseño experimental	75
5.2.4.3	Diseño del análisis	76
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
6.1	RESULTADOS	77
6.1.1	Diseño experimental para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	77
6.1.2	Diseño experimental para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	82
6.1.3	Ensayos de penetración de calor preliminares	88
6.1.3.1	Determinación del punto frío	88
6.1.3.2	Determinación de los parámetros característicos para el cálculo de penetración de calor para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO	89
6.1.4	Diseño experimental para la determinación de la letalidad en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	91

6.1.5 Diseño experimental para la determinación de la letalidad en la variedad OBONUCO ANDINA	94
6.1.6 Pruebas de esterilidad comercial	98
6.1.7 Comparación de propiedades físicas y químicas entre marcas de arveja enlatada comercial y las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a $F_0$ 6	98
6.1.8 Pruebas de penetración de calor en planta piloto	101
6.1.8.1 Determinación del punto frío en el calderín de la unidad de extracción	101
6.1.8.2 Prueba de penetración de calor en el calderín de la unidad de extracción	103
6.1.9 Diseño del proceso térmico para la variedad OBONUCO ANDINA en el calderín de la unidad de extracción	103
6.1.9.1 Cálculo del tiempo de procesamiento por el método analítico	106
6.1.9.2 Cálculo del tiempo de procesamiento por el método iterativo (software)	108
6.1.10 Probabilidad de deterioro	109
6.1.11 Análisis de las propiedades físicas y químicas de la variedad OBONUCO ANDINA procesada en planta piloto	110
6.2 DISCUSIÓN	110
6.2.1 Escaldado para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO	110
6.2.2 Pruebas de letalidad para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO	111
6.2.3 Pruebas en planta piloto	112
7. CONCLUSIONES	114
8. RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	118



## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Composición química de la arveja fresca ( <i>Pisum sativum L.</i> )	32
Cuadro 2. Análisis bromatológico de la variedad OBONUCO ANDINA	33
Cuadro 3. Análisis bromatológico de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	35
Cuadro 4. Contenido aproximado de la concentración de clorofila total y clorofilas A y B en las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO en estado fresco y almacenadas durante 8 días a 6°C	37
Cuadro 5. Dimensiones representativas	39
Cuadro 6. Propiedades térmicas y geométricas	40
Cuadro 7. Clasificación de los alimentos enlatados por su acidez	41
Cuadro 8. Capacidad mínima para latas de 65 x 102 mm	57
Cuadro 9. Peso neto y peso drenado de marcas comerciales	58
Cuadro 10. Parámetros cinéticos para la inactivación de poblaciones microbianas en procesos térmicos	60
Cuadro 11. Tiempo estándar de procesamiento para valores $F_0 6$	90
Cuadro 12. Tiempo estándar de procesamiento para valores $F_0 12$	90
Cuadro 13. Pruebas de esterilidad comercial para latas sometidas a dos valores de letalidad $F_0$	98
Cuadro 14. Dimensiones representativas marcas de arveja comercial	99
Cuadro 15. Dimensiones representativas variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a $F_0 6$	99
Cuadro 16. Análisis de la concentración de clorofila para marcas de arveja comercial y para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a $F_0 6$	99
Cuadro 17. Análisis de turbidez para marcas de arveja comercial y para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a $F_0 6$	99
Cuadro 18. Valores de densidad de la salmuera para marcas de arveja comercial y para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a $F_0 6$	100
Cuadro 19. Análisis bromatológico para marca de arveja comercial Zenú	100
Cuadro 20. Comparación entre el peso de partícula para las variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO con relación a la intensidad del tratamiento térmico	100
Cuadro 21. Peso de partícula para distintas marcas de arveja comercial	100
Cuadro 22. Resultados del recuento de anaerobios para la variedad OBONUCO ANDINA procesada en planta piloto	109
Cuadro 23. Probabilidad de una unidad no estéril en OBONUCO ANDINA enlatada comparando dos métodos	109

Cuadro 24. Dimensiones representativas variedad OBONUCO ANDINA procesada a F <sub>0</sub> 6 en planta piloto	110
Cuadro 25. Análisis de concentración de clorofila, peso de partícula, turbidez y densidad de salmuera para la variedad OBONUCO ANDINA procesada a F <sub>0</sub> 6 en planta piloto	110
Cuadro 26. Análisis de elementos enlace para la variedad OBONUCO ANDINA procesada a F <sub>0</sub> 6 en planta piloto	110
Cuadro 27. Integración del área de la curva (proceso de letalidad) por el método de Patashnik	113

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Descripción diseño experimental para escaldado	65
Tabla 2. Descripción diseño experimental para letalidad	75
Tabla 3. Análisis de varianza para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	78
Tabla 4. Respuesta óptima para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	81
Tabla 5. Análisis de varianza para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	83
Tabla 6. Respuesta óptima para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	87
Tabla 7. Análisis de varianza para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO– Variable de respuesta: concentración de clorofila	92
Tabla 8. Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: concentración de clorofila	93
Tabla 9. Análisis de varianza para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO– Variable de respuesta: turbidez	94
Tabla 10. Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: turbidez	94
Tabla 11. Análisis de varianza para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila	95
Tabla 12. Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila	96
Tabla 13. Análisis de varianza para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez	97
Tabla 14. Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez	97

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Imagen de la variedad OBONUCO ANDINA	34
Figura 2. Imagen de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	36
Figura 3. Dimensiones representativas de la arveja	39
Figura 4. Curva característica de penetración de calor en escala semilogarítmica	44
Figura 5. Perfil de temperatura del autoclave y temperatura del alimento en el punto frío en una prueba representativa de penetración de calor	45
Figura 6. Representación del logaritmo de supervivientes en función del tiempo a una determinada temperatura para obtener el valor D	47
Figura 7. Valor de z en forma gráfica	48
Figura 8. Lata para enlatado de alimentos	58
Figura 9. Instrumentación	63
Figura 10. Equipos de medición y control	63
Figura 11. Medición espectrofotométrica de la concentración de clorofila	64
Figura 12. Escaldado de la arveja	66
Figura 13. Disposición de las unidades experimentales para análisis espectrofotométrico	66
Figura 14. Montaje de los sensores de temperatura en las latas	68
Figura 15. Cerradora de latas Julius M.J. utilizada para el desarrollo del proyecto	68
Figura 16. Calderín de la unidad de extracción de aceites de la planta piloto	72
Figura 17. Diagrama de Pareto para el estudio de los factores del escaldado sobre la concentración de clorofila en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	78
Figura 18. Diagrama de efectos principales para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	79
Figura 19. Diagrama de interacciones para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	79
Figura 20. Diagrama para el factor temperatura de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	80
Figura 21. Diagrama para el factor tiempo de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	80
Figura 22. Superficie de respuesta para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	81
Figura 23. Diagrama de Pareto para el estudio de los factores del escaldado sobre la concentración de clorofila en la variedad OBONUCO ANDINA	83
Figura 24. Diagrama de efectos principales para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA	84

Figura 25. Diagrama de interacciones para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA	85
Figura 26. Diagrama para el factor temperatura de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	86
Figura 27. Diagrama para el factor tiempo de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	86
Figura 28. Superficie de respuesta para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	87
Figura 29. Comparación de las curvas de calentamiento para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	88
Figura 30. Comparación de las curvas de calentamiento para la variedad OBONUCO ANDINA	89
Figura 31. Curva de penetración de calor característica para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	90
Figura 32. Curva de penetración de calor característica para la variedad OBONUCO ANDINA	91
Figura 33. Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: concentración de clorofila	92
Figura 34. Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: turbidez	93
Figura 35. Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila	95
Figura 36. Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez	96
Figura 37. Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad máxima para la variedad OBONUCO ANDINA	101
Figura 38. Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad media para la variedad OBONUCO ANDINA	102
Figura 39. Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad mínima para la variedad OBONUCO ANDINA	102
Figura 40. Curva de penetración de calor en escala semilogarítmica en el calderín de la unidad de extracción	104
Figura 41. Curva de enfriamiento en escala semilogarítmica en el calderín de la unidad de extracción	105
Figura 42. Perfiles de temperatura para la unidad de extracción y temperatura del producto en el punto frío	106

## LISTA DE ECUACIONES

	<b>pág.</b>
Ecuación 1. Modelo matemático de una curva de penetración de calor	43
Ecuación 2. Factor de retraso $j_h$	44
Ecuación 3. Modelo matemático simplificado de una curva de penetración de calor	44
Ecuación 4. Calculo del factor de proceso $g$	45
Ecuación 5. Calculo del tiempo de procesamiento en autoclave	45
Ecuación 6. Calculo del factor de proceso $U$	46
Ecuación 7. Valor $z$	47
Ecuación 8. Velocidad letal	48
Ecuación 9. Velocidad letal	48
Ecuación 10. Valor $F$	49
Ecuación 11. Valor $F_0$	49
Ecuación 12. Probabilidad de deterioro en un proceso térmico	50
Ecuación 13. Probabilidad de deterioro de acuerdo al número de envases procesados	50
Ecuación 14. PNSU	50
Ecuación 15. PNSU	50
Ecuación 16. Probabilidad de un microorganismo por lote procesado	50
Ecuación 17. Cálculo del valor $F_0$ en un proceso térmico	51
Ecuación 18. Cálculo del valor $F_0$ en un proceso térmico específico	51
Ecuación 19. Cálculo del valor $F_0$ considerando curvas de calentamiento y enfriamiento	51
Ecuación 20. Cálculo del valor $F_0$ por el método de Patashnik	52
Ecuación 21. Modelo matemático para el escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO	82
Ecuación 22. Modelo matemático para el escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA	88
Ecuación 23. Cálculo del valor $F$ para un proceso específico	106
Ecuación 24. Factor de retraso $j_c$	107

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
ANEXO A. Método de Arnon ajustado para la medición cuantitativa de la concentración de clorofila	122
ANEXO B. Parámetros cinéticos para inactivación de poblaciones microbianas en procesos térmicos	124
ANEXO C. Protocolo para recuento de esporas de anaerobios	125
ANEXO D. Protocolo para esterilidad comercial de productos enlatados	127
ANEXO E. Diagrama de flujo para procesamiento de arveja	133
ANEXO F. Diseño sugerido de un autoclave para la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial	136
ANEXO G. Norma codex stan 58: norma del codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva	138

## 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.

**CERRADORA O ENLATADORA:** maquina que efectúa la operación de cierre o sertido de las tapas.

**CIERRES HERMÉTICOS:** las partes de un envase formadas, unidas, o soldadas entre sí, con objeto de cerrar el envase.

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

**COMPUESTO:** es el producto utilizado para lograr que el cierre sea hermético, mediante la formación de una junta. Esta constituido por una emulsión de látex o goma sintética en un disolvente; este se coloca en la acanaladura que forma el ala de la tapa. Llena los espacios que quedan entre las porciones superpuestas de los ganchos del cuerpo y la tapa.

**CONSERVA:** en el enlatado 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.

**COSTURA LATERAL, ENGATILLADO O AGRAFADO:** cierre lateral del cuerpo de la lata formado por la unión de los extremos de la lámina del cuerpo.

**CUBETA DE LA TAPA:** es la parte de la tapa colocada por el envasador en la que se ajusta el mandril de cierre.

**CUERPO:** parte principal de la lata; habitualmente la mayor, de una sola pieza, que forma la pared lateral del envase.

**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 la práctica 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 sertido para eliminar el oxígeno dentro del envase y generar un vacío en el producto.

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

**$f_h$  y  $f_c$ :** son los parámetros de respuesta a la temperatura. En una prueba de penetración de calor estos describen la velocidad de penetración de calor en un recipiente cerrado herméticamente y en su contenido durante el calentamiento y el enfriamiento, respectivamente.

**GANCHO DE LA TAPA:** parte del insertado formado por el rizo de la tapa.

**$j_h$  y  $j_c$ :** son los factores de retraso. En una prueba de penetración de calor estos describen el tiempo que transcurre antes de que la velocidad de penetración de calor alcance  $f_h$  y  $f_c$ .

**LATA ACORDONADA:** es una lata reforzada mediante arrugas circulares regularmente dispuestas a lo largo del cuerpo.

**LETALIDAD:** tiempo al que un alimento enlatado 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  $F_o$ :** 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.

**MANDRIL DE CIERRE:** pieza de la máquina cerradora que soporta o presiona la pared de la cubeta de la tapa durante el sertido o insertado.

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

**METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA:** clase de diseño experimental que permite evaluar y caracterizar la información obtenida con la experimentación que depende de  $k$  factores, mediante una superficie de  $k+1$  dimensiones.

**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).

**PESTAÑA:** extremo del cuerpo proyectado hacia fuera que doblado adecuadamente acaba formando el gancho del cuerpo.

**PLATO BASE:** plato de la cerradora sobre el que se coloca la lata y sobre el que el mandril de cierre efectúa la compresión de la lata durante el sertido.

**PNSU:** siglas en ingles de la probabilidad de una unidad no estéril. Este valor se utiliza para calcular el numero de envases deteriorados producidos durante el procesado de una partida de producto.

**PRIMERA OPERACIÓN:** la primera de las dos operaciones de las que consta el sertido y en la cual el rizo de la tapa se dobla y engancha con la pestaña del cuerpo, formando los ganchos de la tapa y el cuerpo.

**RIZO:** extremo de la tapa que es virado hacia dentro, una vez formada la pieza. En la operación de cierre forma la parte central del insertado.

**RULINAS:** partes de la maquina cerradora que efectúan las dos operaciones de las que consta el sertido.

**SEGUNDA OPERACIÓN:** la ultima de las operaciones de las que consta el sertido; en esta operación los ganchos formados durante la primera operación se aplastan el uno contra el otro.

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

**SOLAPADO:** superposición que se da entre el gancho de la tapa y el gancho del cuerpo una vez cerrado la lata por el envasador.

**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.

**UNIDAD EXPERIMENTAL:** una subdivisión del material experimental a la que se va a aplicar una replica de un tratamiento.

**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

En el presente trabajo se identificaron parámetros óptimos de procesamiento para el enlatado de dos variedades de arveja regionales, OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO en envases de 65 x 102 mm. Se identificaron los parámetros óptimos de tiempo y temperatura de escaldado para ambas variedades; estos valores fueron de 85°C-60 seg y 84°C-61 seg para escaldado variedad OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO respectivamente y un tiempo de enfriamiento de 3 min con agua a temperatura ambiente (17°C aprox.). Asimismo se evaluaron los efectos de distintas letalidades para el producto, encontrándose una letalidad óptima  $F_0$  de 6. Los datos obtenidos de las dos variedades se compararon con muestras comerciales, encontrándose que las variedades evaluadas presentaban mejores características de tamaño y color. Finalmente se pudo establecer que la variedad OBONUCO ANDINA presenta las mejores características para el procesamiento en conserva (Concentración de clorofila 0.387 mg/ml y volumen de 0.575 ml), con características muy superiores no solo con respecto a OBONUCO SAN ISIDRO (Concentración de clorofila 0.320 mg/ml y volumen de 0.549 ml) sino también en comparación con los mejores resultados obtenidos con las marcas comerciales (Concentración de clorofila Respin 0.314 mg/ml y volumen San Jorge 0.372 ml).

## ABSTRACT

In the present work optimal parameters of processing were identified for the canned of two regional pea varieties, OBONUCO ANDINA and OBONUCO SAN ISIDRO in containers of 65 x 102 mm. The optimal parameters of time and temperature for the scald of both varieties were identified; these values were of 85°C-60 sec and 84°C-61 sec for scalded variety OBONUCO ANDINA and OBONUCO SAN ISIDRO respectively and a cooling time of 3 min with water at ambient temperature (17°C aprox.). Likewise the effects of different letalities were evaluated, resulting an optimal letality  $F_0$  of 6. The obtained data of the two varieties were compared with commercial samples, being that the evaluated varieties presented better size and color characteristics . Finally it could be established that the variety OBONUCO ANDINA presents the best characteristics for the canned (Chlorophyl concentration 0.387 mg/ml and volume of 0.575 ml), with characteristic very superior regard to OBONUCO SAN ISIDRO (Chlorophyl concentration 0.320 mg/ml and volume of 0.549 ml) and the best results of commercial marks evaluated (Chlorophyl concentration Respin 0.314 mg/ml and volume San Jorge 0.372 ml).

## INTRODUCCION

El cultivo de arveja (*Pisum sativum*) 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.

Los procesos más progresistas relacionados con el manejo postcosecha de la arveja en Nariño, muestran un desarrollo que incluso resulta incipiente aun en el nivel de transformación cero. Como consecuencia de lo anterior surge como una alternativa para la conservación y comercialización de arveja producida en la zona andina de Nariño el proceso de enlatado, el cual es una de las alternativas de conservación más utilizada dentro del mercado nacional, pero que dentro de nuestro departamento nunca ha sido estudiado como método de conservación.

## 1. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN 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 relacionados 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 se conseguirá mayores beneficios de los recursos (capital, mano de obra y energía) disponibles. El incremento de la eficacia en las técnicas de conservación exige un conocimiento más perfecto de la naturaleza y las causas de las pérdidas sufridas (tanto por alteración como por merma de la calidad) entre la cosecha y el consumo y disponer de más gente cualificada 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 principalmente en la fase de postcosecha, por lo que es necesario conocer y determinar los aspectos críticos que se evidencian en relación a la provisión, manejo y distribución de productos, en este caso leguminosas. El interés sería aún 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 más aún en regiones poco reconocidas industrialmente en el ámbito nacional y con baja inversión como en el Departamento de Nariño. La ausencia de 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 en el caso de la arveja, hasta un 42.1% <sup>1</sup> del total del producto cosechado debido a tecnologías de postcosecha no apropiadas o a procesos de transformación que no garantizan periodos de vida útil prolongados.

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. Los siguientes son los procesos más progresistas relacionados con el manejo postcosecha de la arveja en Nariño: pesado, vaciado, desgrane en

---

<sup>1</sup> CODECYT de Nariño – SENA – Colciencias. Diagnostico prospectivo de la postcosecha de hortalizas en Nariño DIPPHNAR, documento de apoyo. Pasto: UNED, 2004, p. 184.

verde, pesado, secado, selección y clasificación, zarandeo, ventilado, pase a canastilla, pesado en bandejas, sellado y colocación de "sticker".

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, repercutiendo directamente en la expansión de la cadena productiva de la arveja.

## 2. FORMULACIÓN Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

La conservación de los alimentos tiene como objetivo interrumpir los procesos naturales de deterioro químico y microbiológico, de manera que si se permite el progreso del deterioro, conlleven 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 en latas y/o similares. 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 las variedades de arveja OBONUCO SAN ISIDRO Y OBONUCO ANDINA para así permitir que en un futuro estos datos se puedan adaptar a escala 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 ( $\text{pH} \geq 4.6$ ), en este caso el tratamiento térmico mínimo para el producto enlatado deberá diseñarse con el fin de 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 enlatado sufre durante la esterilización en un autoclave depende de la naturaleza o características del producto a calentar (Tipo de lata, tamaño del envase, 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. El cual permitirá diseñar un proceso que garantice la esterilidad comercial y minimice el efecto negativo sobre las propiedades nutritivas del alimento.

El cálculo de tiempos de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados 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 caracterizar y evaluar los procesos de penetración de calor para dos variedades comerciales de arveja desarrolladas por CORPOICA exclusivamente para su producción en el Departamento de Nariño, así como también analizar condiciones de operación que ayuden a optimizar el proceso.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer métodos y técnicas para evaluar el proceso térmico y analizar su efecto en el enlatado de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar mediante técnicas de diseño de experimentos y tratamiento estadístico de datos las condiciones de procesamiento más adecuadas para obtener un producto de calidad.
- Determinar las temperaturas y los tiempos de escaldado óptimos que maximicen el efecto del tratamiento en la fijación del color del producto.
- Analizar el proceso de calentamiento dentro de la lata para las dos variedades estudiadas a escala de laboratorio.
- Calcular la letalidad total del proceso térmico que garantice la esterilidad comercial del producto utilizando *Clostridium botulinum* como microorganismo indicador.
- Determinar el tiempo de procesamiento mínimo para el enlatado de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO que garantice la esterilidad comercial del producto.
- Analizar el efecto del tratamiento térmico sobre algunas propiedades fisicoquímicas y bromatológicas y sobre la calidad nutricional.
- Determinar la variedad de arveja que presente las mejores características para el procesamiento en lata.
- Estandarizar el proceso de enlatado a nivel de planta piloto para la variedad que presente la mejor respuesta al proceso.

## 4. MARCO TEÓRICO

La industria conservera para el procesamiento de arveja fresca en Colombia se encuentra sectorizada en los departamentos de Antioquía y Cundinamarca. Dentro de las empresas más reconocidas se encuentran: Zenú (Rionegro), San Jorge (Bogotá), Respín (Medellín), Deleyte (Rionegro) y otras más pequeñas como Herma (Bogotá), Pin (Medellín), Loma's (Itagüi), La Coruña (Bogotá) etc.

El producto se comercializa principalmente en lata, en presentaciones pequeñas de 300-320 g (lata estandarizada 65 x 102 mm) y grande de 560-600 g (lata estandarizada 83 x 114 mm).

Dentro de los principales municipios productores de arveja fresca en el departamento de Nariño se encuentran: Contadero, Córdoba, Gualmatan, Guaitarilla, Imues, Ipiales, Ospina, Puerres, Yacuanquer, Funes, Pupiales, Tangua y Potosí.

No obstante la alta producción de hortalizas como la arveja (1.176 Tm en el semestre B 2001 y 4.574 Tm en el semestre A de 2002), en el departamento de Nariño, nunca se ha podido lograr el desarrollo de industrias conserveras, lo que hace de este sector un campo de explotación y desarrollo muy importante para nuestra región.

### 4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARVEJA

**4.1.1 Condiciones agroecológicas.** El cultivo de arveja va bien en los suelos que son ligeros de textura silíceo-limosa. En los 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 del suelo más conveniente para su cultivo 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 refiere<sup>2</sup>.

**4.1.2 Composición química.** La arveja verde es una de las hortalizas que mayor cantidad de carbohidratos y proteínas entrega por unidad de peso, destacándose como fuente importante de sacarosa y aminoácidos, incluyendo lisina. Además, como se observa en el Cuadro 1, es un alimento de contenidos significativos de minerales (P y Fe) y de vitaminas, especialmente B<sub>1</sub>.

---

<sup>2</sup> HEBBLETHWAITE, P.D. ; HEATH, M.C. and DAWKINS, T.C.K. The pea crop: a basis for improvement. London: Butterworths, 1985, p. 145.

**Cuadro 1.** Composición química de la arveja fresca (*Pisum sativum L.*)

Componente	Arveja fresca Contenido (ppm)	Componente	Arveja fresca Contenido (ppm)
Agua	760,000 - 793,670	Biotina	82
Carbohidratos	144,600 - 684,000	Colina	1,970 - 2,800
Proteínas	52,800 - 262,042	Cistina	320 - 1,514
Grasas	3,670 - 20,481	Lisina	3,170 - 14,995
Fibra	22,100 - 104,541	Metionina	820 - 3,879
Cenizas	8,280 - 43,138	Niacina	20 - 105
Almidón	329,000 - 434,000	Ácido Glutámico	7,400 - 35,005
Celulosa	74,000 - 96,000	Glicina	1,840 - 8,704
Pectina	25,000	Histidina	1,070 - 5,061
Sucrosa	22,500 - 280,000	Leucina	3,230 - 15,279
Azucares	41,000 - 59,000	Isoleucina	1,950 - 9,224
Calcio	230 - 1,700	Fenilalanina	2,000 - 9,460
Fósforo	1,038 - 6,250	Prolina	1,730 - 8,183
Hierro	14 - 90	Piridoxina	1.4
Potasio	2,273 - 15,830	Serina	1,810 - 8,562
Sodio	37 - 297	Treonina	2,030 - 9,603
Yodo	0.009	Tiamina	2.4 - 13.9
Azufre	410 - 2,290	Ácido alfa linoléico	350 - 1,656
Cobre	2 - 10	Ácido linoléico	1,520 - 7,190
Boro	2 - 23	Ácido Nicotínico	18
Aluminio	1 - 24	Ácido Oléico	350 - 1,656
Magnesio	319 - 1,700	Ácido Palmítico	640 - 3,027
Cloro	200 - 590	Ácido Esteárico	70 - 331
Nitrógeno	11,000 - 50,000	Tocoferoles	0.3 - 22
Zinc	11 - 60	Riboflavina	1.2 - 6.7
Alanina	2,400 - 11,353	Ácido Pantoténico	1 - 5
Arginina	4,280 - 20,246	Vitamina B6	1.6 - 8.6
Triptófano	370 - 1,750	Vitamina B12	0.004
Tirosina	1,130 - 5,345	Ácido Ascórbico	44 - 1,892
Valina	2,350 - 11,116	Ácido Aspártico	4,950 - 23,415
Kilocalorías	810 - 3,832 /kg	Beta caroteno	3.6 - 18.2

Fuente: Agricultural Research Service<sup>3</sup>.

#### 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD OBONUCO ANDINA

La variedad mejorada OBONUCO ANDINA constituye una nueva alternativa para agricultores y comerciantes en el sistema de producción de economía campesina del sur de Nariño que deriva su sustento del cultivo de arveja.

Entre las principales características de este material sobresalen: resistencia a la antracnosis y la ascochyta (principales hongos patógenos que afectan a esta leguminosa, produciendo lesiones de color café oscuro y negro que afectan

<sup>3</sup> AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE: biochemical and ethnobotanical data base.[en línea]. Estados Unidos. [mar. 2004]. Available from internet: [www.ars-grin.gov/duke](http://www.ars-grin.gov/duke)

principalmente la vaina en el caso de la antracnosis y el tejido foliar y tallos en el caso de la 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. y buena calidad física y fisiológica del grano en estado verde para comercialización<sup>4</sup>.

**4.2.1 Composición química.** A continuación se muestra un análisis bromatológico completo de la variedad OBONUCO ANDINA.

**Cuadro 2.** Análisis bromatológico OBONUCO ANDINA

Análisis	Arveja OBONUCO ANDINA	
	% Base Húmeda	% Base Seca
Humedad	64.15	-
Materia seca	35.85	100
Ceniza	0.95	2.65
Extracto etéreo	0.51	1.41
Fibra cruda	3.79	10.57
Proteína	8.52	23.77
Extracto no nitrogenado	22.09	61.60
Vitamina C (mg/100g)	18.7	-
Azúcares Totales	9.3	-
Almidón	10.68	29.80

**4.2.2 Origen genético.** OBONUCO ANDINA, es un producto tecnológico colombiano, generado en el centro de investigación Obonuco desde el año 1992, resultado del cruzamiento entre las 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 B de 1993 se obtuvo la primera generación (F<sub>1</sub>) y en el semestre A de 1994, la segunda generación (F<sub>2</sub>). A partir de esta última y hasta la F<sub>7</sub>, durante los años 1994 a 1997, Corpoica avanzó con el material genético de este cruzamiento, mediante el método genealógico.

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

Posteriormente, durante los años 2000 y 2001, se realizaron ensayos de rendimiento, pruebas de eficiencia económica y pruebas semicomerciales que

<sup>4</sup> 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.

definieron la adaptación y estabilidad del material para la zona óptima de producción de arveja del sur de Nariño<sup>5</sup>.

**Figura 1.** Imagen de la variedad OBONUCO ANDINA



**4.2.3 Cosecha.** OBONUCO ANDINA, por ser una variedad de arveja para consumo o procesamiento en fresco se recomienda que su cosecha sea en grano verde.

#### **4.3 DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD OBONUCO SAN ISIDRO**

La variedad mejorada OBONUCO SAN ISIDRO constituye una nueva opción para los productores de la zona de reconversión de trigo para el Departamento de Nariño, teniendo en cuenta la problemática técnica y socioeconómica del sistema monoproduktivo del trigo.

Entre las principales características sobresalen: alta adaptación en los municipios de Tangua, Imúes, Yacuanquer y Guatarilla; en altitudes de 2400 a 2800 m.s.n.m.; sistema de siembra enmallado o tutorado par el primer semestre agrícola; alto rendimiento de grano verde para comercialización y grano seco para producción de semilla; resistencia a Antracnosis y Ascochyta. El grano en estado verde ofrece mayor grado de permanencia sin oxidarse ni germinarse, factores que garantizan mayor tiempo de exposición en mostrador Enfermedades: No se recomienda ninguna aplicación de fungicidas para el control de antracnosis y ascochyta<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Ibid.

<sup>6</sup> CORPOICA Regional No. 5. 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.

**4.3.1 Composición química.** A continuación se muestra un análisis bromatológico completo de la variedad OBONUCO ANDINA.

**Cuadro 3.** Análisis bromatológico de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO

Análisis	Arveja OBONUCO SAN ISIDRO	
	% Base Húmeda	%Base Seca
Humedad	62.48	-
Materia seca	37.52	100
Ceniza	1.15	3.07
Extracto etéreo	0.55	1.46
Fibra cruda	3.17	8.45
Proteína	8.37	22.30
Extracto no nitrogenado	24.28	64.72
Vitamina C (mg/100g)	18.20	-
Azúcares Totales	8.80	-
Almidón	6.69	17.84

**4.3.1 Origen Genético.** OBONUCO SAN ISIDRO, es un producto tecnológico colombiano, generado en el centro de investigación Obonuco en el año 1993, cuando se cruzaron dos progenitores (Líneas 1724 y 48), del bloque de cruzamientos del programa de mejoramiento del ICA de esta especie en Nariño.

En el semestre B de 1993 se obtuvo la primera generación ( $F_1$ ) y en semestre A 1994, la segunda generación ( $F_2$ ). A partir de esta última y hasta la  $F_7$ , durante los años 1994 a 1997, Corpoica avanzó con el material genético de este cruzamiento, mediante el método genealógico.

En semestre A de 1998, a través de la siembra de ensayos de rendimiento, los investigadores junto con los agricultores y expertos en comercialización de arveja, reconocieron la línea experimental de arveja OBONUCO SAN ISIDRO como material promisorio, con características deseables de producción y calidad para el consumo de grano en verde.

Posteriormente, durante los años 1999 y 2000, se realizaron ensayos de rendimiento, pruebas de eficiencia agronómica y pruebas semicomerciales que definieron la adaptación y estabilidad del material para la zona de reconversión de trigo en Nariño<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Ibid.

**Figura 2.** Imagen de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



**4.3.2 Cosecha.** OBONUCO SAN ISIDRO, por ser una variedad de arveja para consumo o procesamiento en fresco se recomienda su cosecha en estado verde.

#### **4.4 POSTCOSECHA**

El interés por tratar estos temas radica en que las pérdidas físicas y de calidad de los productos se dan en esta fase, por lo que es necesario conocer y determinar los aspectos críticos que se evidencian con relación a la provisión, manejo y distribución de productos, en este caso granos.

- El tratamiento que se le realiza al producto cosechado es el desgrane, selección, clasificación y embalaje, utilizando herramientas convencionales e insumos como agua, químicos, plásticos, costales y bandejas.
- El producto se almacena de pocas horas a un día, en bodegas y en cuartos o corredores de la casa o de la finca.
- La unidad de negociación es el bulto de 40 a 60 kilogramos de peso.
- El lugar de venta es la finca, la cabecera municipal y la plaza de mercado; su destino es el mercado regional y nacional, y la venta se realiza a los intermediarios y a los supermercados<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> CODECYT de Nariño – SENA – Colciencias. Diagnostico prospectivo de la postcosecha de hortalizas en Nariño DIPPHNAR, documento principal. Pasto: UNED, 2004, p. 41.

#### 4.5 CONTENIDO DE CLOROFILA DE LAS VARIEDADES DE ARVEJA OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO

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 la concentración de este pigmento fue seleccionada como variable de respuesta en la optimización del proceso de escaldado y como indicador de la intensidad de los tratamientos térmicos.

**Cuadro 4.** Contenido aproximado de la concentración de clorofila total y clorofilas A y B en las variedades de arveja OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO en estado fresco y almacenadas durante 8 días a 6°C.

Variedad Fecha Análisis	Clorofila Total (mg/ml)	S	Clorofila A (mg/ml)	S	Clorofila B (mg/ml)	S
OBONUCO SAN ISIDRO / 16 de Junio de 2004	1.067	0.118	0.710	0.082	0.357	0.038
OBONUCO SAN ISIDRO / 22 de Junio de 2004	0.740	0.235	0.518	0.164	0.223	0.096
OBONUCO ANDINA / 16 de Junio de 2004	0.905	0.106	0.610	0.078	0.295	0.029
OBONUCO ANDINA/ 22 de Junio de 2004	0.762	0.123	0.526	0.088	0.236	0.037

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 ambas variedades, puede verse también que este efecto es más significativo para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO no solo en la concentración como tal sino también en la variación de los resultados obtenidos (desviación estándar), este efecto es menos significativo en OBONUCO ANDINA. Por último se puede concluir que la concentración de clorofila en estado fresco es mayor en OBONUCO SAN ISIDRO pero después del almacenamiento el mejor comportamiento se observa en OBONUCO ANDINA.

El método utilizado para la cuantificación de la clorofila en ambas variedades de arveja, fue el método Arnon<sup>9</sup> cuyo protocolo se describe detalladamente en el Anexo A página 122.

<sup>9</sup> ARNON, D. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. En: Plant Physiology. Vol. 24, (1949); p. 1-15.

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 coeficientes<sup>10</sup>. 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)<sup>11</sup>. 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 Porra<sup>12</sup>.

#### **4.6 PROPIEDADES TÉRMICAS Y GEOMÉTRICAS DE LAS VARIEDADES DE ARVEJA OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO**

Un apropiado diseño y optimización del proceso térmico a partir de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO, requiere de la adecuada comprensión de sus propiedades físicas. Estas propiedades incluyen el tamaño, forma, densidad, volumen, área superficial, humedad y propiedades térmicas, entre otras.

Los materiales agrícolas (en este caso se hace referencia específicamente a las variedades de arveja mencionadas) son heterogéneos por naturaleza. Estos están compuestos por una gran variedad de componentes que le dan una amplia gama de características a cada tipo de variedad y a sus tejidos específicos<sup>13</sup>. No se busca con esto analizar la fisiología de las variedades de arveja, sino obtener información específica de cada una de estas, para de este modo determinar parámetros específicos requeridos para el diseño y optimización del proceso térmico.

Además el tener un registro estándar sobre las propiedades físicas de las variedades de arveja bajo estudio es un parámetro importante en la implementación de un sistema de control de la calidad a escala industrial.

---

<sup>10</sup> 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.

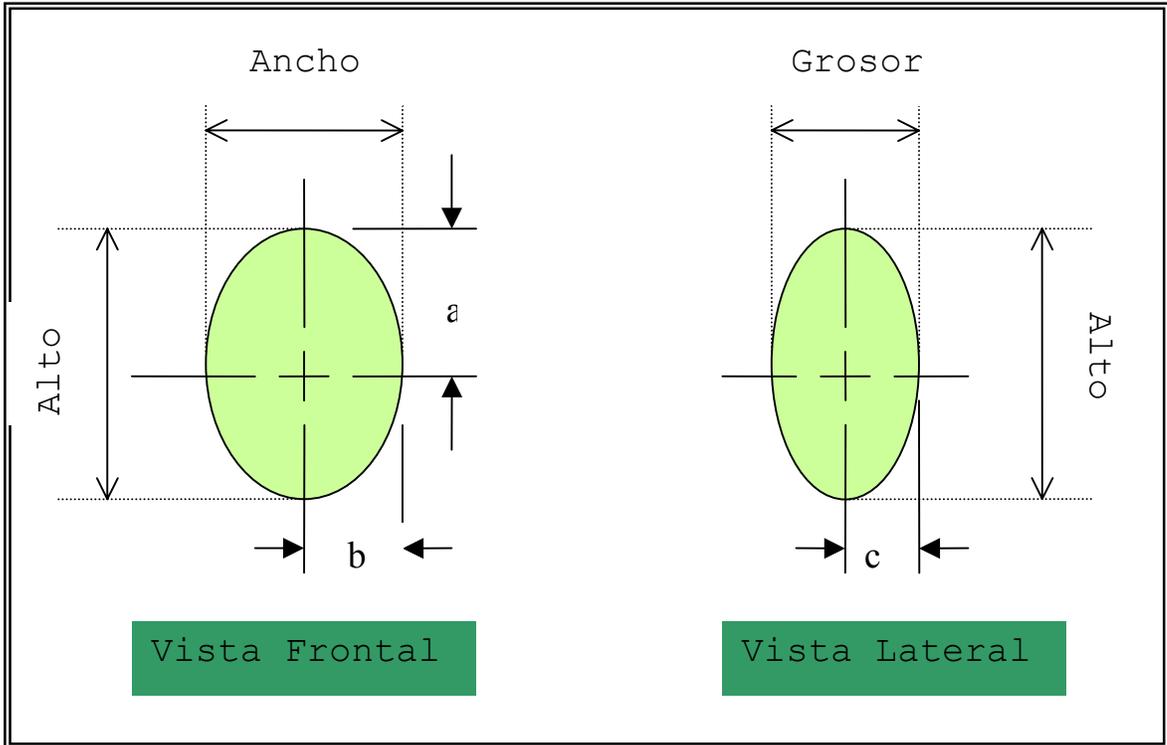
<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 149-156.

<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 153.

<sup>13</sup> STROSHINE, R. and HAMMAN, D. Physical properties of agricultural materials and food products. Indiana: Purdue University Press, 1993, p. 1.

Los resultados obtenidos de este análisis se muestran en los cuadros 5 y 6, respectivamente.

**Figura 3.** Dimensiones representativas de la arveja



**Cuadro 5.** Dimensiones representativas

Arveja	DIMENSIONES REPRESENTATIVAS						Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Volumen (ml)
	Alto (cm)	S	Ancho (cm)	S	Grosor (cm)	S		
OBONUCO ANDINA	1.12	0.058	0.960	0.045	0.950	0.052	3.22	0.535
OBONUCO SAN ISIDRO	1.12	0.094	0.930	0.100	0.920	0.084	3.09	0.502

**Cuadro 6.** Propiedades Térmicas y Geométricas

Propiedades Térmicas Geométricas	$\rho_B$ (g/ml)	S	$W^P$ (g)	S	¥ (u/g)	S	$\mathcal{A}E$ (cm <sup>2</sup> /g)
OBONUCO ANDINA	0.657	0.008	0.649	0.070	1.657	0.086	4.761
OBONUCO SAN ISIDRO	0.627	0.008	0.585	0.115	1.673	0.065	5.504

Propiedades Térmicas y Geométricas	$\rho_P$ (g/ml)	$\xi$ (%)	$\Phi$ (%)	$C_p$ (kJ/kg·K)	K (W/m·K)	A
OBONUCO SAN ISIDRO	1.093	43.92	89.92	3.152	0.473	6.02
OBONUCO ANDINA	1.293	43.26	88.03	3.196	0.479	6.16

donde:

$\rho_B$  = Densidad a Granel

$C_p$  = Capacidad Calorífica

$W^P$  = Peso Partícula

K = Conductividad Térmica

¥ = No. de partículas por unidad de masa

A = Relación Área / Volumen

$\mathcal{A}E$  = Área Específica

$\rho_P$  = Densidad de la partícula individual

$\Phi$  = Esfericidad

$\xi$  = Porosidad del lecho de partículas

S = Desviación Estándar

## 4.7 CONSERVAS ALIMENTICIAS

**4.7.1 Principios de la conservación mediante el calor en productos enlatados.** El enlatado 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. De esta clase de productos, se dice que desde el punto de vista comercial son estériles.

Un alimento “estéril comercialmente” puede definirse como un producto que ha sido sometido a un tratamiento térmico tal que no se altera en condiciones normales de almacenamiento, ni supondrá un peligro para la salud del consumidor<sup>14</sup>. Esto quiere decir 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 almacenar<sup>15</sup>.

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 enlatado deberá diseñarse para reducir la probabilidad de supervivencia de esporas de *Clostridium botulinum* a menos de 1 de cada  $10^{12}$  recipientes<sup>16</sup>.

Debido a que el pH de las conservas de arveja se encuentra dentro del rango de 5.6 a 6.5, (Ver Cuadro 7.) el diseño del proceso térmico para este producto deberá diseñarse para eliminar las esporas de *C. botulinum*, el cual representa el mayor riesgo para este tipo de alimentos.

**Cuadro 7.** Clasificación de los alimentos enlatados por su acidez

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

Fuente: Hersom (1987)<sup>17</sup>

<sup>14</sup> REES, J. A. G. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994, p. 18.

<sup>15</sup> CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado para las frutas y hortalizas en conservas. FAO comisión del Codex, 1969. p. 7. (CAC/RCP 2-1969)

<sup>16</sup> HERSOM, A. C. y HULLAND E.D. Conservas alimenticias. Zaragoza: Acribia, 1987, p. 218.

<sup>17</sup> Ibid., p. 147.

**4.7.2 Enlatado de alimentos, procesamiento térmico en autoclave y cálculo de la letalidad.** A continuación se describen brevemente conceptos relacionados con el diseño de un proceso térmico estándar.

**4.7.2.1 Diseño del proceso térmico.** 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 calor<sup>18</sup>.

Así conociéndose el microorganismo objetivo del proceso, su resistencia térmica y el perfil de penetración de calor en el alimento es posible establecer el proceso térmico adecuado. Debe tenerse en cuenta que cambios en la formulación del producto, en las dimensiones del envase y en las condiciones del proceso pueden alterar significativamente el valor de la letalidad propuesto. Durante una operación típica de esterilización 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 las latas lo más rápido posible a la temperatura ambiente<sup>19</sup>.

**4.7.2.2 Penetración de calor.** Como se mencionó anteriormente, la caracterización de los procedimientos de calentamiento y enfriamiento que un producto enlatado sufre durante la esterilización en un autoclave depende de la naturaleza o características del producto a calentar, del tipo de lata, del tamaño del envase, 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

---

<sup>18</sup> 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.

<sup>19</sup> BARBOSA, G.V.; MA, L. y BARLETTA, B. Manual de laboratorio de ingeniería de alimentos. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 34.

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<sup>20</sup>. Los parámetros de un tratamiento térmico adecuado estarán entonces, relacionados directamente con la información recopilada del historial térmico del producto.

**4.7.3 Parámetros a calcular.** 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 de la lata<sup>21</sup>. 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 en la lata 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 de la lata servirá como parámetro para todo el diseño del proceso térmico del producto enlatado, puesto que, se considera que cualquier lata recibirá un tratamiento equivalente o superior.

Una vez determinado 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 manera<sup>22</sup>:

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

donde:

TP: Temperatura del producto en el punto frío

TA: Temperatura del autoclave

T<sub>pih</sub>: Temperatura de calentamiento pseudoinicial

t : tiempo

f<sub>h</sub>: Velocidad de calentamiento (f<sub>c</sub> velocidad de enfriamiento)

El valor j es denominado tiempo de inducción térmica (inducción de calentamiento o enfriamiento) y para ambos procesos de enfriamiento y calentamiento se puede definir como<sup>23</sup>:

---

<sup>20</sup> BERGUERET, G. Conservas vegetales: frutas y hortalizas. Madrid: Salvat Editores, 1963, p. 112.

<sup>21</sup> IBARZ, A. et al. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza: Acribia, 2000, p. 47.

<sup>22</sup> Ibid., p. 41.

<sup>23</sup> BARBOSA, Op. cit., p. 39-40.

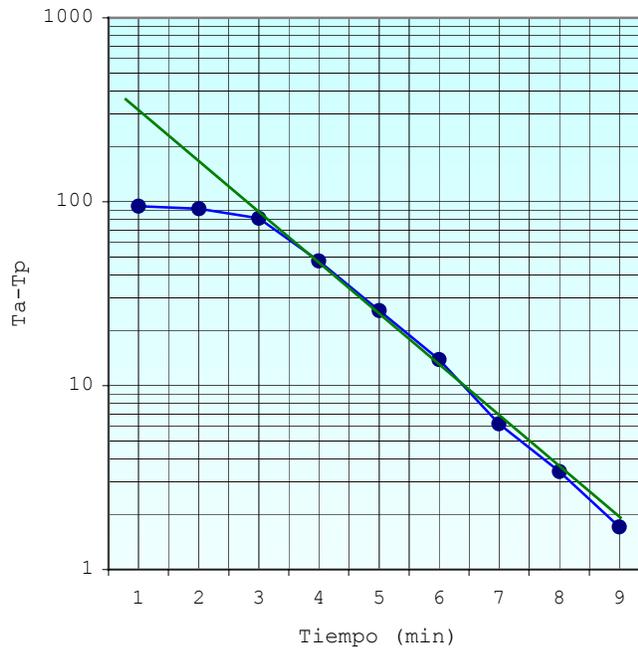
$$J_h = (TA - T_{pih}) / (TA - T_{ih})$$

Ecuación 2

donde:

$T_{ih}$  : temperatura del producto al comienzo del calentamiento

**Figura 4.** Curva característica de penetración de calor en 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 atraviese un ciclo logarítmico<sup>24</sup>.

Si a la diferencia entre TA y TP inicial se le denomina  $I_h$ , la ecuación 1 se puede escribir como<sup>25</sup>:

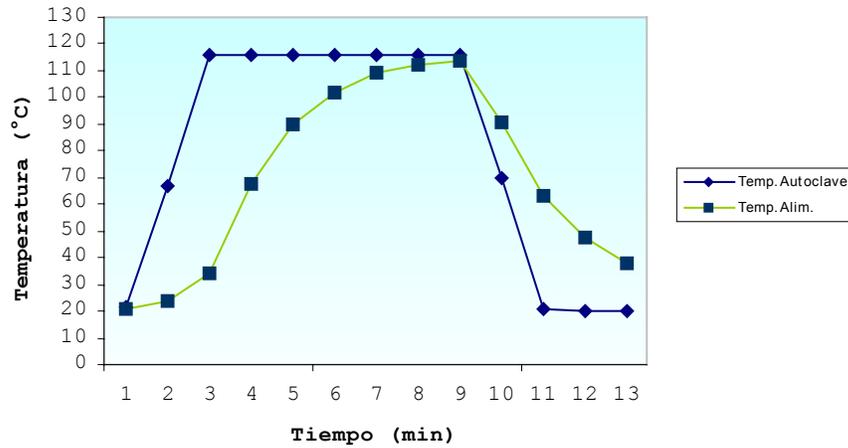
$$\log (TA - TP) = - (t / f_h) + \log (j_h \times I_h)$$

Ecuación 3

<sup>24</sup> 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.

<sup>25</sup> BARBOSA, Op. cit., p. 40.

**Figura 5.** Perfil de temperatura del autoclave y temperatura del alimento en el punto frío en una prueba representativa de penetración de calor



Se debe tener en cuenta que teóricamente TP nunca llegara a alcanzar el valor de TA, por lo tanto, esta diferencia finita de temperatura al final del proceso de 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 forma<sup>26</sup>:

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

O también,

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

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 atravesase un ciclo logarítmico.

$j_h$  : factor de retraso de la curva de calentamiento.

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

<sup>26</sup> BARBOSA, Op. cit., p. 40.

$g$  : 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 ecuación<sup>27</sup>:

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

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.

**4.7.4 Cálculo de la letalidad.** El cálculo de la letalidad de un proceso térmico exige el conocimiento de diversos factores que afectan el proceso en general, a continuación se describen los factores a considerar.

**4.7.4.1 Consideraciones microbiológicas.** El cálculo de la letalidad durante la esterilización de alimentos enlatados requiere de conocimientos sobre termobacteriología y el tipo de microorganismo predominante (objetivo) para el alimento en cuestión<sup>28</sup>. Algunos conceptos relacionados con la valoración de la letalidad se describen a continuación:

- **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 midió<sup>29</sup>.

En general el valor  $D$  puede calcularse a partir del inverso de la pendiente de la línea de supervivencia, aunque se conocen diversos métodos para hacerlo

---

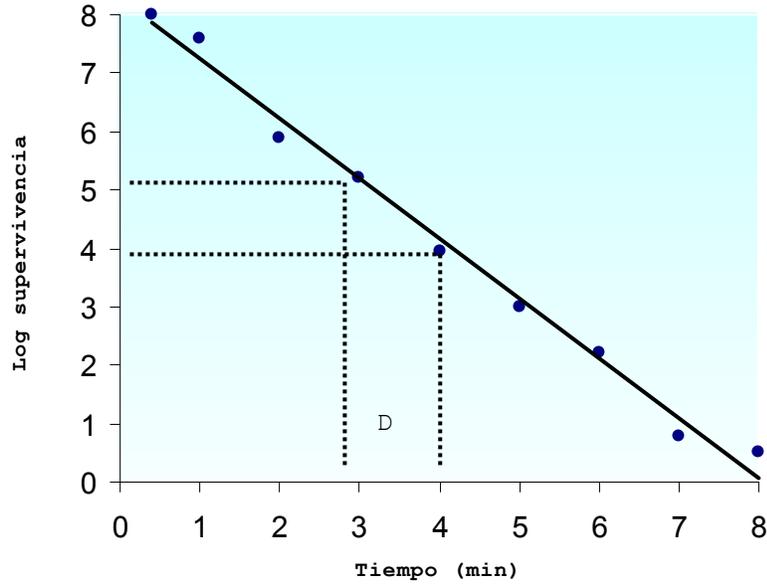
<sup>27</sup> IBARZ, Op. cit., p. 52.

<sup>28</sup> RODRIGUES, Op. cit., p. 231.

<sup>29</sup> LEWIS, M. J. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zaragoza: Acribia, 1993, p. 318-319.

(análisis de regresión de puntos, método de fracción negativa, método de presencia / ausencia, etc.)<sup>30</sup>.

**Figura 6.** Representación del logaritmo de supervivientes en función del tiempo a una determinada temperatura para obtener el valor D



- 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 D<sup>31</sup>.

Basándose en la anterior definición z puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$z = (T_2 - T_1) / \log D_{T1} - \log D_{T2} \quad \text{Ecuación 7}$$

<sup>30</sup> BRENAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 561.

<sup>31</sup> SINGH, R. P. Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 248-249.

- 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<sub>ref</sub> (121.1 °C o 250 °F).

Usando el valor z puede calcularse la velocidad letal a partir de<sup>32</sup>:

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

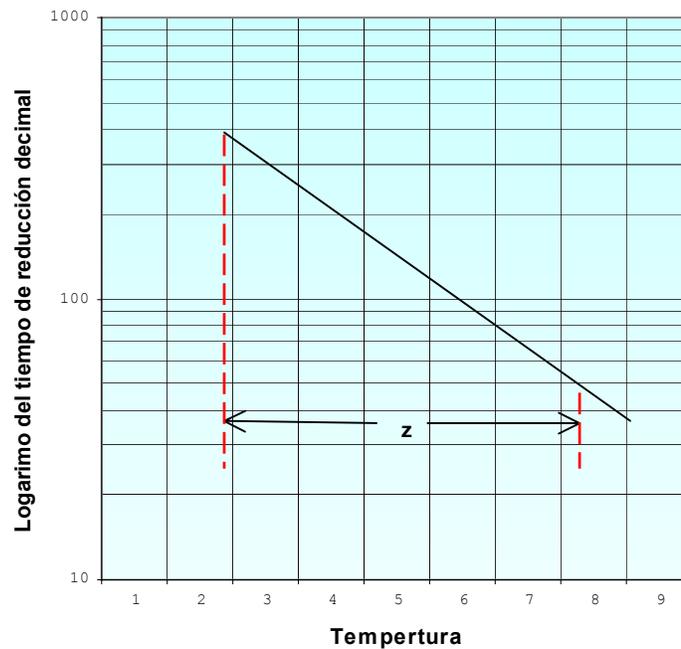
Ecuación 8

O también<sup>33</sup>,

$$L = 10^{(T - T_{ref}) / z}$$

Ecuación 9

**Figura 7.** Valor de z en forma gráfica



- Tiempo de muerte térmica o Valor “F”. En 1923 Ball introdujo el símbolo F<sub>0</sub> para designar el equivalente en minutos a 121.1 °C (250 °F) de las letalidades combinadas de todas las integraciones tiempo – temperatura en el punto de

<sup>32</sup> REES, Op. cit., p. 30-31.

<sup>33</sup> 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.

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 térmico<sup>34</sup>.

En las ciencias 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 término comúnmente utilizado como referencia es el tiempo de muerte térmica  $F_o$ , 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*<sup>35</sup>.

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  $F_o$  de un proceso se calcula con la siguiente ecuación<sup>36</sup>:

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

donde,

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

$F_o$  : es la letalidad equivalente a  $F_T$  a la temperatura de referencia.

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

- 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

---

<sup>34</sup> REES, Op. cit., p. 31-32.

<sup>35</sup> SINGH, Op. cit., p. 251.

<sup>36</sup> SHARMA, Op. cit., p. 100.

en cuenta lo anterior los tratamientos de esterilización estarán encaminados a reducir el número de microorganismos supervivientes por envase a un valor predeterminado<sup>37</sup>.

De esta apreciación surge el término “esterilidad comercial”, el cual indica la condición bacteriológica de los alimentos enlatados 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 normales<sup>38</sup>.

La probabilidad de deterioro o PNSU (probabilidad de una unidad no estéril por sus siglas en inglés) se utiliza para calcular el número de envases deteriorados producidos durante el procesamiento 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,

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

**4.7.5 Cálculo de la letalidad del proceso térmico.** El cálculo de tiempos de procesamiento y letalidad en alimentos enlatados se realiza una vez se ha caracterizado el proceso de penetración de calor en el interior del alimento. Una

---

<sup>37</sup> BRENNAN, J. G. et al. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998, p. 302.

<sup>38</sup> HERSOM, Op. cit., p. 310-311.

vez logrado esto, se deberá relacionar el efecto letal sobre un determinado microorganismo cuando se esta 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 relación<sup>39</sup>:

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

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.

**4.7.5.1 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 se desee. Este método separa la integral de la ecuación 18 en etapas de calentamiento y enfriamiento, de acuerdo a esto se tiene<sup>40</sup>:

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

**4.7.5.2 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 método<sup>41</sup>:

---

<sup>39</sup> SHARMA, Op. cit., p. 101.

<sup>40</sup> HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 2.

<sup>41</sup> SHARMA, Op. cit., p. 105-106.

- 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:

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

donde,

Ecuación 20

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

$L_a$  = Velocidad letal actual.

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo.

## 4.8 ARVEJA FRESCA EN CONSERVA

**4.8.1 Definición del producto.** Se entiende por arveja en conserva el producto<sup>42</sup>:

- 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) Y 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 publicaciones<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arvejas (guisantes) frescas en conserva. Bogotá : ICONTEC, 1998. p. 1. (NTC 1009)

<sup>43</sup> CODEX ALIMENTARIUS. Norma del Codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva. FAO comisión del Codex, 1981. p. 1-7. (CODEX STAN 58 – 1981)

## 4.9 GENERALIDADES SOBRE EL 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 general<sup>44</sup>. Los procedimientos para la elaboración de arveja fresca en conserva son los siguientes:

**4.9.1 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.

**4.9.2 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 posible<sup>45</sup>.

**4.9.3 Selección y clasificación.** La selección da una uniformidad más grande al producto terminado.

**4.9.4 Escaldado.** Es un tratamiento térmico que se utiliza para inactivar enzimas, eliminar oxígeno intracelular, reducir carga microbiana, fijar color etc. Es importante regular las condiciones del escaldado, puesto que influyen en el rendimiento y la calidad organoléptica del producto<sup>46</sup>. Una de las desventajas en productos verdes es la transformación de la clorofila (color verde) a feofitina (color marrón oscuro) solo si el tratamiento térmico es excesivamente fuerte<sup>47</sup>.

**4.9.5 Llenado.** Es conveniente llevar a acabo el llenado de los envases inmediatamente después de la preparación del producto para evitar su recontaminación y favorecer la temperatura de cerrado. Las latas se llenan vaciando en los envases el producto, con su agente líquido o líquido de gobierno. El líquido de gobierno deberá ser agregado en caliente para favorecer la salida del aire ocluido en la base de la lata<sup>48</sup>.

---

<sup>44</sup> RODRIGUES, Op. cit., p. 231.

<sup>45</sup> HEBBLETHWAITE, Op. cit., p. 175

<sup>46</sup> BERGUERET, Op. cit., p. 80.

<sup>47</sup> BADUI, S. Química de los alimentos. México: Pearson Education, 1999, p. 386-388.

<sup>48</sup> REES, Op. cit., p. 175-176

**4.9.5.1 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 lata. Tratándose de líquidos que lleva sal, ésta debe ser de buena calidad, prefiriéndose la sal molida ya que se disuelve más rápidamente que la de grano. Recomiendan no usar sal yodada en el enlatado por ser origen de reacciones y sabores desagradables<sup>49</sup>.

**4.9.6 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 la lata se ha enfriado y el vapor de agua interna se ha condensado y eleva la temperatura del producto en la lata hasta la temperatura inicial del proceso<sup>50</sup>.

**4.9.7 Sellado hermético.** Un cierre hermético bien hecho constituye un factor de seguridad importante para impedir la descomposición, corrosión y procura una larga vida a la conserva. Industrialmente, el cierre de latas se lleva a cabo en dos pasos en máquinas automáticas de doble costura (Cerradora de latas o enlatadora)<sup>51</sup>.

**4.9.8 Esterilización (Autoclavado).** Habitualmente, se utiliza el término esterilidad para referirse al tratamiento térmico a que es sometido un alimento enlatado. Evidentemente, es incorrecto el uso de este término, ya que esterilidad significa ausencia absoluta de cualquier microorganismo vivo en el producto y es el caso que los alimentos enlatados procesados adecuadamente y almacenados en condiciones normales, pueden presentar esporas que han sobrevivido al proceso térmico, pero son incapaces de desarrollarse, no alteran el alimento ni presentan peligro para la salud del consumidor y por lo tanto están en condiciones de venta y consumo<sup>52</sup>.

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

---

<sup>49</sup> BERGUERET, Op. cit., p. 89-97.

<sup>50</sup> HERSOM, Op. cit., p. 105.

<sup>51</sup> FELLOWS, P. Tecnología del procesamiento de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994, p. 481-482.

<sup>52</sup> BRENNAN, Op. Cit., p. 302-303.

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 esporulados<sup>53</sup>.

Esta operación es una, o tal vez la más importante en un proceso de enlatado. Tratándose de alimentos con un pH de 4.6, es decir poco ácido, se requiere un tratamiento térmico superior a los 100°C y más propiamente entre 115°C y 121°C, en aparatos denominados retortas o autoclaves<sup>54</sup>.

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 en condiciones normales para el consumo. Para que un proceso de esterilización sea eficiente se deben considerar muchos factores influyentes sobre el mismo<sup>55</sup>:

- El tipo de microorganismo a destruir.
- Tipo de producto.
- 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 presentes<sup>56</sup>:

- Asegurar la ausencia de aire en la retorta.

---

<sup>53</sup> LARRAÑAGA, I. J. et al. Control e higiene de los alimentos. Madrid: Mc Graw Hill, 1999, p. 191.

<sup>54</sup> Ibid., p. 195.

<sup>55</sup> HERSOM, Op. cit., p. 229-235.

<sup>56</sup> REES, Op. cit., p. 127-128, 143-144.

- Evitar cambios repentinos en la presión y temperatura que causan una reducción en la velocidad de transmisión de calor y en consecuencia un tratamiento térmico insuficiente.

El proceso de esterilización básicamente comprende tres etapas<sup>57</sup>:

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

**4.9.9 Enfriamiento.** Las latas deben enfriarse lo más rápidamente posible al final del proceso de esterilización a fin de lograr la uniformidad del proceso y conservar la calidad del producto. Haciendo esto se evita la sobrecocción del producto dañando su sabor, la distensión de las juntas y si demora el enfriamiento se estimula el desarrollo de esporas resistentes al calor y mohos<sup>58</sup>.

#### **4.10 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE CALIDAD PARA 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 1009<sup>59</sup> y 1250<sup>60</sup>.

Además deberá tenerse en cuenta los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius en sus normas CODEX STAN 58<sup>61</sup> (Anexo F página 136) y CAC/RCP2<sup>62</sup>.

---

<sup>57</sup> BARBOSA, Op.cit., p. 34.

<sup>58</sup> BERGUERET, Op. cit., p. 129-132.

<sup>59</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Arvejas (guisantes) frescas en conserva, Op. cit., 8 p.

<sup>60</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Alverja verde. Bogotá : ICONTEC, 2002. 4 p. (NTC 1250)

<sup>61</sup> CODEX ALIMENTARIUS. Norma del Codex para los guisantes (arvejas) verdes en conserva, Op. cit., 7p.

<sup>62</sup> CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado de practicas de higiene para las frutas y hortalizas en conserva. FAO comisión del Codex, 1969. 8 p. (CAC/RCP 2 – 1969)

#### 4.11 DATOS RELATIVOS AL ENVASADO DE LA ARVEJA

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 durante su confección; si bien estas operaciones no tienen, por si mismas, ningún efecto sobre la calidad o vida útil de los alimentos, cuando se realizan incorrectamente, el almacenamiento ejerce sobre los mismos una influencia substancial<sup>63</sup>. En el caso de las arvejas enlatadas el 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.

**4.11.1 Descripción del material de envase: recipiente de hojalata.** La lata seleccionada para el envase de las arvejas es una lata de tres piezas en acero dulce en forma de hojalata con recubrimiento estañado electrolítico delgado, con un espesor aproximado de 0.15mm a 0.30mm. El interior de la lata se encuentra recubierto con una película de esmalte C (oleorresinoso con pigmento de óxido de zinc suspendido), el cuál es el recubrimiento ideal para este tipo de producto<sup>64</sup>. Las latas para el desarrollo de esta investigación fueron donadas por Prodenvas Crown S.A.

Las latas utilizadas son acordonadas y su tamaño es de 65 x 102 mm, la capacidad aproximada de las latas en peso y en volumen se calculó en base a la capacidad de agua destilada a 20°C que cabe en el recipiente cerrado y completamente lleno, ver Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Capacidad mínima para latas de 65 x 102 mm

Dimensiones	Capacidad peso (g)	S	Capacidad volumen (ml)	S	Peso escurrido (g) (aprox.)	Llenado mínimo (g)(aprox.)
65x102 mm	319.81	1.14	320.22	1.66	191.89	288.20

Según lo expuesto en los valores calculados en el Cuadro 8 para su comercialización el producto deberá tener un peso drenado mínimo de 192g y un peso neto mínimo de 288g. En el Cuadro 9 se muestran estos datos para algunas marcas comerciales:

<sup>63</sup> FELLOWS, Op. cit., p. 477.

<sup>64</sup> POTTER, N. Ciencia de los alimentos. México: Edutex, 1973, p. 630-634.

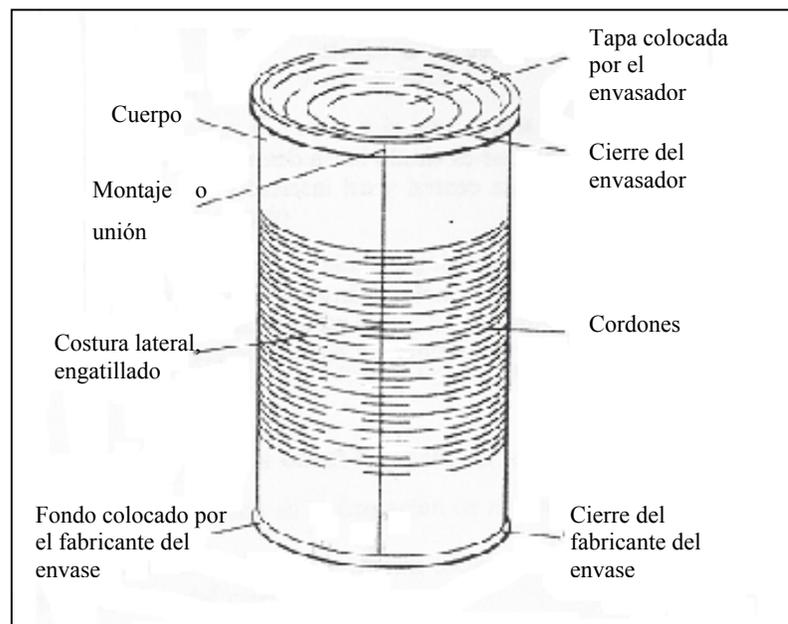
**Cuadro 9.** Peso neto y peso drenado de marcas comerciales

Marca	Peso neto (g)	Peso drenado (g)
SAN JORGE	300	180
RESPIN	320	192
ZENU	300	190

Para mayor información sobre el llenado mínimo y el peso drenado de las conservas remitirse al Anexo G página 138.

La lata procesada consta de un cuerpo, montaje, engatillado, tapa, cordones y fondo y tiene un selle hermético realizado por el fabricante del envase y otro por el envasador<sup>65</sup>.

**Figura 8.** Lata para enlatado de alimentos



Fuente: Tomado de Hayes, (1992)<sup>66</sup>.

**4.11.2 Cierre de las latas.** El cierre de las latas se realizó utilizando una cerradora manual marca JULIUS M.J. la cual fue adquirida a través de financiación otorgada al proyecto por el sistema de investigaciones de la Universidad de Nariño.

<sup>65</sup> HAYES, G. D. Manual de datos para ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1992, p. 139.

<sup>66</sup> Ibid., p. 139. : il

El proceso de cerrado de la lata es relativamente sencillo y brevemente se describe a continuación:

- Luego de realizado el vaciado de las arvejas, el llenado del líquido de gobierno en la lata y después de realizado el exhausting se coloca la tapa en la parte superior del cuerpo de la lata.
- Se coloca el envase en el plato base y se ajusta el mandril de cierre a la cubeta de la tapa.
- Se acciona el motor de giro de la cerradora.
- Se efectúa la primera operación: con ayuda de la rulina de primera operación el rizo de la tapa se dobla y engancha con la pestaña del cuerpo, formando los ganchos de la tapa y el cuerpo.
- Se efectúa la segunda operación: con ayuda de la rulina de segunda operación los ganchos formados durante la primera operación se aplastan el uno contra el otro.
- Se apaga el motor de giro de la cerradora.
- Se retira la lata del plato base y se verifica el cierre sertido efectuado por la maquina cerradora.

**4.11.3 Inspección de las latas.** Durante la producción de alimentos enlatados hay dos inspecciones que deberán realizarse periódicamente para garantizar la calidad del producto:

- Inspección para defectos externos
- Inspección y desarme del doble cierre

Estas inspecciones deberán realizarse de acuerdo a los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius en su Norma CAC–RCP–23, numeral 7.4.8<sup>67</sup>.

## **4.12 CINETICA 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 microbianas<sup>68</sup>.

---

<sup>67</sup> CODEX ALIMENTARIUS. Código internacional recomendado de practicas 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)

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

Teniendo en cuenta lo anterior se adelantó una amplia revisión bibliográfica para encontrar los parámetros cinéticos del microorganismo más resistente al tratamiento térmico en sustratos propios de productos vegetales, encontrándose que el microorganismo más resistente bajo estas condiciones 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 10. (un cuadro más completa se muestra en el Anexo B página 124):

**Cuadro 10.** Parámetros cinéticos 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

Fuente: FDA (2000)<sup>69</sup>

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 microbiana.

**4.12.1 Características del agente etiológico predominante en productos poco ácidos comercialmente estériles.** Se denomina *Clostridium botulinum*, bacilo esporulado, mesófilo, anaerobio estricto, Gram+, con esporas ovas 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.

Los tipos A, B, E y F son los de mayor cuidado en la industria de conservas puesto que son los causantes de la intoxicación botulínica en el hombre; la cual se presenta cuando la toxina botulínica es ingerida por este en algún alimento.

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

<sup>68</sup> 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.

<sup>69</sup> Ibid., p. 21.

*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 medio<sup>70</sup>.

**4.12.2 Pruebas para el control microbiano.** Son dos pruebas principales las que se deben desarrollar para el adecuado control y diseño del proceso térmico, 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.

**4.12.2.1 Recuento de esporas de anaerobios.** Esta técnica tiene por objeto determinar el número inicial de esporas presentes en el envase, conociendo este 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 C página 125.

**4.12.2.2 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 4433<sup>71</sup> Anexo D página 127.

---

<sup>70</sup> LARRAÑAGA, Op. cit., p. 116-118.

<sup>71</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos. Bogotá : ICONTEC, 1998. 7 p. (NTC 4433)

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

Para el análisis del proceso se estudió el efecto del escaldado en la concentración de clorofila (y por ende en la fijación de color)<sup>72</sup> y mediante la metodología de la superficie de respuesta<sup>73</sup>, se determinaron los parámetros óptimos de tiempo y temperatura para el escaldado de ambas variedades de arveja. Así mismo se determinaron las curvas de penetración de calor y las constantes de este proceso para diseñar el tratamiento térmico adecuado que garantice la esterilidad comercial de las arvejas enlatadas y que minimice los efectos degradativos sobre sus características organolépticas (principalmente el color)<sup>74</sup>, utilizando diseños unifactoriales para el análisis<sup>75</sup>.

### 5.1 MATERIALES Y EQUIPOS

**5.1.1 Material Experimental.** Variedades de arveja fresca OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO, adquiridas a través de la UMATA del municipio de Puerres, Nariño (cosechadas en un periodo no superior a 24 horas antes de la realización de las pruebas). Para las pruebas de escaldado se utilizaron muestras de 100g para las corridas experimentales. En el caso de la esterilización, las latas se llenaron con 165g de arveja y se completo un peso de 320g con líquido de gobierno (Solución acuosa de NaCl 6.0% p/p y sacarosa 3.0% p/p), con pH 7.84.

**5.1.2 Maquinaria y Equipo.** Para el escaldado se utilizaron marmitas con camisa de vapor, de una capacidad aproximada de 80dm<sup>3</sup> (volumen de trabajo 50dm<sup>3</sup> aprox.). Termopares tipo J con selector de canales marca LUTRON ref. TM-903 Espectrofotómetro UV/VIS HACH Ref. DR/2010. Baño termostatado 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 utilizaron sensores de temperatura RTD PT 100 de 3 hilos y un selector de 5 canales AUTONICS T4WM. Latas 65 x 102 mm Prodenvases Crown S.A. Silicona gris RTV LOCTITE. Cerradora de latas Julius M.J. Autoclave All American EPSS Modelo No. 25X. Taladro Black & Decker Ref. KD562-B3.

---

<sup>72</sup> BADUI, Op.cit., p. 388.

<sup>73</sup> 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, p. 510-535.

<sup>74</sup> SHARMA, Op. cit., p. 110-119.

<sup>75</sup> BOX, Op. cit., p. 93-105.

**Figura 9.** Instrumentación



**Figura 10.** Equipos de medición y control



## **5.2 DISEÑOS EXPERIMENTALES**

**5.2.1 Escaldado.** El proceso de escaldado se evaluó para ambas variedades de arveja y se analizó con ayuda de diseño de experimentos. El protocolo del diseño se describe a continuación.

**5.2.1.1 Diseño del tratamiento.** Se busca determinar el tratamiento óptimo que permita la fijación del color verde en las arvejas previo al proceso de esterilización. Las variables experimentales seleccionadas para este tratamiento son el tiempo y la temperatura, ambas variables se trabajaron en dos niveles, máximo y mínimo. La variable de respuesta seleccionada fue la concentración de clorofila, la cual se

midió o se cuantificó utilizando el método de Arnon<sup>76</sup> ajustado por Porra<sup>77</sup> los cuales se encuentran descritos en el Anexo A página 122.

**Figura 11.** Medición espectrofotométrica de la concentración de clorofila



**5.2.1.2 Diseño experimental.** Se decidió utilizar un diseño factorial central compuesto  $2^2$  más puntos estrellas, centrado en las caras en dos bloques, completamente aleatorio, mediante la metodología de superficie de respuesta.

Básicamente se seleccionó este diseño por que se disponía un buen control local de las variables experimentales y estas a su vez eran variables continuas, lo que permitía el uso adecuado de esta metodología.

Otra razón por la cual se seleccionó la metodología de superficie de respuesta fue por que la meta que se seguía con el diseño era de optimización, debido principalmente a una amplia información disponible del procedimiento<sup>78</sup>.

También fue importante para la elección de este diseño buscar interacciones entre los factores tiempo y temperatura; cabe recordar que las interacciones solo se hacen visibles en experimentos factoriales, además que la metodología de superficie de respuesta permite una fácil identificación de estas interacciones<sup>79</sup>.

---

<sup>76</sup> ARNON, Op. cit., 15 p.

<sup>77</sup> PORRA, Op. cit., 7 p.

<sup>78</sup> BOX, Op. cit., p. 510.

<sup>79</sup> SHARMA, Op. cit., p. 190.

**Tabla 1.** Descripción diseño experimental para escaldado

```
Base Design
-----
Number of experimental factors: 2   Number of blocks: 2
Number of responses: 1
Number of runs: 22                 Error degrees of freedom: 15
Randomized: Yes

Factors                Low           High          Units          Continuous
-----
Temperatura           80            92            °C             Yes
Tiempo                60            180           Seg            Yes

Responses              Units
-----
Concentración clorof  mg/ml
```

Por último, cabe resaltar que el diseño experimental realizado se utilizó para las dos variedades de arveja analizadas en el proyecto.

**5.2.1.3 Diseño del análisis.** Para la selección de las tablas y figuras que se prepararían para ayudar a descifrar los efectos bajo estudio, se tuvo en cuenta de que fuera material que proporcionará una gran información de manera clara concisa y que sean muy fáciles de interpretar. Para esto se seleccionaron las siguientes pruebas estadísticas y diagramas:

- Diagrama de Pareto.
- Diagrama de interacciones.
- Diagrama de efectos principales.
- Superficie de respuesta.
- Tabla ANOVA.
- Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% .
- Modelo matemático.
- Respuesta óptima.

**Figura 12.** Escaldado de la arveja



**Figura 13.** Disposición de las unidades experimentales para análisis espectrofotométrico



**5.2.2 Pruebas de penetración de calor preliminares.** Hayakawa (1978) citado por Pham<sup>80</sup>, dividió los métodos para el cálculo de la letalidad de los procesos térmicos en alimentos enlatados en dos grupos. El grupo 1 consiste de aquellos métodos que calculan la letalidad en el centro térmico del producto; el grupo 2 consiste de aquellos métodos en los cuales la letalidad es calculada a partir de datos calculados según los principios del primer grupo, solo que utilizan cálculos por diferencias finitas o integración numérica de ecuaciones analíticas (para mayores referencias sobre este método revisar el trabajo publicado por Rodríguez,

---

<sup>80</sup> HAYAKAWA, K. I. A critical review of mathematical procedures for determining proper heat sterilization processes. *En* : Food technology. Vol. 32. No. 3 (1978); p. 59. Citado por : PHAM, Q. T. Calculation of thermal process lethality for conduction – heated canned foods. *En* : Journal of Food Science. Vol. 52. No. 4 (1987); p. 967.

(2002)<sup>81</sup>). En este trabajo no se utilizarán los métodos del grupo 2 debido a que estos no son apropiados para la interpretación de curvas experimentales de calentamiento<sup>82</sup>.

Antes de continuar recomendamos remitirse a las ecuaciones para la caracterización del proceso de penetración de calor y para el cálculo de la letalidad de los procesos térmicos expuestas en los numerales 4.7.3 - 4.7.5.

Como se había mencionado anteriormente para evaluar la efectividad de un tratamiento térmico, es necesario conocer el perfil de temperaturas del producto y la termoresistencia del microorganismo que se desea destruir. La metodología para el cálculo de estos parámetros se realizó en un autoclave All American EPSS Modelo No. 25X el cual se utiliza como equipo de esterilización de laboratorio. A continuación se describen los parámetros a calcular.

**5.2.2.1 Determinación del punto frío dentro del envase.** Para la realización de este experimento se requiere el siguiente equipamiento:

- Arvejas de ambas variedades escaldadas.
- Líquido de gobierno a una temperatura igual o superior a los 65°C.
- Sensores de temperatura instalados dentro de una lata como se indica en la gráfica 8.
- Sistema de adquisición de datos.
- Latas 65 x 102 mm.
- Cerradora de latas.
- Taladro.
- Equipo para exhausting.
- Autoclave, con control de temperatura.

---

<sup>81</sup> RODRIGUEZ, Op. cit., p. 230–236.

<sup>82</sup> PHAM, Op. cit., p. 967.

**Figura 14.** Montaje de los sensores de temperatura en las latas



**Figura 15.** Cerradora de latas Julius M.J. utilizada para el desarrollo del proyecto



A continuación se enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo el ensayo:

1. Llenar la lata con 165 g de arveja y completar el peso hasta 320 g con el líquido de gobierno.

2. Llevar las latas a la cámara de exhausting, efectuar el proceso a 80°C durante 15 min.
3. Una vez terminado el exhausting cerrar inmediatamente las latas; deberá registrarse la temperatura a la cual se hace el cerrado.
4. Llevar las latas al autoclave.
5. Verificar que el sistema de adquisición de datos este funcionando adecuadamente, una vez realizado esto, iniciar el tratamiento térmico.
6. Registrar la temperatura inicial del alimento y del autoclave y continuar el registro a intervalos máximos de 2 min.
7. Dejar el material en el autoclave hasta que la temperatura de procesado este a una diferencia igual o menor a 1°C dentro de la lata.

Este procedimiento se deberá repetir mínimo dos veces para cada una de las variedades; los datos registrados (curvas de temperatura vs. tiempo) deberán compararse para los tres termopares, la curva más baja corresponderá al punto de menor calentamiento de la lata.

**5.2.2.2 Cálculo de la curva de calentamiento del alimento procesado.** Para la realización de este experimento se requiere el siguiente equipamiento:

- Arvejas de ambas variedades escaldadas.
- Líquido de gobierno a una temperatura superior a los 65°C.
- Sensores de temperatura instalados en el punto frío de la lata; debe haber mínimo 3 latas con esta instalación.
- Sistema de adquisición de datos.
- Latas 65 x 102 mm.
- Cerradora de latas.
- Taladro.
- Equipo para exhausting
- Autoclave, con control de temperatura.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo el ensayo:

1. Llenar las latas con 165 g de arveja y completar el peso hasta 320 g con el líquido de gobierno.
2. Llevar las latas (previamente esterilizadas) a la cámara de exhausting, efectuar el proceso a 80°C durante 15 min.
3. Una vez terminado el exhausting cerrar inmediatamente las latas, deberá registrarse la temperatura a la cual se hace el cerrado.
4. Llevar las latas al autoclave.
5. Verificar que el sistema de adquisición de datos este funcionando adecuadamente, una vez realizado esto, iniciar el tratamiento térmico.
6. Debe dejarse un termopar para medir la temperatura en el interior del equipo.
7. Contabilizar el tiempo desde que se enciende el autoclave.
8. Registrar la temperatura inicial del alimento y del autoclave.
9. Registrar las temperaturas en las latas 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 autoclave) deberá estar comprendida entre 115°C y 126°C, que es la normal para este tipo de tratamientos<sup>83</sup>.
11. Dejar el material en el autoclave hasta que la diferencia de temperatura entre el producto y el autoclave sea igual o menor a 1°C.
12. Una vez se alcance la diferencia de temperatura especificada anteriormente se debe apagar el autoclave e iniciar el ciclo de enfriamiento.
13. Las latas se deben retirar cuidadosamente del autoclave e introducir inmediatamente en el tanque de enfriamiento.
14. El producto se dejara 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.

---

<sup>83</sup> IBARZ, Op. cit., p. 41.

Este procedimiento se deberá repetir mínimo 3 veces para cada una de las variedades.

**5.2.3 Pruebas de penetración de calor en planta piloto.** Una vez realizadas las pruebas en el autoclave All American EPSS Modelo No. 25X, se analizarán las respuestas que muestren ambas variedades al tratamiento térmico y se seleccionará la que presente mejor estabilidad al proceso. Posteriormente con la variedad seleccionada se procederá a estandarizar el proceso térmico en el calderín de la unidad de extracción de aceites de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, el cual se acondicionará para este propósito. El proceso para el desarrollo de las pruebas se describe a continuación.

**5.2.3.1 Determinación del punto frío dentro del equipo para autoclavado.** Para la realización de este experimento se requiere el siguiente equipamiento:

- Arvejas de ambas variedades escaldadas.
- Líquido de gobierno a una temperatura superior a los 65°C.
- Sensores de temperatura instalados en el punto frío de las latas, las cuales se colocaron en la parte inferior, media y superior del equipo.
- Sistema de adquisición de datos.
- Latas 65 x 102 mm.
- Cerradora de latas.
- Taladro.
- Equipo para exhausting.
- Autoclave, con control de temperatura.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo el ensayo:

1. Llenar la lata con 165 g de arveja y completar el peso hasta 320 g con el líquido de gobierno.
2. Llevar las latas a la cámara de exhausting, efectuar el proceso a 80°C durante 15 min.
3. Una vez terminado el exhausting cerrar inmediatamente las latas, deberá registrarse la temperatura a la cual se hace el cerrado

4. Llenar el calderín de la unidad de extracción con latas si es posible llenas de producto, en caso contrario llenarlas con agua hasta completar el peso neto equivalente al de las latas con producto.
5. Verificar que el sistema de adquisición de datos este funcionando adecuadamente
6. Realizar la purga de la tubería de alimentación de vapor al equipo. Iniciar el tratamiento térmico abriendo la llave de alimentación de vapor directo del equipo y controlar manteniendo la presión a 20PSI<sub>g</sub>.
7. Registrar la temperatura inicial del alimento y del equipo y continuar el registro a intervalos máximos de 2 min.
8. Dejar el material en el equipo hasta que la temperatura del alimento registre una diferencia igual o menor a 1°C con respecto a la temperatura en cada una de las latas.

Este procedimiento se deberá repetir mínimo dos veces, los datos registrados (curvas temperatura vs. tiempo) deberán compararse para los tres, la curva más baja corresponderá al punto de menor calentamiento del equipo.

**Figura 16.** Calderín de la unidad de extracción de aceites de la planta piloto



**5.2.3.2 Calculo de la curva de calentamiento del alimento procesado.** Para la realización de este experimento se requiere el siguiente equipamiento:

- Arvejas de ambas variedades escaldadas.

- Líquido de gobierno a una temperatura superior a los 65°C.
- Sensores de temperatura instalados en el punto frío de la lata, debe haber mínimo 3 latas con esta instalación.
- Sistema de adquisición de datos.
- Latas 65 x 102 mm.
- Cerradora de latas.
- Taladro.
- Equipo para exhausting
- Calderín unidad de extracción acondicionado para permitir la medición de temperatura dentro de las latas.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo el ensayo:

1. Llenar las latas con 165 g de arveja y completar el peso hasta 320 g con el líquido de gobierno.
2. Llevar las latas (previamente esterilizadas) a la cámara de exhausting, efectuar el proceso a 80°C durante 15 min.
3. Una vez terminado el exhausting cerrar inmediatamente las latas, deberá registrarse la temperatura a la cual se hace el cerrado.
4. Llevar las latas al calderín de la unidad de extracción.
5. Verificar que el sistema de adquisición de datos este funcionando adecuadamente, una vez realizado esto, iniciar el tratamiento térmico.
6. Realizar la purga de la tubería de alimentación de vapor al equipo. Iniciar el tratamiento térmico abriendo la llave de alimentación de vapor directo del equipo y controlar manteniendo la presión a 20PSI<sub>g</sub>.
7. Debe dejarse un termopar para medir la temperatura en el interior del equipo.
8. Contabilizar el tiempo desde que se abre la llave de alimentación de vapor.
9. Registrar la temperatura inicial del alimento y del equipo.

10. Registrar las temperaturas en las latas y en el equipo a intervalos máximos de 2 min.

11. 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 autoclave) deberá estar comprendida entre 115°C y 126°C, que es la normal para este tipo de tratamientos y la recomendada debido a que temperaturas inferiores pueden no garantizar completamente la destrucción de las esporas<sup>84</sup>.

12. Dejar el material en el equipo hasta que la diferencia de temperatura entre el producto y el equipo sea igual o menor a 1°C.

13. Una vez se alcance la diferencia de temperatura especificada anteriormente se debe cerrar la llave de vapor e iniciar el ciclo de enfriamiento.

14. Una vez despresurizado el equipo se debe retirar la tapa y rociar agua fría sobre las latas.

15. El producto se dejara 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.

Este procedimiento se deberá repetir mínimo 3 veces para la variedad seleccionada, los datos obtenidos se analizarán con medidas de tendencia central y de dispersión (medias y varianzas) para determinar la curva de penetración de calor característica para la variedad.

---

<sup>84</sup> IBARZ, Op. cit., p. 41.

**5.2.4 Cálculo de la letalidad.** A continuación se presenta una descripción del diseño experimental para el cálculo de la letalidad

**Tabla 2.** Descripción del diseño experimental para letalidad

```
Design Summary
-----
Design class: Single Factor Categorical
File name: <Untitled>
Comment: Diseño Letalidad

Base Design
-----
Number of experimental factors: 1   Number of blocks: 1
Number of responses: 2
Number of runs: 6                   Error degrees of freedom: 4
Randomized: Yes

Factors                Levels        Units
-----
Letalidad              2            min.

Responses              Units
-----
Turbidez              UNT
Clorofila              mg/ml
```

**5.2.4.1 Diseño del tratamiento.** La meta es considerar la magnitud del efecto de dos técnicas diferentes consideradas estándar para el diseño de procesos térmicos. Estas corresponden a valores de  $F_0$  6 y 12 que son utilizados para la esterilización comercial de arvejas. Para lograr este objetivo las dos técnicas se consideraron como variables experimentales, cada una corresponderá entonces a un nivel. Las variables de respuesta seleccionadas para este experimento fueron la concentración de clorofila, la cual se midió o se cuantificó utilizando el método de Arnon ajustado por Porra (ver Anexo A página 122) y la turbidez del líquido de gobierno, evaluada por turbidimetría.

**5.2.4.2 Diseño experimental.** Se decidió utilizar un diseño unifactorial categórico en 2 niveles, completamente aleatorio por triplicado. Se seleccionó esta metodología debido a que la meta que se perseguía con este tratamiento era el de determinar si la variación en la magnitud de la letalidad del proceso tenía un efecto considerable en la pirofeofitización de las arvejas y afectaba también la turbidez de la salmuera. Además con esto buscamos confirmar valores de letalidad considerados estándar para el enlatado de arveja. Por último cabe resaltar que el diseño experimental realizado se utilizó para las dos variedades de arveja analizadas en el proyecto.

**5.2.4.3 Diseño del análisis.** Para este análisis se tuvieron en cuenta los mismos factores considerados en el diseño experimental del escaldado. Según esto se seleccionaron las siguientes pruebas estadísticas y diagramas:

- Diagrama de medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95%.
- Tabla ANOVA.
- Tabla de prueba de rangos múltiples.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los ensayos de penetración de calor y de los diseños experimentales para el escaldado y letalidad se utilizó el software estadístico Stathgraphics plus versión 5.0<sup>85</sup>.

### 6.1 RESULTADOS

**6.1.1 Diseño experimental para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO.** Los resultados obtenidos del diseño experimental para el escaldado de esta variedad resultaron ser bastante convincentes al analizar la tabla ANOVA (Tabla 3.), de esta tabla se puede ver que el error cuadrático medio (Mean square), una medida de la variación al azar es supremamente bajo. Esto permite argumentar que la confianza en los resultados obtenidos es bastante buena.

También se puede observar de este análisis de varianza que el valor de P es significativo para 5 de los efectos, no obstante como era de esperarse, la temperatura y el tiempo presentan valores de P extremadamente pequeños (0.0089 y 0.0006 respectivamente) lo que indica básicamente que estas dos variables tiene un enorme efecto en los tratamientos y que este a su vez es muy convincente (El efecto significativo de la temperatura y el tiempo puede verse de forma más clara en el diagrama de Pareto Figura 17.).

También se puede observar que el valor de P para los bloques es muy grande (0.2625), lo que indica que la variación entre corrida y corrida no tubo un efecto significativo en la concentración de clorofila, según esto se puede decir que para esta variedad el utilizar o no bloques en el diseño no influye de manera significativa en los resultados que puedan obtenerse.

El R-cuadrado (r-squared Tabla ANOVA) indica que el modelo diseñado explica el 92.44% de la variabilidad en nuestra variable de respuesta, por lo que se puede deducir que el diseño fue bien ajustado y permite hacer análisis confiables sobre las variables implicadas en el proceso. Esta afirmación se confirma al revisar la prueba de falta de ajuste (lack of fit) la cual presenta un valor P de 0.7169 el cual es mayor de 0.05 por lo que se puede decir que el modelo parece ser adecuado para los datos observados a un nivel de confianza del 95%.

El test de Durbin - Watson indica que no hay una autocorrelación seria entre los residuales debido a que su P (0.0786) es mayor de 0.05, esto confirma que la aleatorización de los experimentos fue bien realizada.

---

<sup>85</sup> STATGRAPHICS PLUS 5.0 (CD-ROM). Copyright by statistical graphics coporation. 2000.

**Tabla 3.** Análisis de varianza para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO

Analysis of Variance for Clorofila - Escaldado S.I. Ajustado

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperatura	0,0102667	1	0,0102667	22,70	0,0089
B:Tiempo	0,0436813	1	0,0436813	96,57	0,0006
AA	0,00170704	1	0,00170704	3,77	0,1240
AB	0,00201613	1	0,00201613	4,46	0,1024
BB	0,00386106	1	0,00386106	8,54	0,0432
blocks	0,000768182	1	0,000768182	1,70	0,2625
Lack-of-fit	0,00343824	11	0,000312567	0,69	0,7169
Pure error	0,00180933	4	0,000452333		
Total (corr.)	0,0694484	21			

R-squared = 92,4439 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 90,0827 percent

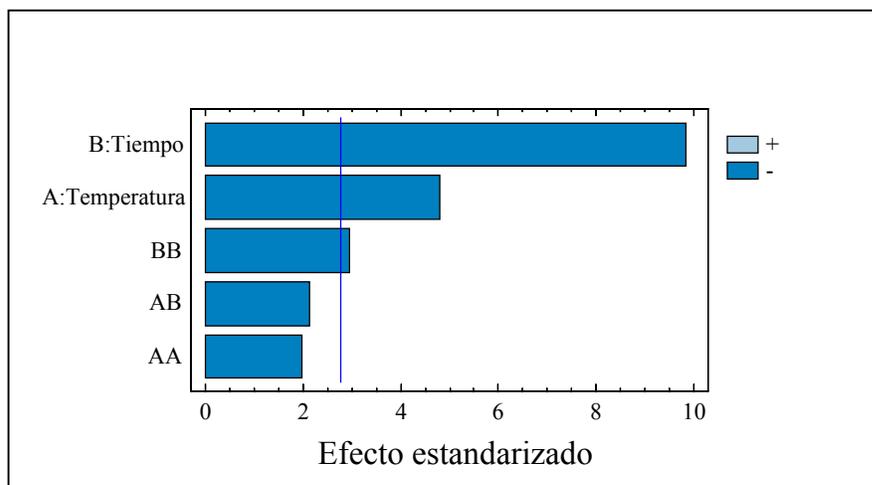
Standard Error of Est. = 0,0212681

Mean absolute error = 0,0135936

Durbin-Watson statistic = 2,46945 (P=0,0786)

Lag 1 residual autocorrelation = -0,278232

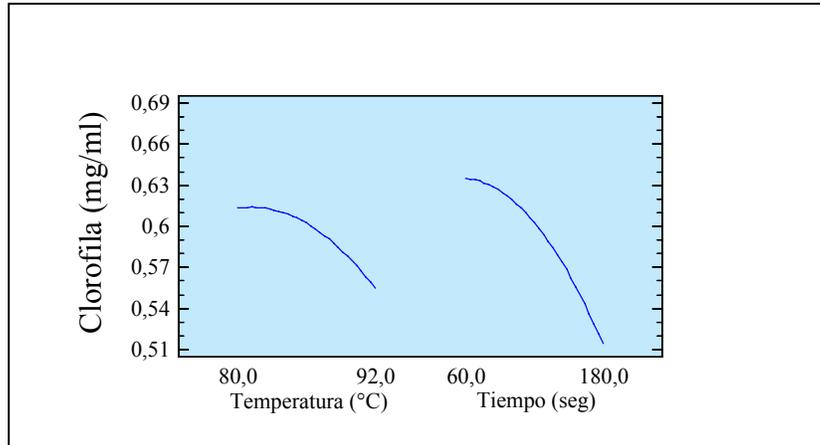
**Figura 17.** Diagrama de Pareto para el estudio de los factores del escaldado sobre la concentración de clorofila en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



El diagrama de los efectos principales (Figura 18.) muestra un marcado efecto de las variables temperatura y tiempo en la concentración de clorofila; queda claro el efecto negativo de las altas temperatura y los tiempo prolongados en la variable de respuesta, aunque si observamos detalladamente la curva de temperatura se puede observar que este efecto negativo solo se hace marcado después de un

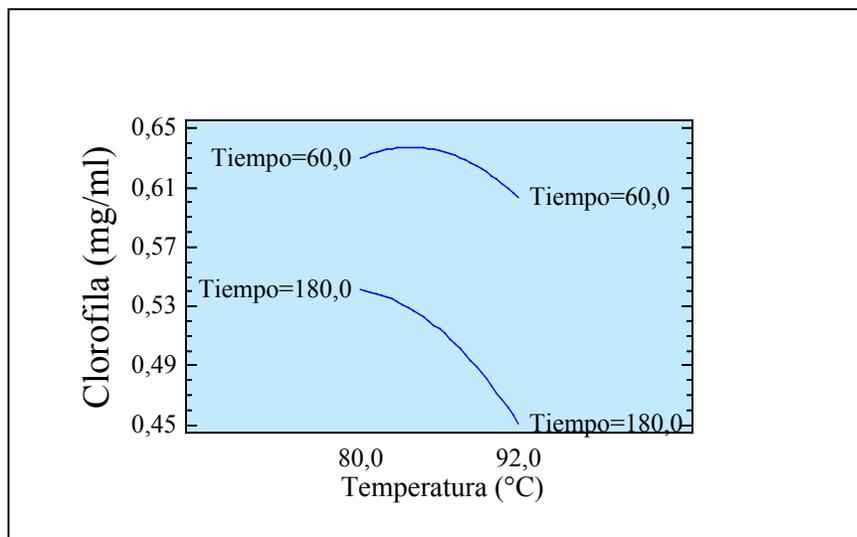
incremento, podría decirse leve (como se podrá ver más adelante), en esta variable.

**Figura 18.** Diagrama de efectos principales para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



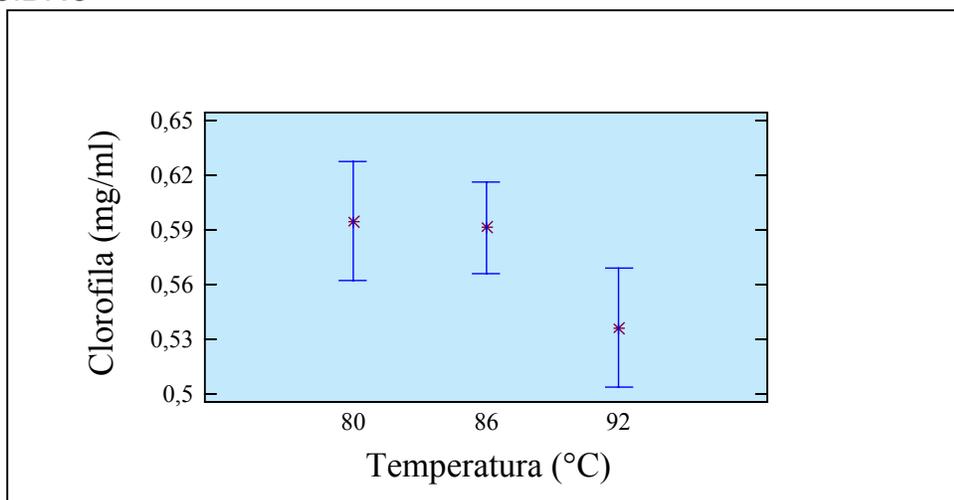
El diagrama de interacciones (Figura 19.) muestra una aditividad entre las variables tiempo y temperatura, por lo que esta interacción no es muy importante como se puede comprobar al revisar el valor P de AB (0.1024) de la tabla ANOVA. Según lo anterior se puede considerar el hecho de que realizar ensayos con una sola variable constante y modificar la otra pueda proporcionar información relevante.

**Figura 19.** Diagrama de interacciones para concentración de clorofila en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO

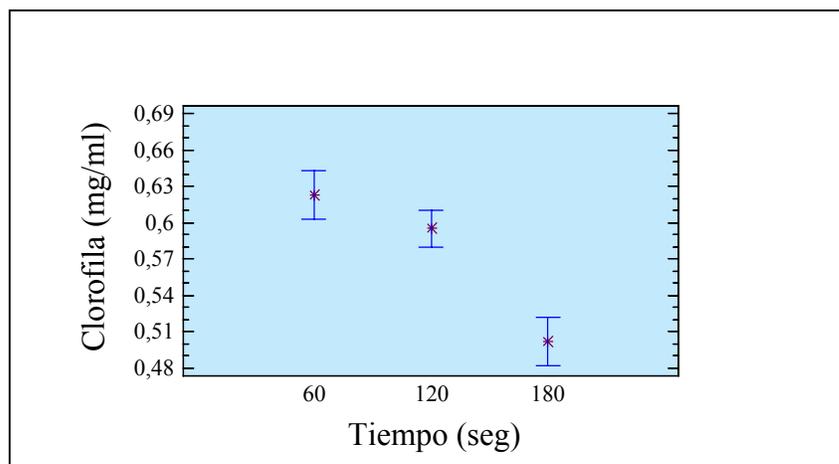


Con la ayuda de los diagramas de medias e intervalos de la diferencia menos significativa a un nivel de confianza del 95% para las variables temperatura y tiempo (ver Figuras 20. y 21.) se puede observar un punto de “ruptura” en la línea de tendencia de las medias lo que claramente indicaría que la respuesta óptima estará entre los niveles bajos e intermedios de nuestros factores tiempo y temperatura, además también es claro la línea de tendencia negativa de los tres niveles de los factores. Esto se ve más claramente al analizar la superficie de respuesta y la tabla de respuesta óptima.

**Figura 20.** Diagrama para el factor temperatura de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO

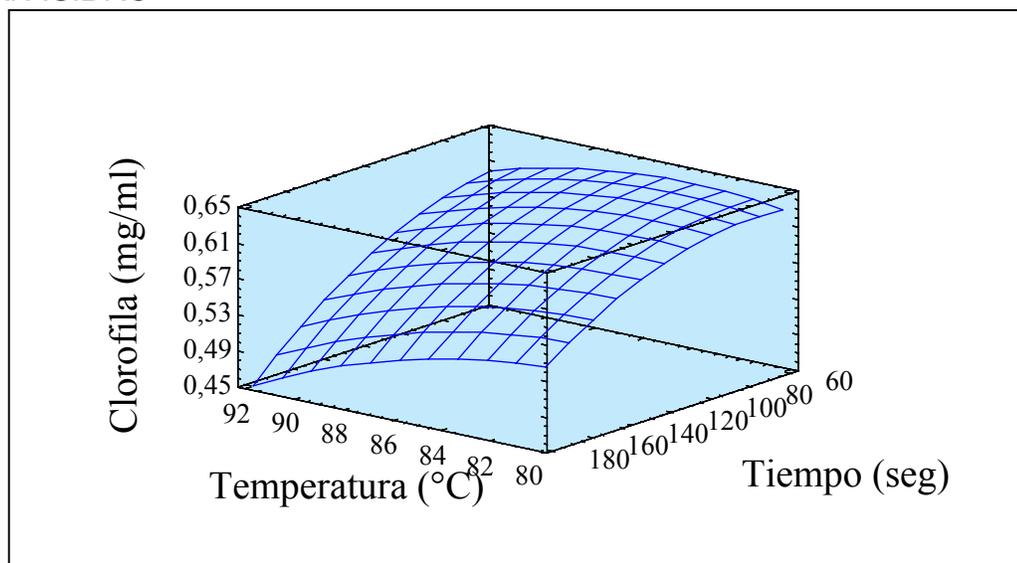


**Figura 21.** Diagrama para el factor tiempo de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



Con ayuda de la superficie de respuesta (Figura 22.) se puede ver que la combinación temperatura - tiempo maximiza la variable de respuesta cuando se trabaja a una temperatura y tiempo aproximado de 84°C y 61seg respectivamente. Este resultado se verifica en el cuadro de respuesta óptima (Tabla 4.) donde se puede ver el valor exacto correspondiente a estos factores. También se puede observar claramente que el efecto del tiempo en la variable de respuesta es el más relevante para el proceso, este hecho puede ser muy significativo puesto que para futuras mejoras del proceso deberá pensarse en mantener esta variable constante para que su efecto sobre otros factores no sea excesivo.

**Figura 22.** Superficie de respuesta para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



**Tabla 4.** Respuesta óptima para escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO

```
Optimize Response
-----
Goal: maximize Clorofila

Optimum value = 0.637511
```

Factor	Low	High	Optimum
Temperatura	80.0	92.0	83.7794
Tiempo	60.0	180.0	60.8055

El modelo matemático para el escaldado de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO se muestra en la ecuación 21. Este modelo representa la ecuación que mejor

explica el fenómeno del escaldado a partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

Se debe tener en cuenta que el error de este diseño fue bajo y que por lo tanto el modelo matemático puede considerarse adecuado para predecir el comportamiento de los fenómenos evaluados, tal y como lo confirma la prueba de falta de ajuste (lack of fit) en la tabla ANOVA (Tabla 3). La ecuación ajustada se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Clorofila: } & -3.19423 + 0.088114*\text{Temperatura} + 0.00462716*\text{Tiempo} - \\ & 0.000509868*\text{Temperatura}^2 - 0.0000440972*\text{Temperatura}*\text{Tiempo} - \\ & 0.00000766813*\text{Tiempo}^2 \end{aligned}$$

*Ecuación 21*

**6.1.2 Diseño experimental para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA.** Los ensayos realizados con esta variedad presentaron una correlación de los datos experimentales y el modelo obtenido mucho más alto que el presentado por la variedad OBONUCO SAN ISIDRO. Esto se puede ver claramente al revisar el valor del R-cuadrado en la tabla ANOVA (Tabla 5.), el cual indica que el diseño explica aproximadamente el 96% de la variabilidad en nuestra variable de respuesta, lo cual es un valor bastante significativo.

En esta tabla también se puede observar que solo tres efectos resultan significativos para el proceso (temperatura, tiempo y el efecto de la temperatura al cuadrado), de estos valores el efecto cuadrático de la temperatura sorprende al ser el valor más significativo (ver Figura 23. Diagrama de Pareto).

En este diseño experimental también se puede observar que el valor de P para los bloques es grande (0.3253), lo que indica que la variación entre corrida y corrida no tubo un efecto significativo en la concentración de clorofila, según esto se puede decir que para esta variedad el utilizar o no bloques en el diseño no influye de manera significativa en los resultados que puedan obtenerse.

El R-cuadrado (r-squared Tabla ANOVA) indica que el modelo diseñado explica el 96.06% de la variabilidad en nuestra variable de respuesta, por lo que se puede deducir que el diseño fue bien ajustado y permite hacer análisis confiables sobre las variables implicadas en el proceso.

Esta afirmación se confirma al revisar la prueba de falta de ajuste (lack of fit) la cual presenta un valor P de 0.2067 el cual es mayor de 0.05 por lo que se puede decir que el modelo parece ser adecuado para los datos observados a un nivel de confianza del 95%.

El test de Durbin - Watson indica que no hay una autocorrelación seria entre los residuales debido a que su P (0.2757) es mayor de 0.05, esto confirma que la aleatorización del experimento fue bien realizada.

**Tabla 5.** Análisis de varianza para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA

Analysis of Variance for Clorofila - Escaldado A. Ajustado

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Temperatura	0,0581021	1	0,0581021	154,19	0,0002
B:Tiempo	0,0181741	1	0,0181741	48,23	0,0023
AA	0,197711	1	0,197711	524,66	0,0000
AB	0,0005445	1	0,0005445	1,44	0,2956
BB	0,00303147	1	0,00303147	8,04	0,0470
blocks	0,000472909	1	0,000472909	1,25	0,3253
Lack-of-fit	0,00994743	11	0,000904312	2,40	0,2067
Pure error	0,00150733	4	0,000376833		
Total (corr.)	0,290802	21			

R-squared = 96,061 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 94,83 percent

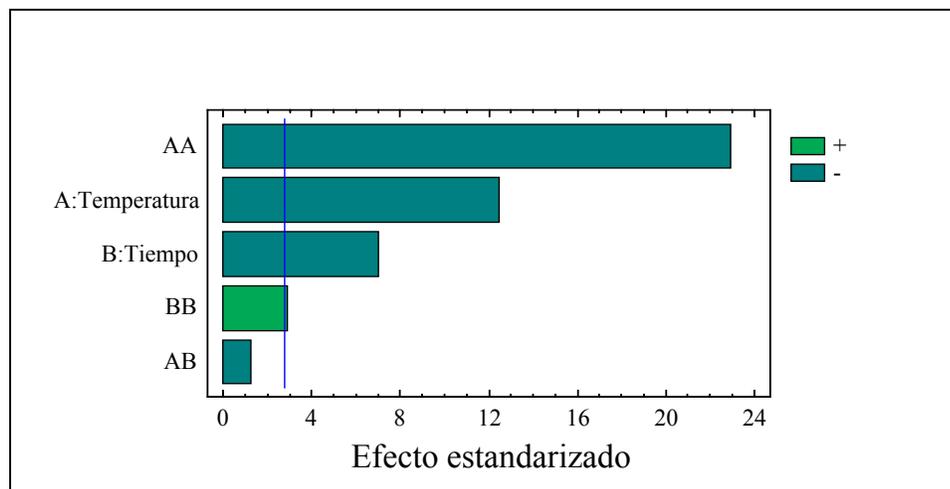
Standard Error of Est. = 0,0194122

Mean absolute error = 0,0180669

Durbin-Watson statistic = 1,89952 (P=0,2757)

Lag 1 residual autocorrelation = -0,0246279

**Figura 23.** Diagrama de Pareto para el estudio de los factores del escaldado sobre la concentración de clorofila en la variedad OBONUCO ANDINA

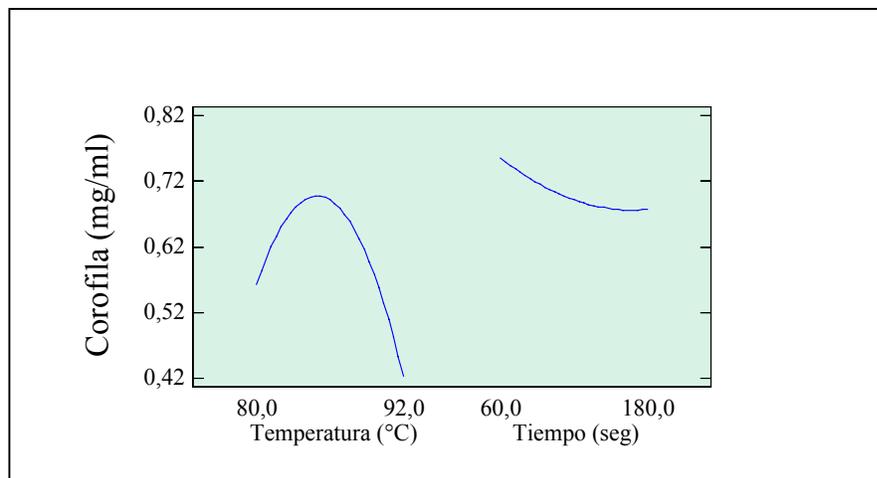


El diagrama de los efectos principales (Figura 24.) muestra un efecto supremamente elevado de la variable temperatura; aunque es supremamente

interesante observar que este efecto presenta una curva claramente cuadrática que definitivamente se convierte en el efecto más importante del proceso para esta variedad, lo cual se confirmó anteriormente con el análisis de varianza.

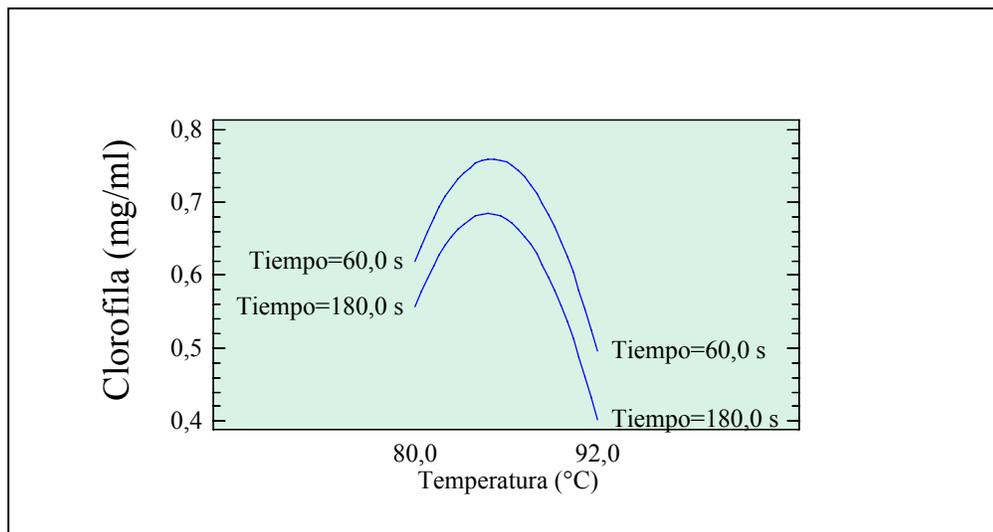
Con respecto a la variable tiempo se observa una variación si bien menos significativa, no deja de ser despreciable debido a que el efecto negativo tiende a aliviarse cuando este factor se encuentra en sus niveles altos, con lo cual el efecto cuadrático de esta variable cobra cierta importancia de manera positiva sobre la concentración de clorofila, aunque como se observó en la tabla ANOVA el efecto no es claramente significativo.

**Figura 24.** Diagrama de efectos principales para la concentración de clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA



El diagrama de interacciones (Figura 25.) muestra una clara aditividad entre las variables tiempo y temperatura; esta aditividad confirma la tendencia cuadrática de los efectos sobre la variable de respuesta que se observó claramente en los análisis anteriores. Este análisis queda comprobado al revisar el valor P de AB (0.2956) en la tabla ANOVA, según lo cual se puede concluir que no hay evidencia alguna de interacción entre las variables temperatura y tiempo. Esto lleva a concluir que para futuras pruebas no sería recomendable el evaluar las variables de manera independiente, debido a que el efecto entre estas variables en el rango correspondiente a sus dos niveles es supremamente Influyente la una sobre la otra.

**Figura 25.** Diagrama de interacciones para concentración de clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA

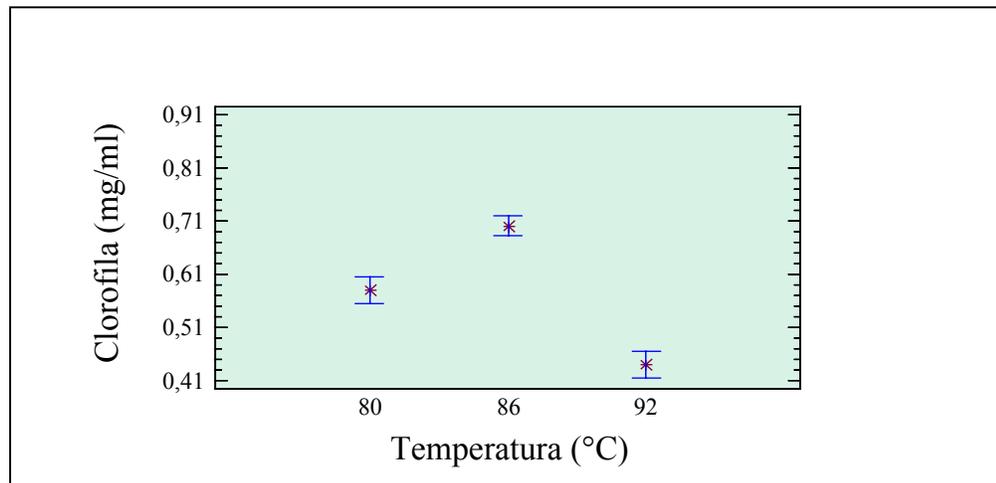


El diagrama de medias e intervalos de la diferencia menos significativa a un nivel de confianza del 95% para la variable temperatura (ver Figura 26.) muestra grupos completamente heterogéneos, todos los cuales difieren significativamente unos de otros.

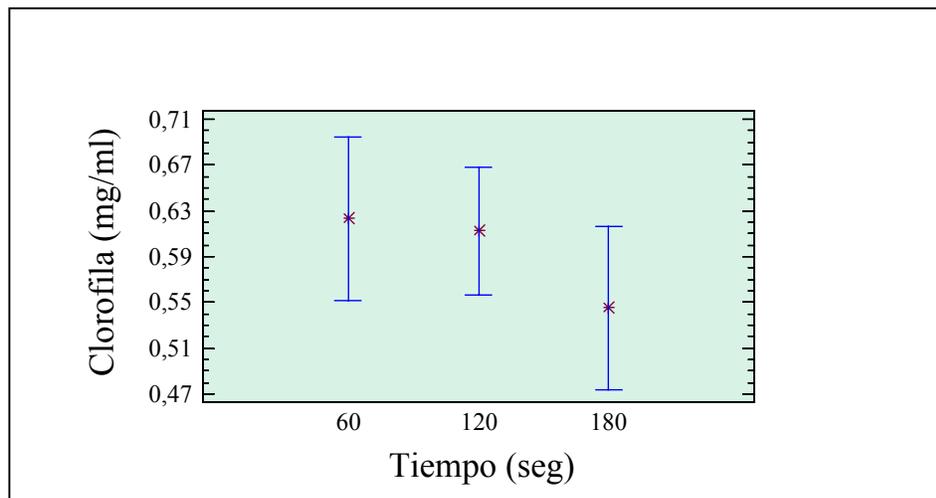
Es importante que al comparar este diagrama con su correspondiente al factor tiempo (ver Figura 27.) la distribución de las medias muestra tendencias completamente diferentes; la del tiempo muestra una distribución de los grupos semejantes a los observados en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO, con un punto de “ruptura” en la línea de tendencia.

Por el contrario la temperatura muestra un comportamiento claramente cuadrático mostrando una zona óptima entre los niveles intermedios, pero también se observa la clara disminución de las medias en el nivel máximo de la variable. La superficie de respuesta muestra claramente el efecto mencionado anteriormente.

**Figura 26.** Diagrama para el factor temperatura de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA

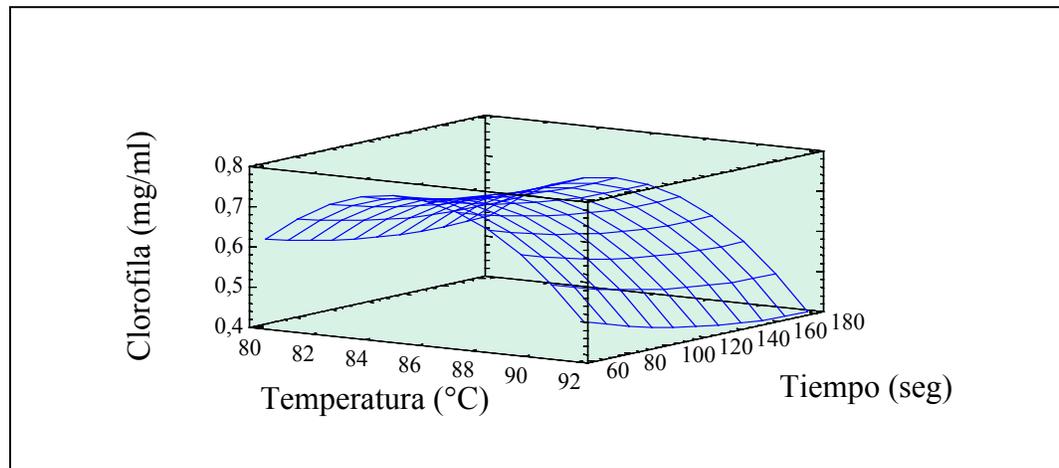


**Figura 27.** Diagrama para el factor tiempo de medias e intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA



La superficie de respuesta (Figura 28.) muestra que la combinación temperatura - tiempo maximiza la variable de respuesta cuando se encuentra en los niveles intermedio de la variable temperatura y claramente en el valor mínimo de la variable tiempo, estos valores corresponden a 85°C y 60seg respectivamente, en el cuadro de respuesta óptima (Tabla 6.) se puede ver el valor exacto correspondiente a estos factores. Se puede observar claramente que la mayor influencia en curvatura producida en la superficie de respuesta es debida a la variable temperatura.

**Figura 28.** Superficie de respuesta para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA



**Tabla 6.** Respuesta óptima para escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA

Optimize Response

Goal: maximize Clorofila

Optimum value = 0.759454

Factor	Low	High	Optimum
Temperatura	80.0	92.0	85.0689
Tiempo	60.0	180.0	60.0

El modelo matemático para el escaldado de la variedad OBONUCO ANDINA se muestra en la ecuación 22. Este modelo representa la ecuación que mejor explica el fenómeno del escaldado a partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

Se debe tener en cuenta que el error de este diseño fue bajo y que por lo tanto el modelo matemático puede considerarse adecuado para predecir el comportamiento de los fenómenos evaluados, tal y como lo confirma la prueba de falta de ajuste (lack of fit) en la tabla ANOVA (Tabla 5). La ecuación ajustada a los datos obtenidos se presenta a continuación:

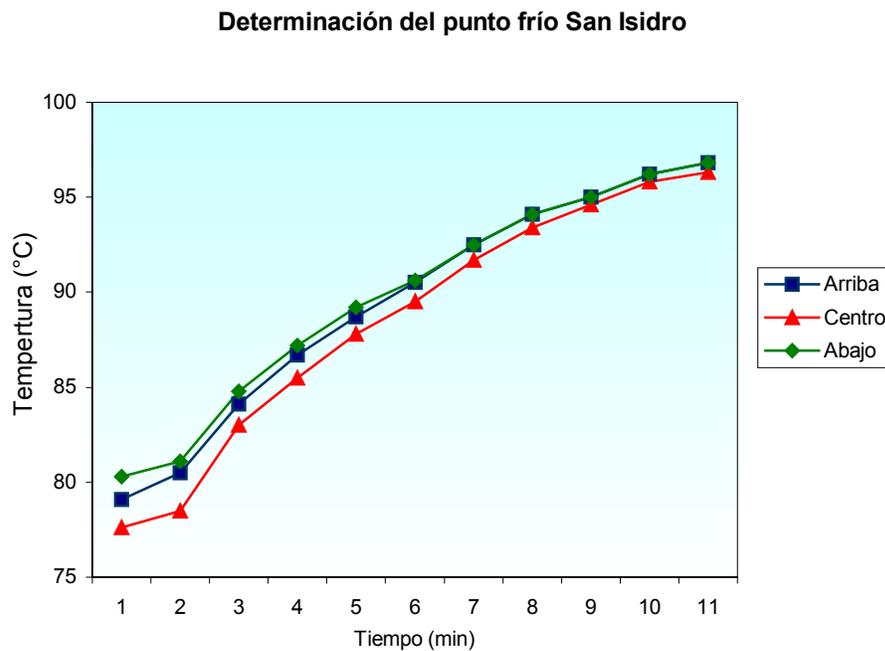
$$\text{Clorofila} = -38.9555 + 0.934952 \cdot \text{Temperatura} + 0.00030848 \cdot \text{Tiempo} - 0.00548721 \cdot \text{Temperatura}^2 - 0.0000229167 \cdot \text{Temperatura} \cdot \text{Tiempo} - 0.00000679459 \cdot \text{Tiempo}^2$$

Ecuación 22

**6.1.3 Ensayos de penetración de calor preliminares.** A continuación se presentan las curvas de penetración de calor características para las variedades de arveja OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO.

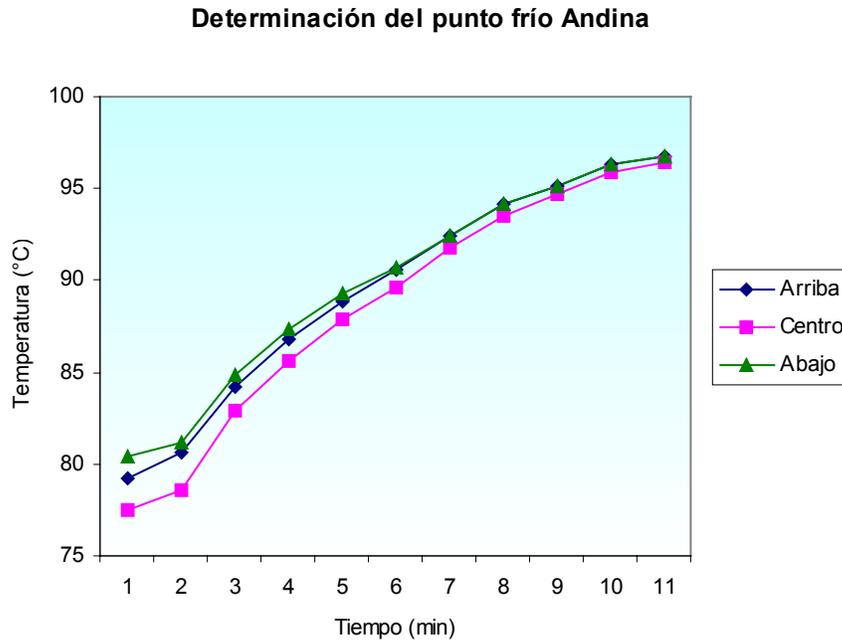
**6.1.3.1 Determinación del punto frío.** Los resultados de las pruebas de determinación del punto frío en las latas se muestran en las Figuras 29 y 30, para las variedades OBONUCO SAN ISIDRO y OBONUCO ANDINA respectivamente.

**Figura 29.** Comparación de las curvas de calentamiento para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO



Al analizar las figuras 29 y 30 se determinó que el punto frío para las arvejas frescas en conserva se encuentra en el centro geométrico del envase. Este hecho permite determinar que la transferencia de calor dentro de los envases para ambas variedades de arveja se produce por el mecanismo de conducción.

**Figura 30.** Comparación de las curvas de calentamiento para la variedad OBONUCO ANDINA



**6.1.3.2 Determinación de los parámetros característicos para el cálculo de penetración de calor para las variedades OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO.** Para el cálculo de la curva de penetración de calor se siguió el procedimiento descrito en el numeral 5.2.3.1. Las curvas de penetración de calor para las variedades se muestran en las Figuras 31 y 32.

Debido a las curvaturas que presentan las figuras, no fue posible obtener los parámetros característicos para la descripción de los procesos de penetración de calor para ambas variedades. Esto pudo ser ocasionado por el lento calentamiento del autoclave, ya que por sus características este equipo requiere un tiempo dos a tres veces mayor que los autoclaves utilizados en la industria conservera, para llegar a la temperatura de operación. Debido a este inconveniente se realizaron pruebas por quintuplicado en las cuales se realizó el seguimiento de la temperatura en el punto frío de la lata en el autoclave.

A su vez se cálculo la letalidad del proceso de acuerdo al método de Patashnik el cual se encuentra descrito en la sección 4.7.5.2. De esta manera se estandarizaron los tiempos necesarios de procesamiento para alcanzar valores de  $F_0$  de 6 y 12 y los resultados de estas experiencias se muestran en las Cuadros 11 y 12. Estos valores se utilizaron para los diseños experimentales sobre letalidad los cuales se describen en el sección 5.2.4.

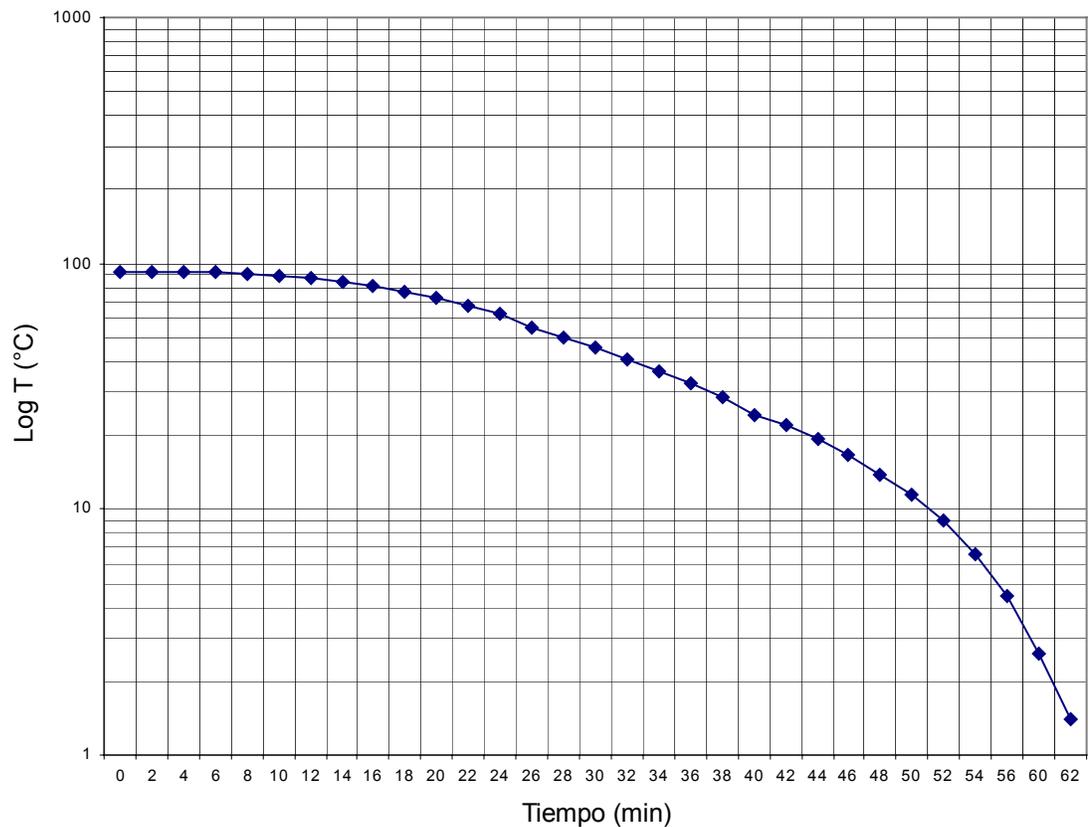
**Cuadro 11.** Tiempo estándar de procesamiento para valores  $F_0$  6

Variedad	Tiempo (min)	Letalidad $F_0$	Temperatura inicial del producto
Andina	35	6	>65
San Isidro	36	6	>65

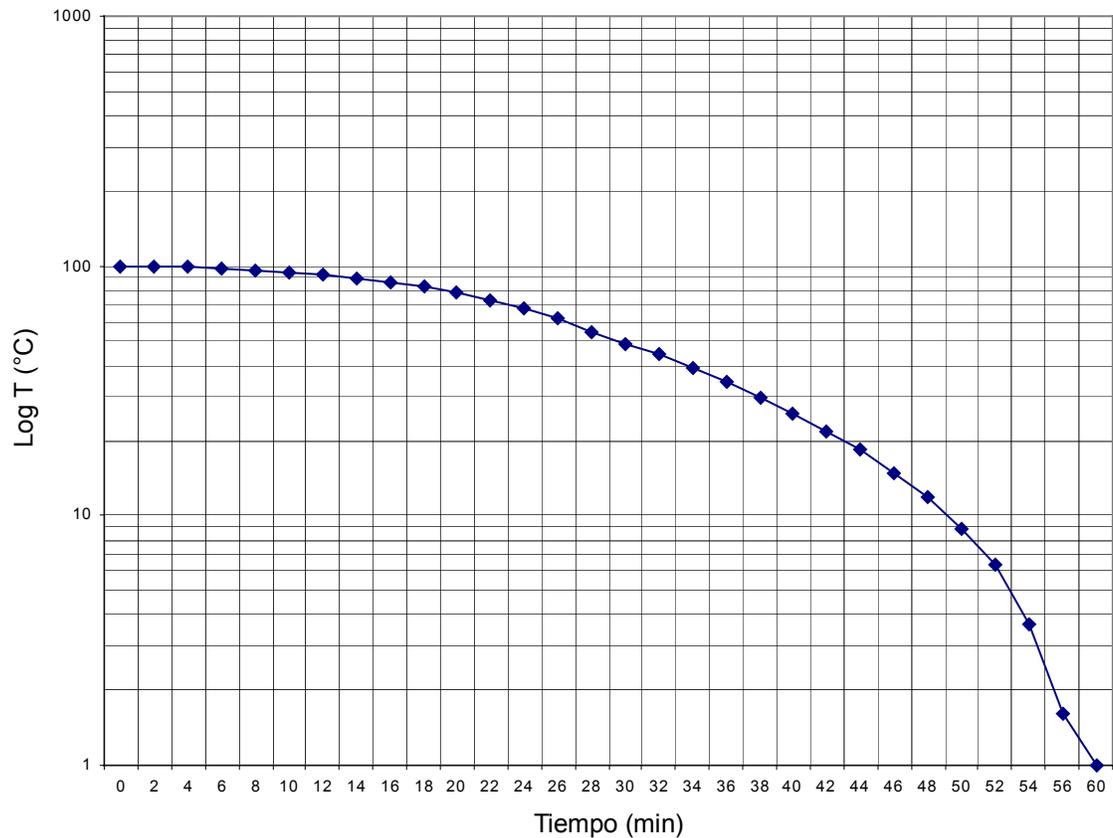
**Cuadro 12.** Tiempo estándar de procesamiento para valores  $F_0$  12

Variedad	Tiempo (min)	Letalidad $F_0$	Temperatura inicial del producto
Andina	42	12	>65
San Isidro	44	12	>65

**Figura 31.** Curva de penetración de calor característica para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO.



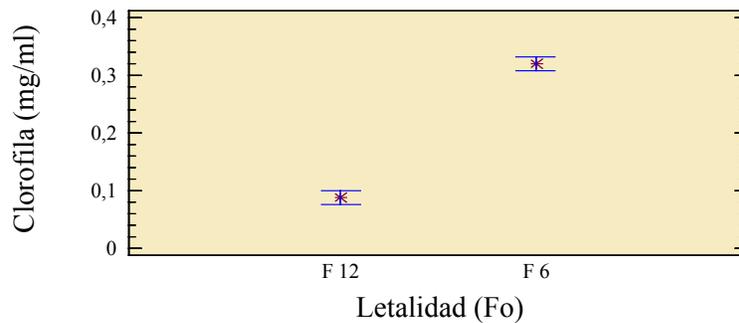
**Figura 32.** Curva de penetración de calor característica para la variedad OBONUCO ANDINA



**6.1.4 Diseño experimental para la determinación de la letalidad en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO.** El diagrama de medias para la variable de respuesta (VR) clorofila (Figura 33.) muestra un efecto claro en la diferencia de concentración de clorofila en relación a la letalidad global de cada uno de los procesos estudiados.

La tabla de ANOVA (Tabla 7.) ratifica el efecto de la letalidad de los tratamientos al mostrar un valor de  $P = 0,0000$ ; lo cuál es indicativo claro de la incidencia de los tratamientos en la variable de respuesta (puesto que un valor de  $P$  menor de 0.05 es indicativo de que hay una diferencia estadística entre los dos tratamiento  $F_6$  y  $F_{12}$  con respecto a la variable de respuesta analizada), con lo que se reafirma el efecto visto en la Figura 33.

**Figura 33.** Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: concentración de clorofila



**Tabla 7.** Análisis de varianza para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: concentración de clorofila

ANOVA Table for Clorofila by Letalidad

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0812007	1	0,0812007	809,31	0,0000
Within groups	0,000401333	4	0,000100333		
Total (Corr.)	0,081602	5			

La Prueba de rangos múltiples (Tabla 8.) confirma la diferencia estadística existente entre los tratamientos  $F_0$  6 y 12, al mostrar un valor en la prueba de contraste de \*-0.232667 lo cual indica que existe una diferencia estadística significativa entre las medias de ambos tratamientos en relación a la variable de respuesta.

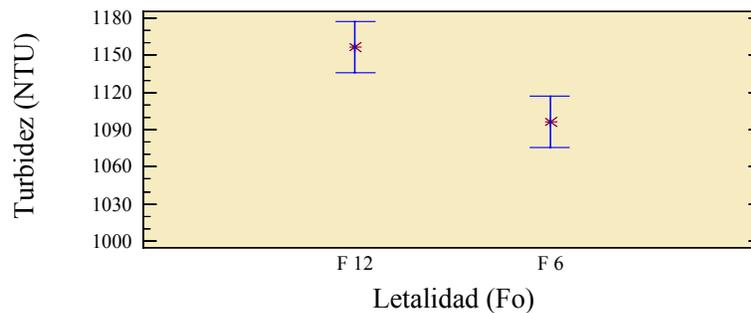
El diagrama de medias para la variable de respuesta (VR) turbidez (Figura 34.) muestra un efecto claro (aunque no tan marcado como en la VR clorofila) en el valor de la turbidez con relación a la letalidad global de cada uno de los procesos estudiados.

**Tabla 8.** Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: concentración de clorofila

Multiple Range Tests for Clorofila by Letalidad			
Method: 95,0 percent LSD			
Letalidad	Count	Mean	Homogeneous Groups
F 12	3	0,0876667	X
F 6	3	0,320333	X
Contrast	Difference		+/- Limits
F 12 - F 6	*-0,232667		0,0227074

\* denotes a statistically significant difference.

**Figura 34.** Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: turbidez



La tabla de ANOVA (Tabla 9.) ratifica el efecto de la letalidad de los tratamientos al mostrar un valor de P 0,0158; lo cuál es indicativo claro de la incidencia de los tratamientos en la variable de respuesta (puesto que un valor de P menor de 0.05 es indicativo de que hay una diferencia estadística entre los dos tratamiento F<sub>6</sub> y F<sub>12</sub> con respecto a la variable de respuesta analizada), con lo que se reafirma el efecto visto en la figura 34.

La Prueba de rangos múltiples (Tabla 10.) confirma que la diferencia estadística existente entre los tratamientos F<sub>0</sub> 6 y 12 es significativa, al mostrar un valor en la prueba de contraste de \*60.0, lo cual indica que existe una diferencia estadística significativa entre las medias de ambos tratamientos en relación a la variable de respuesta.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: turbidez

ANOVA Table for Turbidez by Letalidad					
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5400,0	1	5400,0	16,20	0,0158
Within groups	1333,33	4	333,333		
Total (Corr.)	6733,33	5			

**Tabla 10.** Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO SAN ISIDRO – Variable de respuesta: turbidez

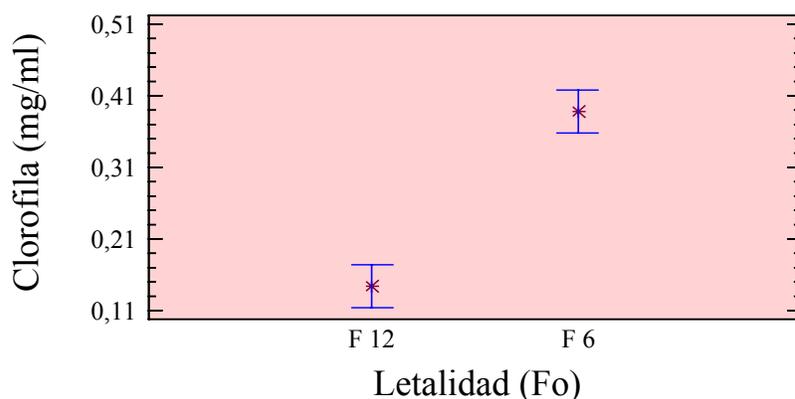
Multiple Range Tests for Turbidez by Letalidad				
Method: 95,0 percent LSD				
Letalidad	Count	Mean	Homogeneous Groups	
F 6	3	1096,67	X	
F 12	3	1156,67	X	
Contrast			Difference	+/- Limits
F 12 - F 6			*60,0	41,3889

\* denotes a statistically significant difference.

**6.1.5 Diseño experimental para la determinación de la letalidad en la variedad OBONUCO ANDINA.** El diagrama de medias para la variable de respuesta (VR) clorofila (Figura 35.) muestra un efecto claro en la diferencia de concentración de clorofila en relación a la letalidad global de cada uno de los procesos estudiados.

La tabla de ANOVA (Tabla 11.) ratifica el efecto de la letalidad de los tratamientos al mostrar un valor de P 0,0003; lo cuál es indicativo claro de la incidencia de los tratamientos en la variable de respuesta (puesto que un valor de P menor de 0.05 es indicativo de que hay una diferencia estadística entre los dos tratamiento F<sub>6</sub> y F<sub>12</sub> con respecto a la variable de respuesta analizada), con lo que se reafirma el efecto visto en la Figura 35.

**Figura 35.** Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila



**Tabla 11.** Análisis de varianza para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila

ANOVA Table for Clorofila by Letalidad

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0883307	1	0,0883307	128,33	0,0003
Within groups	0,00275333	4	0,000688333		
Total (Corr.)	0,091084	5			

La Prueba de rangos múltiples (Tabla 12.) confirma la diferencia estadística existente entre los tratamientos  $F_0$  6 y 12, al mostrar un valor en la prueba de contraste de \*-0.242667, lo cual indica que existe una diferencia estadística significativa entre las medias de ambos tratamientos en relación a la variable de respuesta.

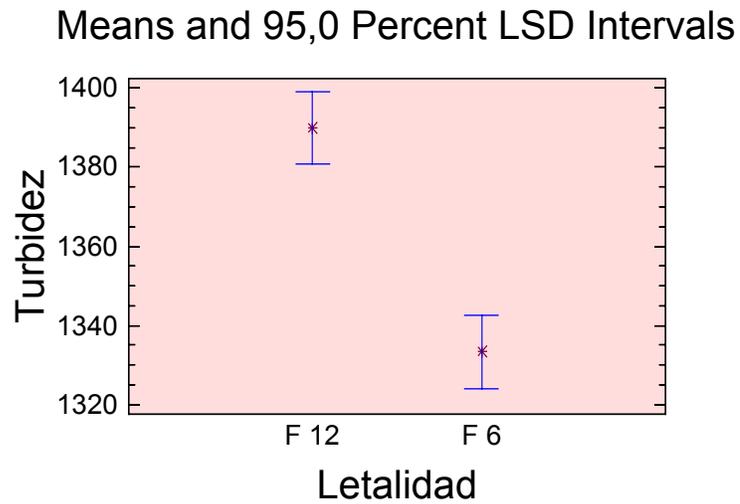
El diagrama de medias para la variable de respuesta (VR) turbidez (Figura 36.) muestra un efecto claro en el valor de la turbidez con relación a la letalidad global de cada uno de los procesos estudiados.

**Tabla 12.** Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: concentración de clorofila

Multiple Range Tests for Clorofila by Letalidad			
Method: 95,0 percent LSD			
Letalidad	Count	Mean	Homogeneous Groups
F 12	3	0,144667	X
F 6	3	0,387333	X
Contrast			Difference +/- Limits
F 12 - F 6			*-0,242667 0,0594763

\* denotes a statistically significant difference.

**Figura 36.** Diagrama de Medias con intervalos para la diferencia menos significativa al 95% para letalidad de la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez



**Tabla 13.** Análisis de varianza para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez

ANOVA Table for Turbidez by Letalidad					
Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4816,67	1	4816,67	72,25	0,0011
Within groups	266,667	4	66,6667		
Total (Corr.)	5083,33	5			

La tabla de ANOVA (Tabla 13.) ratifica el efecto de la letalidad de los tratamientos al mostrar un valor de P 0,0011; lo cuál es indicativo claro de la incidencia de los tratamientos en la variable de respuesta (puesto que un valor de P menor de 0.05 es indicativo de que hay una diferencia estadística entre los dos tratamiento F<sub>6</sub> y F<sub>12</sub> con respecto a la variable de respuesta analizada), con lo que se reafirma el efecto visto en la figura 36.

La Prueba de rangos múltiples (Tabla 14.) confirma que la diferencia estadística existente entre los tratamientos F<sub>0</sub> 6 y 12 es significativa, al mostrar un valor en la prueba de contraste de \*56.6667, lo cual indica que existe una diferencia estadística significativa entre las medias de ambos tratamientos en relación a la variable de respuesta.

**Tabla 14.** Prueba de rangos múltiples para la variedad OBONUCO ANDINA – Variable de respuesta: turbidez

Multiple Range Tests for Turbidez by Letalidad			
Method: 95,0 percent LSD			
Letalidad	Count	Mean	Homogeneous Groups
F 6	3	1333,33	X
F 12	3	1390,0	X
Contrast			Difference +/- Limits
F 12 - F 6			*56,6667 18,5097

\* denotes a statistically significant difference.

**6.1.6 Pruebas de esterilidad comercial.** Se realizaron pruebas siguiendo las normativas establecidas en la NTC 4433<sup>86</sup>, los resultados se muestran en el cuadro 13. Las muestras para esterilidad comercial se realizaron teniendo en cuenta un plan de toma de muestras, con un nivel de inspección I y un NCA de 6.5 y suponiendo un tamaño de lote inferior a 4800 unidades y con un peso neto igual o inferior a 1 Kg, razón por la cual se analizaron seis muestras.

**Cuadro 13.** Pruebas de esterilidad comercial para latas sometidas a dos valores de letalidad  $F_0$

Variedad	Letalidad	
	$F_0$ 6	$F_0$ 12
OBONUCO SAN ISIDRO	*PECS	PECS
OBONUCO ANDINA	PECS	PECS

\*PECS: PRUEBA DE ESTERILIDAD COMERCIAL SATISFACTORIA

**6.1.7 Comparación de propiedades físicas y químicas entre marcas de arveja enlatada comercial y las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a  $F_0$  6.** Al margen de las pruebas realizadas para la determinación de la letalidad óptima del proceso, se realizaron mediciones de las dimensiones representativas y análisis de clorofila de marcas de arveja enlatada comercial así como de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a  $F_0$  de 6 (ver Cuadros 14, 15 y 16).

Adicional a esto se analizó el líquido de gobierno en el cual se evaluó la turbidez y densidad (ver Cuadros 17 y 18); además se realizó un análisis bromatológico para una marca comercial Zenú (ver Cuadro 19.). Por ultimo se realizó una comparación entre el peso de partícula de las marcas de arveja enlatada comercial con el peso de partícula de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas con valores de  $F_0$  de 6 y 12 estos resultados se muestran en los Cuadros 20 y 21.

<sup>86</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos, Op. cit., 7 p.

**Cuadro 14.** Dimensiones representativas marcas de arveja comercial

Dimensiones representativas							Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Volumen (ml)
Arveja	Alto (cm)	S	Ancho (cm)	S	Grosor (cm)	S		
ZENU	0.974	0.052	0.842	0.035	0.831	0.046	2.46	0.357
SAN JORGE	0.993	0.072	0.837	0.045	0.853	0.092	2.49	0.372
RESPIN	0.986	0.035	0.846	0.053	0.839	0.069	2.50	0.367

**Cuadro 15.** Dimensiones representativas variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a F<sub>0</sub> 6

Dimensiones representativas							Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Volumen (ml)
Arveja	Alto (cm)	S	Ancho (cm)	S	Grosor (cm)	S		
OBONUCO ANDINA	1.19	0.048	0.965	0.049	0.955	0.063	3.39	0.575
OBONUCO SAN ISIDRO	1.21	0.079	0.937	0.111	0.924	0.089	3.32	0.549

**Cuadro 16.** Análisis de concentración de clorofila para marcas comercial y variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a F<sub>0</sub> 6

Marca	Cl Total ajustada (mg/ml)
Zenu	0,173
Zenu	0,235
Respin	0,314
San Jorge	0,273
Andina	0,387
San Isidro	0,320

**Cuadro 17.** Análisis de turbidez para marcas de arveja comercial y variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO procesadas a F<sub>0</sub> 6

Marca	Turbidez (UNT)
Zenu	530
Andina	1330
San Isidro	1100

**Cuadro 18.** Valores de densidad de la salmuera para marcas de arveja comerciales y variedades OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO a distintos valores de  $F_0$

Densidad salmuera	Densidad (g/ml)
Respin	1,042
San Jorge	1,030
Zenu	1,043
Andina F 12	1,060
Andina F 6	1,055
San Isidro F 12	1,052
San Isidro F 6	1,046
Salmuera Blanco	1,051

**Cuadro 19.** Análisis bromatológico para marca de arveja comercial Zenú

ANÁLISIS	Arveja Muestra comercial	
	% Base Húmeda	% Base Seca
Humedad	68.81	-
Materia seca	31.19	100
Ceniza	1.34	4.31
Extracto etéreo	0.36	1.14
Fibra cruda	2.82	9.03
Proteína	7.25	23.24
Extracto no nitrogenado	19.43	62.28
pH salmuera	<b>5.95</b>	-
Almidón	<b>6.48</b>	<b>20.77</b>

**Cuadro 20.** Comparación entre el peso de partícula para las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO con relación a la intensidad del tratamiento térmico

Variedad	Valor F	Peso partícula	S
Andina	6	0,824	0,121
Andina	12	0,814	0,064
San Isidro	6	0,742	0,163
San Isidro	12	0,738	0,106

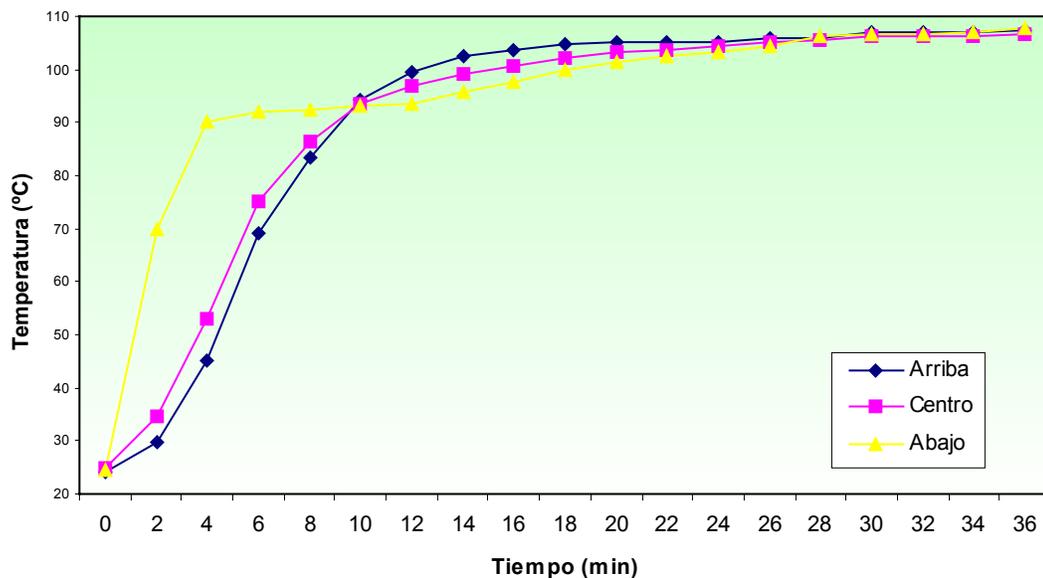
**Cuadro 21.** Peso de partícula para distintas marcas de arveja comercial

Marca	Peso partícula	S
Zenú	0,728	0,089
Respin	0,734	0,072
San Jorge	0,73	0,102

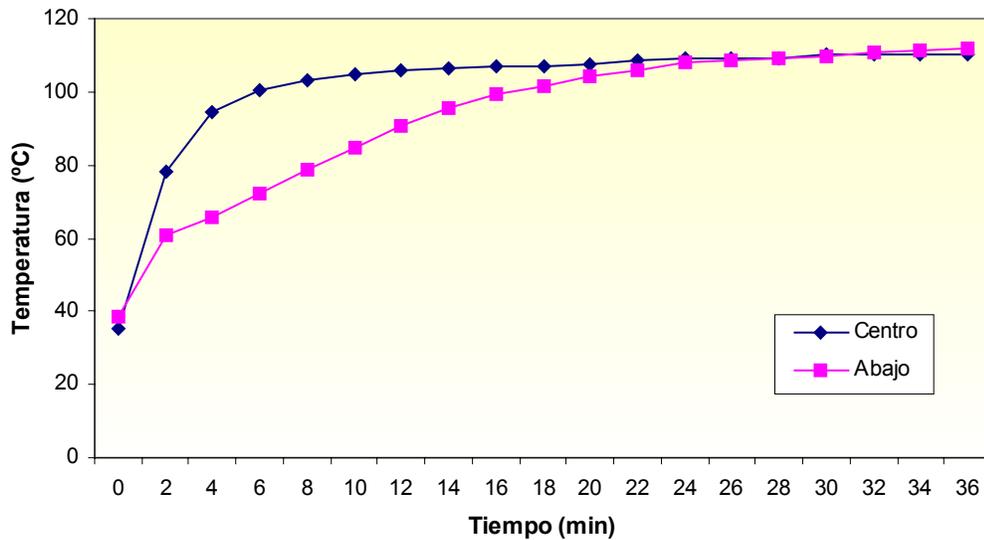
**6.1.8 Pruebas de penetración de calor en planta piloto.** Una vez realizadas las pruebas preliminares para el enlatado de ambas variedades se pudo determinar que la variedad óptima para el procesamiento en lata era OBONUCO ANDINA en razón de su estabilidad a los diferentes tratamientos térmicos, estabilidad durante el almacenamiento, mayor tamaño, entre otras. Por lo cual se procedió a realizar las mismas pruebas descritas anteriormente, solo que en esta ocasión se seleccionó un equipo de la planta piloto de la facultad de Ingeniería Agroindustrial, con el fin de evaluar la posibilidad de acondicionar el equipo para realizar este tipo de procesos.

**6.1.8.1 Determinación del punto frío en el calderín de la unidad de extracción.** Para la realización de esta prueba se siguió el procedimiento descrito en el numeral 5.2.3.1. Como se podrá observar en las figuras 37, 38 y 39, fue necesario repetir la prueba con diferentes capacidades del equipo puesto que con las capacidades máxima y media, el equipo no alcanzó una temperatura de procesamiento adecuada para el alimento (mayor a 115°C).

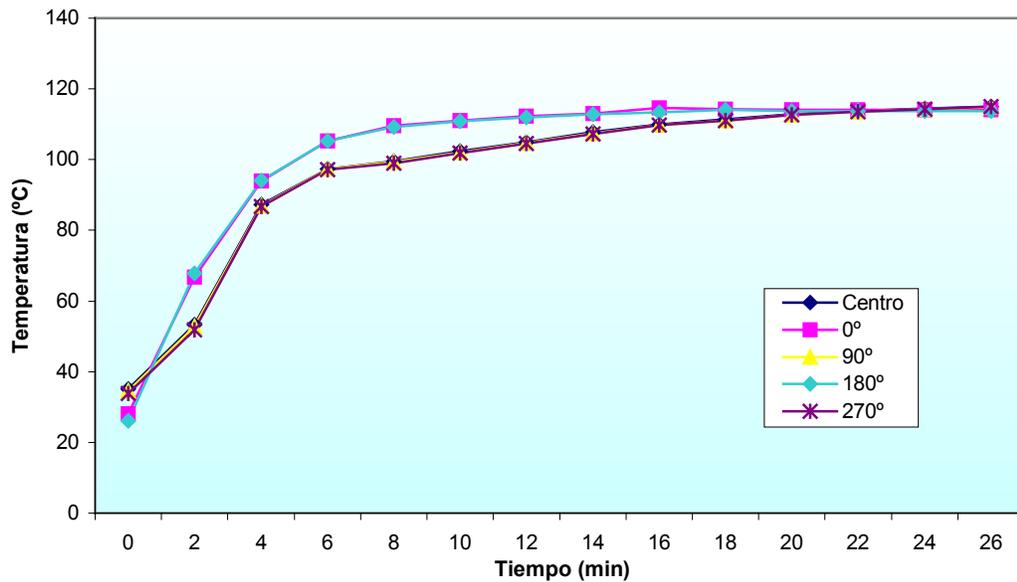
**Figura 37.** Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad máxima para la variedad OBONUCO ANDINA



**Figura 38.** Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad media para la variedad OBONUCO ANDINA



**Figura 39.** Comparación de curvas de calentamiento para la determinación del punto frío en el calderín con capacidad mínima para la variedad OBONUCO ANDINA



Al analizar las figuras 37 y 38 se puede observar que el calderín de la unidad de extracción no alcanza una temperatura superior a los 115°C cuando el equipo esta

en su capacidad máxima; debido a esta circunstancia se realizaron pruebas para determinar el punto frío a la capacidad mínima del calderín. Estos resultados se muestran en la figura 39.

En estas últimas pruebas se determinó que el punto frío se encuentra a 0° o 180° tomando como punto de referencia la flauta de alimentación de vapor del calderín (eje y); en estos puntos se alcanzó la temperatura mínima recomendada (superior a 115°C)<sup>87</sup>. Se debe tener en cuenta que para la determinación del punto frío se debe seleccionar la curva que registre un valor más bajo al final del proceso, puesto que el tratamiento en esta fase afecta de manera considerable la letalidad de todo el proceso.

**6.1.8.2 Prueba de penetración de calor en el calderín de la unidad de extracción.** Para el cálculo de la curva de penetración de calor se siguió el procedimiento descrito en el numeral 5.2.3.2. Las curvas de penetración de calor y el perfil de temperatura para la variedad OBONUCO ANDINA se muestran en las figuras 40, 41 y 42 respectivamente.

Se debe tener en cuenta que para la determinación de los parámetros  $f$  y  $j$  característicos para un producto se deberá tomar la curva de calentamiento que presente una menor pendiente, es decir, la que genere los valores de  $f$  y  $j$  más bajos, esto permitirá generar un margen de seguridad para el diseño del proceso puesto que se podrá suponer que cualquier cálculo sobre letalidades y tiempos de procesamiento será equivalente o superior al valor  $F_0$  deseado para el proceso<sup>88</sup>.

**6.1.9 Diseño del proceso térmico para la variedad OBONUCO ANDINA en el calderín de la unidad de extracción.** Para el adecuado diseño del proceso térmico se debe tener el valor de  $F_0$  mínimo necesario para la inactivación del microorganismo utilizado como referencia para el proceso en este caso el valor  $F_0$  será igual a 6 y el microorganismo utilizado como referencia fue *Clostridium botulinum* con un valor D a 121.1°C de 0.3 minutos y un valor  $z$  de 11°C.

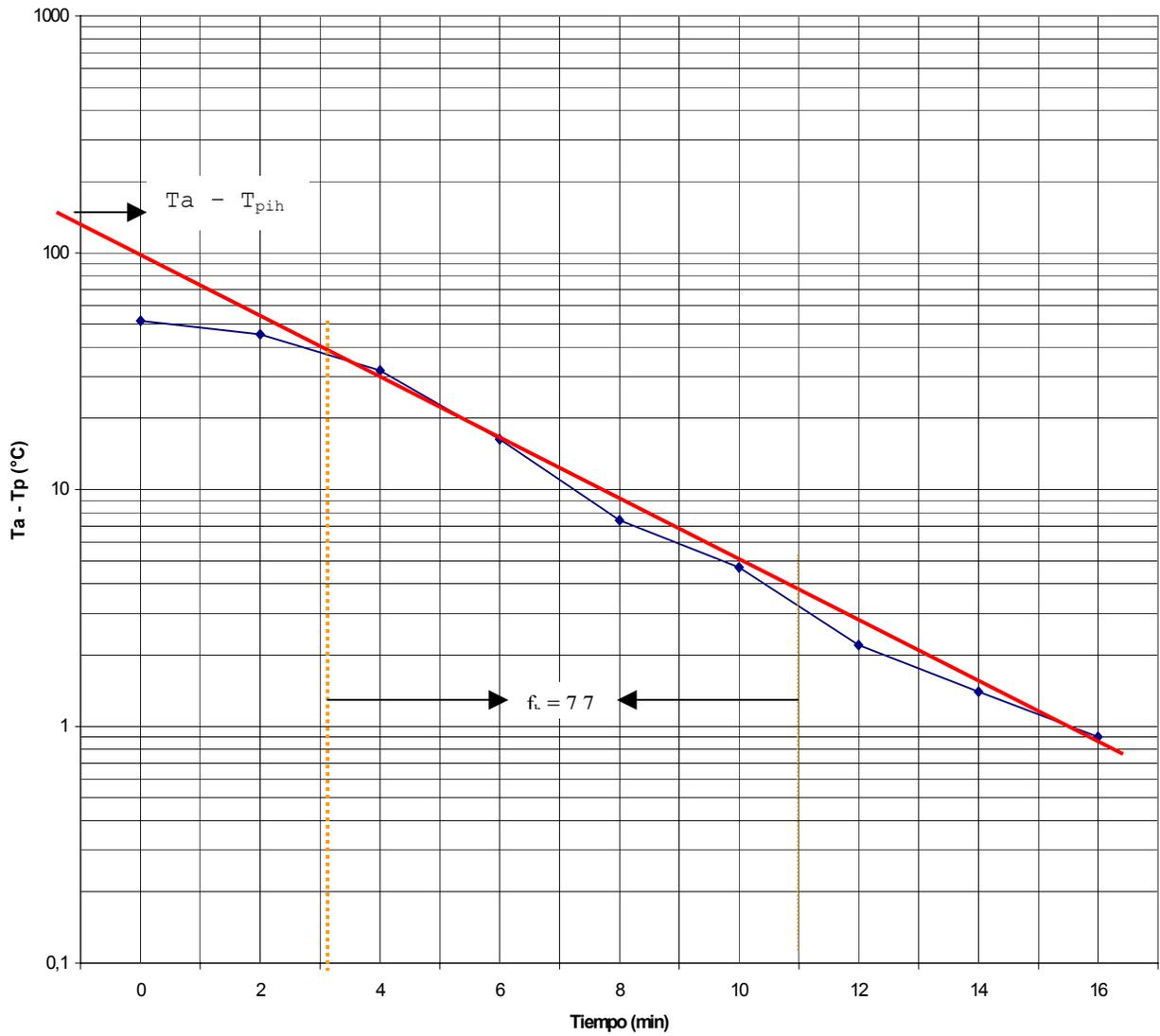
Para el cálculo de la letalidad del proceso se utilizó el método analítico y se compararon estos resultados con los resultados de un software desarrollado por el programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED).

---

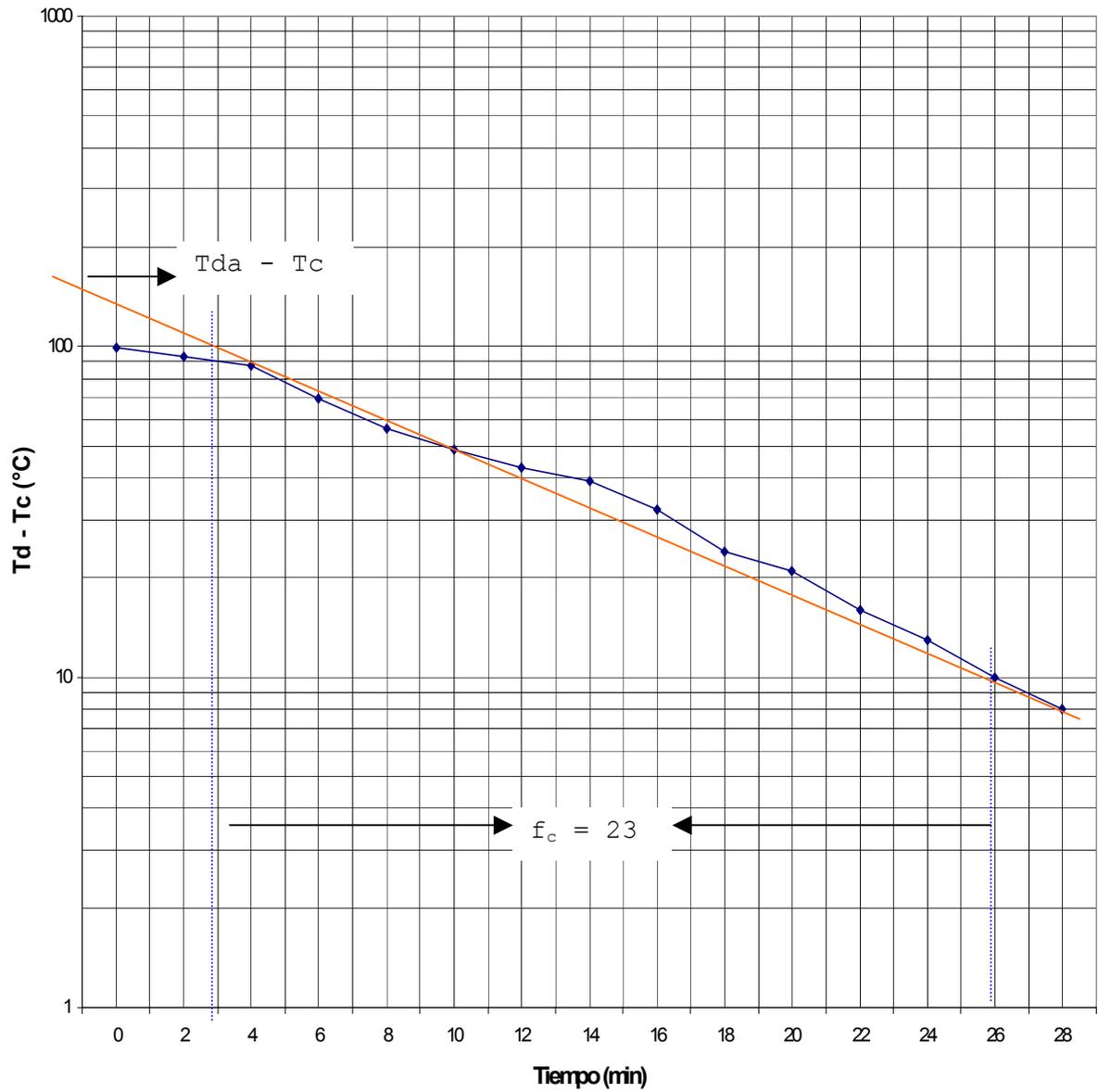
<sup>87</sup> BARBOSA, Op. cit., p. 38.

<sup>88</sup> HERSOM, Op. cit., p. 236.

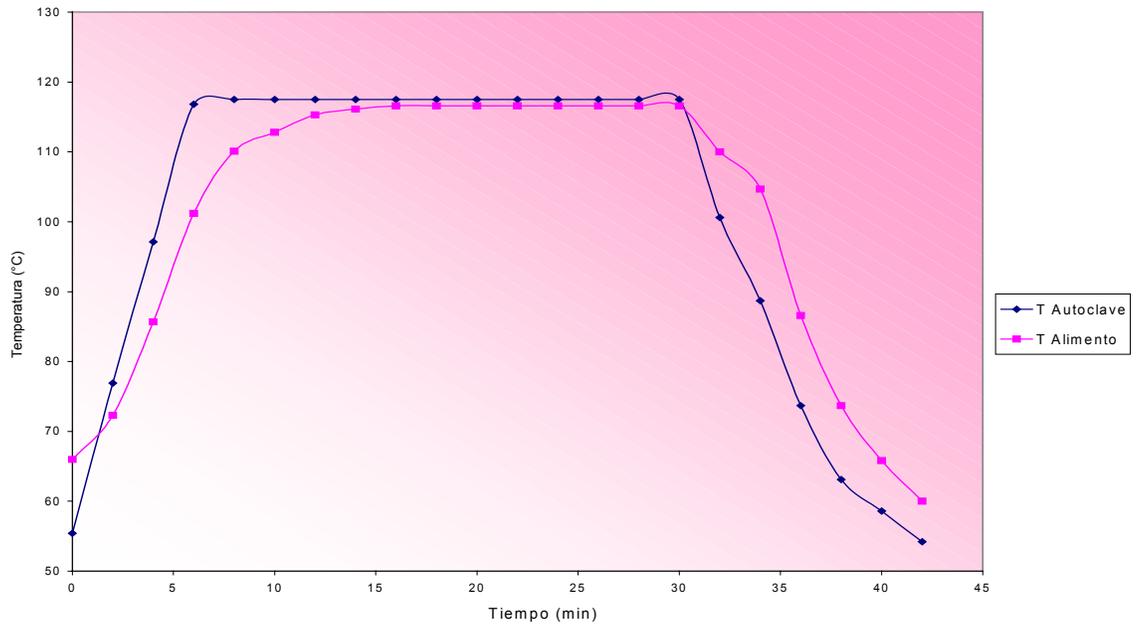
**Figura 40.** Curva de penetración de calor en escala semilogarítmica en el calderín de la unidad de extracción



**Figura 41.** Curva de enfriamiento en escala semilogarítmica en el calderín de la unidad de extracción



**Figura 42.** Perfiles de temperatura para la unidad de extracción y temperatura del producto en el punto frío



**6.1.9.1 Cálculos del tiempo de procesamiento por el método analítico.** Para estos cálculos es necesario determinar el valor de  $U$ , el cual se puede obtener a partir de la ecuación 6:

$$U = F_t F_0$$

De esta ecuación se debe tener en cuenta que el valor de  $F_t$  corresponde a:

$$F_t = 10^{(121.1 - T)/z} \quad \text{Ecuación 23}$$

En el diseño del proceso estudiado  $z$  es igual a  $11^\circ\text{C}$  y  $T$  será igual a  $117.5^\circ\text{C}$ , según esto se tiene que:

$$F_t = 10^{(121.1 - 117.5)/11}$$

$$F_t = 2.12 \text{ min}$$

Ahora con este valor y sabiendo que  $F_0$  es igual a 6 minutos, se calcula  $U$ :

$$U = 6 \text{ min} * 2.12 \text{ min}$$

$$U = 12.72 \text{ min}^2$$

El método analítico requiere el cálculo del valor  $g$  descrito en las ecuaciones 4 y 5. Este valor se calcula a partir del cociente entre  $f_h/U$ , entonces de acuerdo con la figura 40 se tiene que:

$$f_h = 7.7$$

$$f_h/U = 7.7/12.72 = 0.605 \text{ min}$$

Así mismo de la figura 40 se puede calcular el valor de  $j_h$  al prolongar la pendiente de la recta y hacerla coincidir con el eje Y. El punto donde la pendiente y el eje Y se cruzan corresponderá al valor  $T_a - T_{pih}$  de la ecuación 2, de acuerdo a esto se tiene:

$$j_h = 140/(117.5-66)$$

$$j_h = 2.72$$

De esta manera, si se aplica el procedimiento para calcular  $f$  y  $j$  para la figura 41 la cual corresponde a la curva de enfriamiento del proceso los valores  $f_c$  y  $j_c$  serán iguales a:

$$f_c = 23$$

Y para la curva de enfriamiento la ecuación 19 se convierte en:

$$j_c = (T_{da} - T_c)/(T_d - T_c)$$

donde,

Ecuación 24

$T_{da}$  = Temperatura de enfriamiento pseudo inicial.

$T_c$  = Temperatura del medio de enfriamiento (17°C).

$T_d$  = Temperatura del producto en el punto frío en el momento de la desconexión del vapor (116.6°C).

Según la figura 31 el valor  $T_{da} - T_c$  es de 160°C, con esto se puede aplicar la ecuación 24:

$$j_c = (160)/(116.6 - 17)$$

$$j_c = 1.60$$

Una vez obtenido el valor  $j_c$  se debe proceder al cálculo de  $g$  de acuerdo a valores tabulados que relacionan  $f_h/U$  con  $j_c$  para un valor  $z$  específico para un microorganismo. Si el valor  $z$  para el microorganismo seleccionado no se

encuentra en las fuentes de información se deberá proceder utilizando un valor de  $z$  lo más próximo al valor encontrado para el microorganismo indicador del proceso. Para el proceso estudiado el valor de  $z$  seleccionado fue de  $11^{\circ}\text{C}$ , como no se encontraron tablas con este valor se procedió al cálculo con valores tabulados cuando  $z$  es igual a  $10^{\circ}\text{C}$  (estas tablas se pueden encontrar en publicaciones especializadas<sup>87</sup> entre otras). Según lo expresado anteriormente el valor  $g$  corresponderá a:

$$g = 0.13585$$

Para calcular el tiempo de procesado  $B$  solo restaría encontrar el valor de  $I_h$  (ecuaciones 4 y 5):

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

$$I_h = 117.5 - 66 = 51.5^{\circ}\text{C}$$

Conocido este valor se procede a calcular el tiempo de procesado  $B$  a partir de la ecuación 5:

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

$$B = 7.7 [\log (2.72 * 51.5) - \log (0.13585)]$$

$$B = 23.20 \text{ min}$$

Ahora, se debe tener en cuenta que estos cálculos fueron realizados con un  $z$  de  $10^{\circ}\text{C}$  cuando en realidad el valor seleccionado fue  $11^{\circ}\text{C}$ .

**6.1.9.2 Cálculos del tiempo de procesamiento por método iterativo (software).** Para el uso del software se tuvieron en cuenta los siguientes valores obtenidos durante la fase de experimentación:

- $T_{ih} = 66^{\circ}\text{C}$ .
- $T_a = 117.5^{\circ}\text{C}$ .
- $T_d = 17^{\circ}\text{C}$ .
- $z = 11^{\circ}\text{C}$ .
- $D = 0.3$ .

---

<sup>87</sup> BARBOSA, Op. cit., p. 52-53.

- $N_0 = 1600$  esporas/envase.
- $F_0 = 6$  min.
- $f_h = 7.7$ .
- $j_h = 2.72$ .

Con estos valores se pudo calcular un valor para el tiempo de procesamiento B de 25.63 minutos, en el cual si se tiene en cuenta que el valor para el método analítico se obtuvo con  $z$  de  $10^\circ\text{C}$  es muy aproximado.

**6.1.10 Probabilidad de deterioro.** Por lo general las operaciones de enlatado 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 las ecuaciones para el cálculo de la PNSU descritas en la sección 4.7.4.1, teniendo el número inicial de esporas presentes por envase calculadas de acuerdo al método descrito en la sección 4.12.2.1 (ver Cuadro 22.) y con los datos para *Clostridium botulinum B* en productos con pH mayor a 4.5 (Cuadro 10.) se calculó este factor. El resultado obtenido se muestra en la Cuadro 23, que además fue comparado con el resultado obtenido usando el software para el cálculo de la probabilidad de deterioro:

**Cuadro 22.** Resultados del recuento de esporas de anaerobios para la variedad de arveja OBONUCO ANDINA procesada en planta piloto

Número de mediciones	Número inicial de esporas ( $N_0$ )	S	Peso neto del envase	Número inicial de esporas por envase
5	5 por gramo	2.236	320 g	1600

**Cuadro 23.** Probabilidad de una unidad no estéril en OBONUCO ANDINA enlatada comparando dos métodos

Método	Numero inicial de esporas $N_0$	$F_0$	Valor D	Valor z	PNSU
Iterativo	5 por gramo	6.03	0.3	11	$1.29 * 10^{-17}$
Analítico	5 por gramo	6.00	0.3	11	$1.27 * 10^{-17}$

Como se puede observar los valores obtenidos dan un gran margen de seguridad en relación con la probabilidad de encontrar una lata deteriorada utilizando un valor de  $F_0$  de 6, para el producto enlatado en la planta piloto de la facultad de Ingeniería Agroindustrial.

**6.1.11 Análisis de las propiedades físicas y químicas de la variedad OBONUCO ANDINA procesada en planta piloto.** Para determinar los efectos del tratamiento térmico realizado a la variedad OBONUCO ANDINA en la planta piloto se realizó un análisis del cual se determinaron sus dimensiones representativas, concentración de clorofila, peso de partícula, turbidez, densidad y pH de salmuera y un análisis del contenido de vitamina C y almidón de la arveja. Estos resultados se muestran en los Cuadros 24, 25 y 26.

**Cuadro 24.** Dimensiones representativas variedad de arveja OBONUCO ANDINA procesada a F<sub>0</sub> 6 en planta piloto

Arveja	Dimensiones representativas						Área superficial (cm <sup>2</sup> )	Volumen (ml)
	Alto (cm)	S	Ancho (cm)	S	Grosor (cm)	S		
OBONUCO ANDINA	1.23	0.054	0.941	0.102	0.932	0.077	3.32	0.556

**Cuadro 25.** Análisis concentración de clorofila, peso de partícula, turbidez y densidad de salmuera para la variedad de arveja OBONUCO ANDINA procesada a F<sub>0</sub> 6 en planta piloto

Marca	Densidad (g/ml)	Turbidez (UNT)	Peso partícula (g)	CI Total ajustada (mg/ml)
OBONUCO ANDINA	1.043	1306	0.818	0.398

**Cuadro 26.** Análisis de elementos enlace para la variedad de arveja OBONUCO ANDINA procesada a F<sub>0</sub> 6 en planta piloto

Análisis	Arveja OBONUCO ANDINA procesada en planta
	% Base Húmeda
Humedad	68.6
Materia seca	31.40
Vitamina C (mg/100g)	17.2
pH	6.05
Almidón	3.38

## 6.2 DISCUSIÓN

**6.2.1 Escaldado para las variedades OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO.** Los resultados obtenidos de los diseños experimentales para el escaldado de las variedades OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO presentaron un error bastante bajo, lo que permite analizar los valores obtenidos con mucha confianza debido a que se minimizó la incertidumbre que se podría haber asociado a estas pruebas. Es de destacar el hecho de que, si bien, las variables tiempo y temperatura resultaron ser altamente significativas para ambas

variedades, la variedad OBONUCO ANDINA presentó un efecto no esperado, puesto que como se puede ver en el diagrama de Pareto, el efecto cuadrático de la temperatura fue realmente significativo en el proceso, esto puede estar relacionado con el hecho de que al aplicar el tratamiento térmico y producirse la ruptura de las células (hecho que está asociado con la fijación de color), se produce un “vacío” de la clorofila lo cual facilita su detección, de ahí que se haya presentado este efecto. Además este fenómeno puede estar directamente relacionado con los siguientes tres factores:

- Como se puede observar en el Cuadro 4 la clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA muestra una mejor estabilidad.
- El contenido de clorofila de la variedad OBONUCO ANDINA es inferior al de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO.
- La capacidad calorífica ( $C_p$ ) de la variedad OBONUCO ANDINA es mayor que de la variedad OBONUCO SAN ISIDRO (ver Cuadro 6.), por ende esta variedad presentará una mayor estabilidad ante los efectos de temperatura y tiempo.

El efecto del tiempo en las variedades fue completamente diferente, mostrando una pendiente muy alta en la variedad OBONUCO SAN ISIDRO y una pendiente muy baja para OBONUCO ANDINA, la cual mostró una pequeña estabilización cuando este factor se acercaba a su nivel máximo.

Si comparamos las figuras 22 y 28 de ambas variedades, se observa una mayor estabilidad entre el nivel mínimo y medio para los datos correspondientes a la variedad OBONUCO ANDINA; en el nivel máximo ambas variedades presentaron un comportamiento similar.

Según el análisis efectuado anteriormente para el escaldado de las variedades OBONUCO SAN ISIDRO y OBONUCO ANDINA se puede concluir que la variedad OBONUCO ANDINA mostró el mejor comportamiento ante este tratamiento térmico.

**6.2.2 Pruebas de letalidad para las variedades OBONUCO ANDINA Y OBONUCO SAN ISIDRO.** Los resultados observados en los diseños experimentales realizados para estimar el efecto de dos velocidades letales fueron bastante claros y concluyentes para ambas variedades, aunque se debe destacar que los efectos observados presentaron consistencia con algunos de los análisis realizados anteriormente, en particular las pruebas de contenido de clorofila (Cuadro 4.) y la de contenido de almidón (Cuadros 2. y 3.).

Para la variable de respuesta clorofila si bien el efecto de un tratamiento térmico más prolongado haría lógico suponer una mayor degradación de clorofila, los resultados obtenidos reafirman los datos de que la clorofila en la variedad Obonuco Andina presenta una mejor estabilidad a los tratamientos térmicos reflejada en una mayor concentración de clorofila al final de los procesos, lo cual repercute en un mejor aspecto.

Para la variable de respuesta turbidez los resultados fueron consecuentes a los análisis de composición de almidón, los cuales mostraban que la variedad OBONUCO ANDINA presentaba un mayor contenido de almidón que la variedad OBONUCO SAN ISIDRO. Los resultados confirmaron la suposición de que la variedad OBONUCO SAN ISIDRO por tener un menor contenido de almidón vería menos afectada la turbidez de su salmuera. Por último para evaluar las letalidades del proceso se realizaron pruebas de esterilidad comercial, que demostró que las dos letalidades ( $F_0$  6 y 12) presentaron resultados satisfactorios que garantizan la esterilidad del producto (ver Cuadro 13.).

**6.2.3 Pruebas en planta piloto.** Durante las pruebas para la determinación del punto frío en el calderín de la unidad de extracción se obtuvieron resultados no muy satisfactorios al trabajar con la capacidad máxima y media del calderín puesto que como se puede observar en las figuras 37 y 38 el calderín no pudo llevar al alimento a una temperatura de procesamiento adecuada (mayor a 115°C); esto principalmente pudo ser ocasionado porque el equipo no puede sobrepresionarse a valores iguales o mayores a los 22 PSI, que en este caso hubieran sido necesarios para obtener temperaturas superiores del alimento dentro del equipo. Las temperaturas a las cuales el alimento se estabilizó fueron de 110.6°C y 106.7°C en el punto frío para la capacidad media y máxima respectivamente.

Para las pruebas de determinación de punto frío con la capacidad mínima la temperatura máxima alcanzada en la zona más fría fue de 116.6°C y este punto se ubica a 0° o 180° tomando la flauta de alimentación de vapor del calderín como el eje Y. Durante las pruebas realizadas en planta piloto se pudo encontrar las curvas características del proceso que permitieron el cálculo de las constantes  $f$  y  $j$  para las curvas de calentamiento y enfriamiento que permiten hacer predicciones para calcular tiempos de procesamiento. Si bien las curvas encontradas durante el proceso no presentaron una pendiente uniforme, esto pudo ocasionarse por el hecho de que la temperatura de procesamiento se controlaba manualmente y en la fase de enfriamiento no se disponía de aspersores en el equipo que ofrecieran un enfriamiento continuo adecuado.

El cálculo de la letalidad global del proceso arrojó resultados satisfactorios al comparar los datos obtenidos sobre el tiempo de procesamiento con el método numérico iterativo; puesto que como se puede observar en el cuadro 27, el valor de  $F_0$  en el que se alcanza la letalidad mínima para el proceso equivale a 25.57 minutos y el tiempo de procesamiento calculado por el método numérico iterativo

fue de 25.63 minutos. Caso contrario ocurrió con el método numérico analítico el cual arrojó un resultado para el tiempo de procesamiento de 23.2 minutos, aunque se debe tener en cuenta que este valor se calculó con un z de 10°C.

**Cuadro 27.** Integración del área de la curva (proceso de letalidad) por el método de Patashnik

Tiempo	Temperatura del alimento (°C)	Letalidad	Total del ciclo	Letalidad Fo (min)
0	66	9,7928E-06	3,09030E-06	
2	72,3	3,6613E-05	3,97034E-05	4,2794E-05
4	85,7	0,00060509	6,44791E-04	0,00068449
6	101,2	0,01552062	1,61654E-02	0,0168102
8	110,1	0,10000000	1,16165E-01	0,13233082
10	112,8	0,17597645	2,92142E-01	0,40830727
12	115,3	0,29698005	5,89122E-01	0,88126377
14	116,1	0,35111917	9,40241E-01	1,52936299
16	116,6	0,38986037	1,33010E+00	2,27034253
18	116,6	0,38986037	1,71996E+00	3,05006327
20	116,6	0,38986037	2,10982E+00	3,82978401
22	116,6	0,38986037	2,49968E+00	4,60950475
24	116,6	0,38986037	2,88954E+00	5,38922549
26	116,6	0,38986037	3,27940E+00	6,16894623

Por último para permitir estandarizar el proceso adecuadamente en el equipo se tuvo en cuenta el cálculo de la PNSU, el cual teniendo en cuenta que se trabajó con un  $F_0$  de 6, permite afirmar que la probabilidad de deterioro alcanzada con el proceso es más que satisfactoria (Cuadro 23.). Estos resultados se validaron haciendo la prueba de esterilidad comercial a una lata y el recuento de esporas de anaerobios a dos latas, dando como resultado una prueba de esterilidad satisfactoria y el recuento de esporas de anaerobios igual a cero.

## 7. CONCLUSIONES

Si bien las variedades de arveja OBONUCO SAN ISIDRO y OBONUCO ANDINA presentaron respuestas bastantes diferentes en el escaldado, la respuesta óptima para ambas variedades fue óptima en un margen de tiempo y temperatura bastante cercano.

Las variedades de arveja OBONUCO SAN ISIDRO y OBONUCO ANDINA presentaron excelentes características para el procesamiento térmico, muy superiores a la arveja que se utiliza comercialmente (Sindamanoy), en especial con relación a características como tamaño y color. Estos resultados se pueden ver claramente en los cuadros 14 y 15, en las que en líneas generales se pueden ver que el tamaño, peso y color de las variedades nativas presentaron características mucho más favorables que las arvejas comerciales.

No fue posible determinar los parámetros característicos de penetración de calor durante las pruebas preliminares debido a que el mecanismo de generación de vapor dentro de las autoclaves disponibles en la universidad se realiza a través de resistencias eléctricas, lo cual hace que el autoclave tarde demasiado en alcanzar la temperatura de operación por lo cual no fue posible sacar la pendiente para hacer el cálculo de valores como  $j_h$  y  $f_h$ .

La variedad OBONUCO ANDINA presentó mejores características de estabilidad a los diferentes tratamientos térmicos cuando la variable evaluada fue la concentración de clorofila (color) con relación a la variedad OBONUCO SAN ISIDRO; además esta variedad presentó mejor comportamiento al almacenamiento en cuanto a pérdida de agua y mantenimiento del color. Cabe resaltar que ambas variedades presentaron un comportamiento superior en este ítem en relación con los productos comerciales (Cuadro16.).

La concentración de almidón en el material vegetal está directamente relacionada con la turbidez y densidad del líquido de gobierno al final del proceso; siendo para nuestro caso OBONUCO SAN ISIDRO la variedad de arveja que presenta mejor respuesta ante este factor (Cuadros 17 y 18.). El aumento de la turbidez debido al tratamiento térmico se debe a la ruptura de la arveja, lo que facilita la lixiviación del contenido celular en el medio.

Los valores de turbidez de la arveja comercial (Zenú) fueron notablemente más bajos (Cuadro 17.), aunque se debe tener en cuenta que a nivel comercial se utilizan autoclaves rotatorios o estacionarios con mejores controles y servicios para el procesamiento que facilitan el calentamiento del producto, reduciendo el tiempo de procesamiento lo que mejora las características del producto procesado.

La mayor absorción de agua durante el tratamiento térmico en lata la presenta la variedad OBONUCO ANDINA, esto repercute en un mayor tamaño y peso del producto procesado en comparación con OBONUCO SAN ISIDRO, aunque este mismo aspecto repercutió en mayor turbidez de la salmuera en OBONUCO ANDINA. Se debe resaltar que ambas variedades presentaron mayor tamaño y peso que las variedades procesadas de arveja comercial. Estos resultados se muestran en los Cuadros 20. y 21.

Un tratamiento con valor de  $F_0$  igual a 6, es suficiente para garantizar la esterilidad comercial de los productos enlatados con cualquiera de las dos variedades.

Los tiempos de enfriamiento para ambas variedades fueron prácticamente los mismos, de 1.5 a 2.0 minutos para reducir la temperatura del alimento por debajo de 60 °C utilizando 2 dm<sup>3</sup> de agua a temperatura ambiente (16.5 °C) por envase.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos y de acuerdo a los análisis realizados se puede concluir que en líneas generales la ponderación de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO favorece a la primera, de acuerdo a los parámetros evaluados (Cuadros 15.-20.).

De las pruebas realizadas en el calderín de la unidad de extracción de la planta piloto con la variedad OBONUCO ANDINA, la cual fue seleccionada por tener las mejores características para el procesamiento, se puede destacar el análisis de los elementos enlaces, los cuales se muestran en el Cuadro 18. De esta se puede concluir que el porcentaje de humedad para la arveja procesada se muestra muy semejante al porcentaje de humedad de la arveja comercial (Zenu) Cuadro 19, lo que puede ser indicio de formulaciones semejantes del líquido de gobierno; con relación al pH el valor fue bastante aproximado al del producto comercial y también queda evidenciado que el alimento es un producto de baja acidez. Es notorio también el efecto de la migración de sustancias al líquido de gobierno, hecho que se hace bastante evidente al observar la variación en el pH del líquido de gobierno antes y después de procesado (de 7.84 a 6.05).

En relación con el último ítem mencionado se debe resaltar que la variación en este factor puede ser debida en gran parte a la lixiviación del almidón al líquido de gobierno, ya que al comparar los valores del contenido de almidón antes y después de procesada, se observa un descenso de aproximadamente de 7.3%, lo que indica una migración de más del 50% del almidón presente en la arveja hacia el líquido de gobierno.

El contenido de vitamina C no se vio excesivamente afectado durante el procesamiento ya que al comparar la concentración antes y después del procesamiento se observa un descenso de apenas 1.9 mg/100 g de material húmedo, pérdida que se puede considerar más que aceptable.

A parte de la evaluación de las propiedades del producto procesado en el calderín de la unidad de extracción, el funcionamiento del equipo no fue el esperado debido principalmente a que no alcanzó las temperaturas de procesamiento recomendadas cuando se dispuso su operación con la capacidad máxima y media.

Al margen de esto el riesgo de adecuar el equipo para este tipo de proceso es demasiado si se tiene en cuenta que las válvulas de seguridad del equipo tiene un límite de presión de 22 PSig y para alcanzar temperaturas de procesamiento adecuadas se necesitan presiones de 20 PSig y a esto se debe añadir que solo se puede trabajar el equipo con una capacidad mínima. Además el equipo no dispone de sistemas de control para regular la temperatura de proceso ni para un adecuado ciclo de enfriamiento y despresurización.

Con los datos obtenidos para el procesamiento de las variedades de arveja OBONUCO ANDINA y OBONUCO SAN ISIDRO se diseñó un proceso de producción estándar para la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, el cual se muestra en el Anexo E página 133.

## 8. RECOMENDACIONES

Para el procesamiento de las arvejas es recomendable un máximo de una semana desde la cosecha del material para su procesamiento puesto que la pérdida de peso en agua y la degradación de la clorofila del producto pueden hacer prohibitivo el proceso a escala comercial

Para obtener datos de absorbancia más precisos para la cuantificación de clorofila se debe disponer de un espectrofotómetro con mayor precisión en la longitud de onda (mayor o igual a 0.1 nm).

Debe de profundizarse en la optimización del proceso térmico tomando como variable de respuesta aspectos reológicos de las arvejas para mejorar la textura del producto y minimizar el efecto de turbidez en el líquido de gobierno, garantizando la esterilidad comercial del producto.

Deben también trabajarse en proyectos sobre evaluación organoléptica para optimizar la formulación de la salmuera utilizada para el procesamiento.

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos no es recomendable el uso del calderín de la unidad de extracción de la planta piloto para procesos de esterilización de productos envasado herméticamente, por lo que se recomienda trabajar en un proyecto sobre diseño y construcción de un autoclave para la esterilización de productos enlatados. Un diseño se propone en el Anexo F página 136.

Se debe hacer énfasis en procesos para el enlatado o envasado de hortalizas y frutas que permitan perfilar una línea de investigación con proyección a escala industrial.

## 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](http://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.

REES, J. A. G. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994. 287 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 ecuaciones<sup>88</sup>.

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

Ct = mg Ct/ml

8.5 y 20.2 = Constantes de extinción

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

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

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

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

### **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, adiciónale 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.
- 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.

---

<sup>88</sup> PORRA, Op. cit., p. 149-156.

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

Fuente: Tomado de Porra (2002)<sup>89</sup>

<sup>89</sup> Ibid., p. 149. : il.

## ANEXO B. 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>	<u>References</u>
			(D)	(k)	Z(T)	(E)			
			(min)	(1/min)	(C)	(kJ/mole)	(C)		
<b>Thermal</b>	<b>Vegetative Cells</b>								
	<i>Clostridium botulinum</i> 62A	Vegetable products	0.61 - 2.48	0.929 - 3.775	7.5 - 11.6		110		ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> 62A	Phosphate buffer	0.88 - 1.9	1.212 - 2.617	7.6 - 10		110	pH = 7.0	ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> 62A	Distilled water	1.79	1.287	8.5		110		ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> B	Phosphate buffer	1.19 - 2.0	1.152 - 1.935	7.7 - 11.3		110	pH = 7.0	ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> B	Vegetable products	0.49 - 12.42	0.185 - 4.7	7.4 - 10.8		110		ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> E	Seafood	6.8 - 13	0.177 - 0.339	9.78		74		ICMSF(1996)
	<i>C. botulinum</i> E	Oyster homogenate	72 - 100	0.023 - 0.32	6.8 - 7.5		70		ICMSF(1996)

Fuente: U.S. Food and Drug Administration (2000)<sup>90</sup>

<sup>90</sup> FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Overarching principles: kinetics and pathogens of concern for all technologies., Op. cit., p. 21-23.

## **ANEXO C. 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 espora, 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 <sup>-1</sup>	Dilución 10 <sup>-2</sup>	Dilución 10 <sup>-3</sup>	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 especial<sup>91</sup>.

\* 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.

<sup>91</sup> UNIVALLE Departamento de microbiología. Manual de bacteriología especial. Cali: s.n., s.f., p. 31.

## **ANEXO D. PROTOCOLO PARA ESTERILIDAD COMERCIAL DE ALIMENTOS ENLATADOS**

### **OBJETIVO**

Esta norma<sup>92</sup> 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.

---

<sup>92</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Microbiología: Método para evaluar la esterilidad comercial en alimentos, Op. cit., 7 p.

## INSPECCION EXTERNA Y EVALUACIÓN DE LOS ENVASES

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. Para abrir latas que contengan productos sólidos se debe utilizar un abrelatas estéril, cortando asépticamente en torno al cuerpo de la lata. Para materiales laminados, después de desinfectarlos y secarlos se cortan asépticamente.

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.

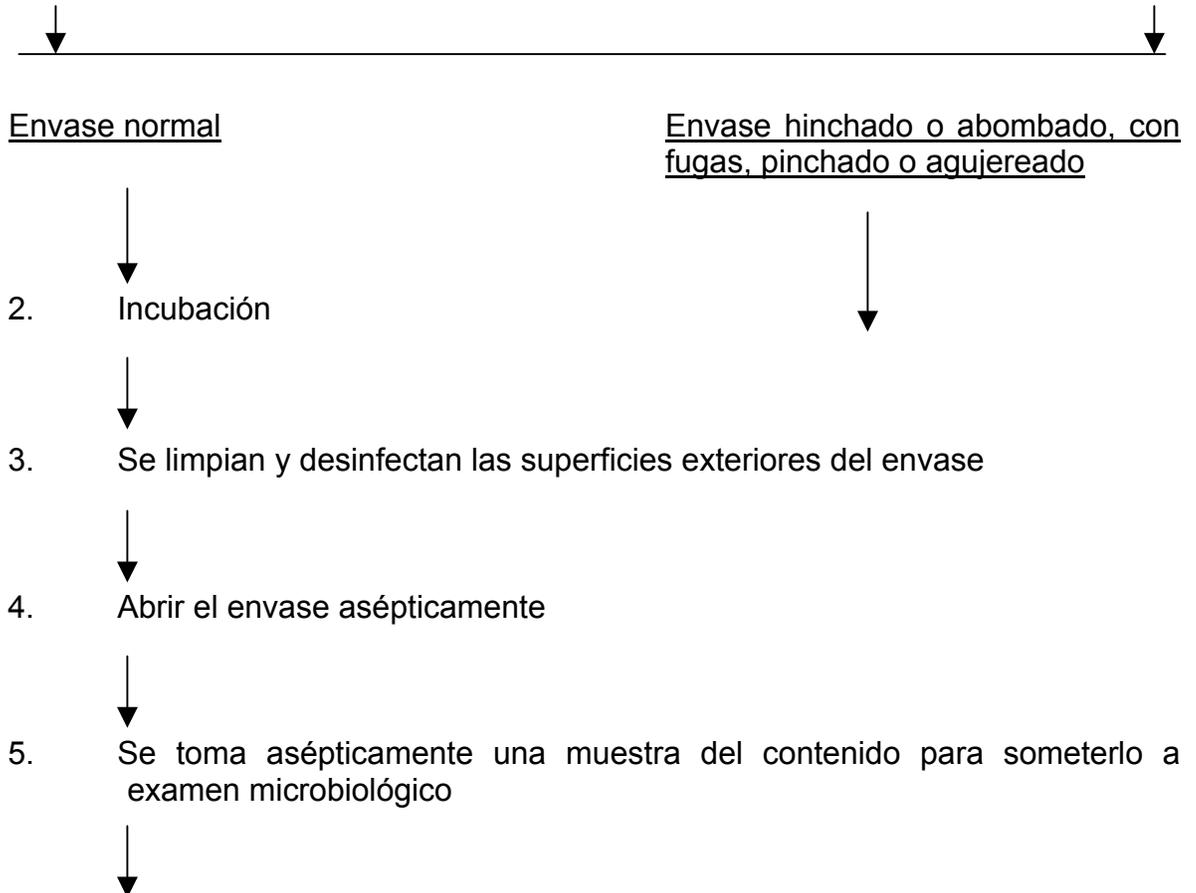
## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

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”

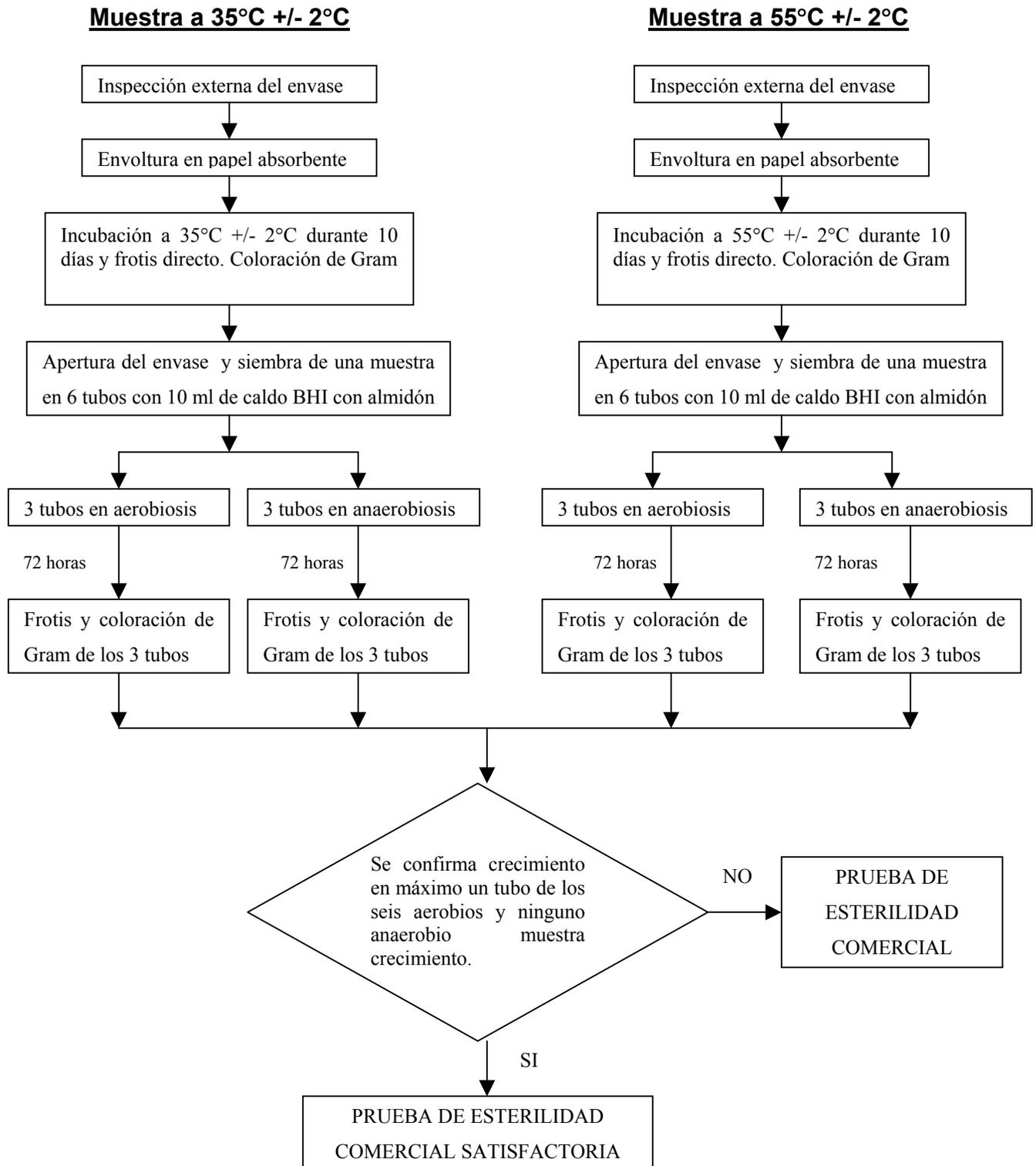
## DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS ETAPAS DE LA EVALUACIÓN DE LA ESTERILIDAD COMERCIAL

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.



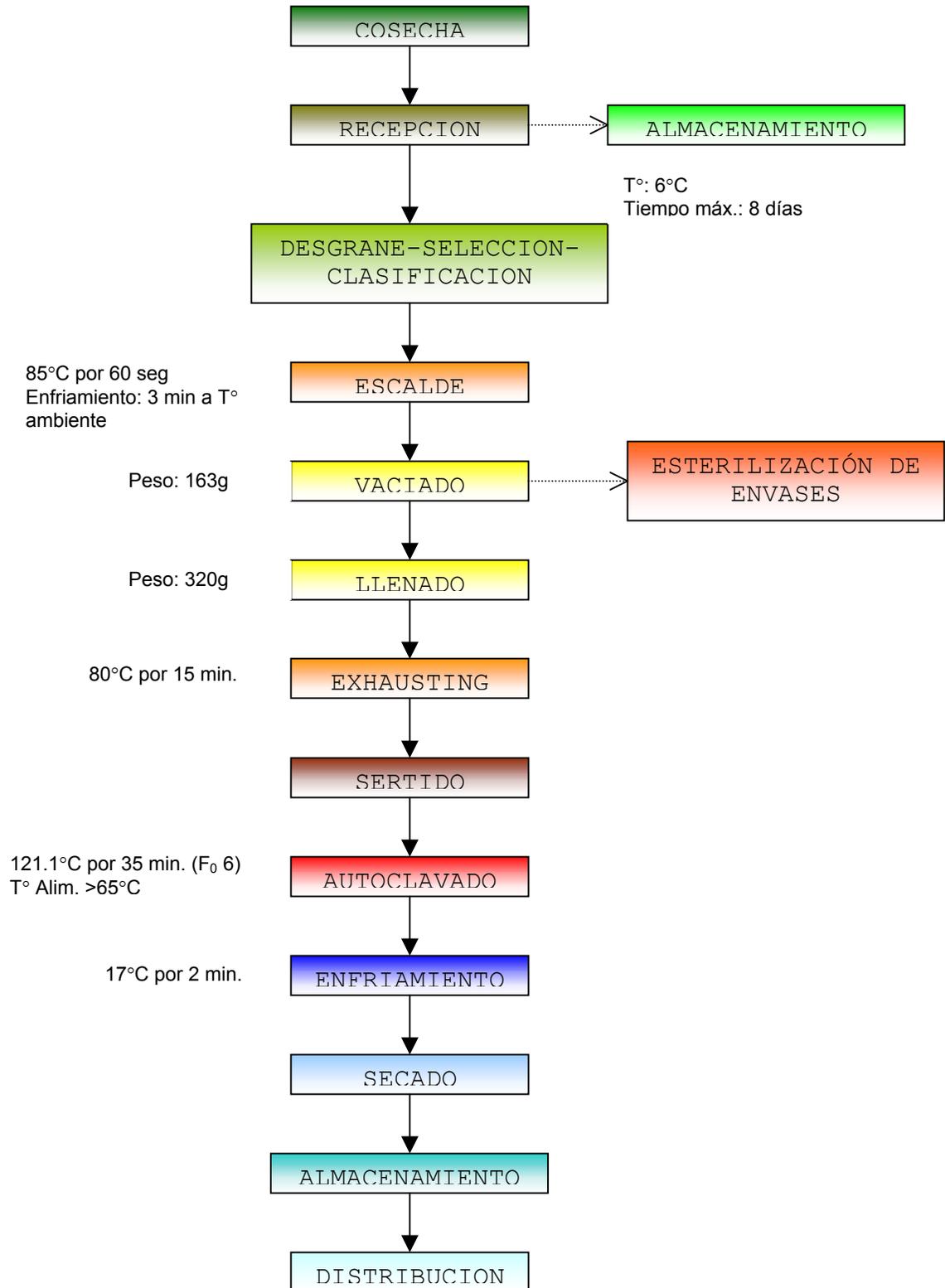
6. Se prepara el frotis y se examina directamente al microscopio  
↓
7. Análisis microbiológico (ver diagrama de flujo para análisis microbiológico)  
↓
8. Se mide el pH del contenido  
↓
9. Evaluación sensorial del contenido: olor, color, textura, y aspecto para lo cual se puede utilizar una unidad 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

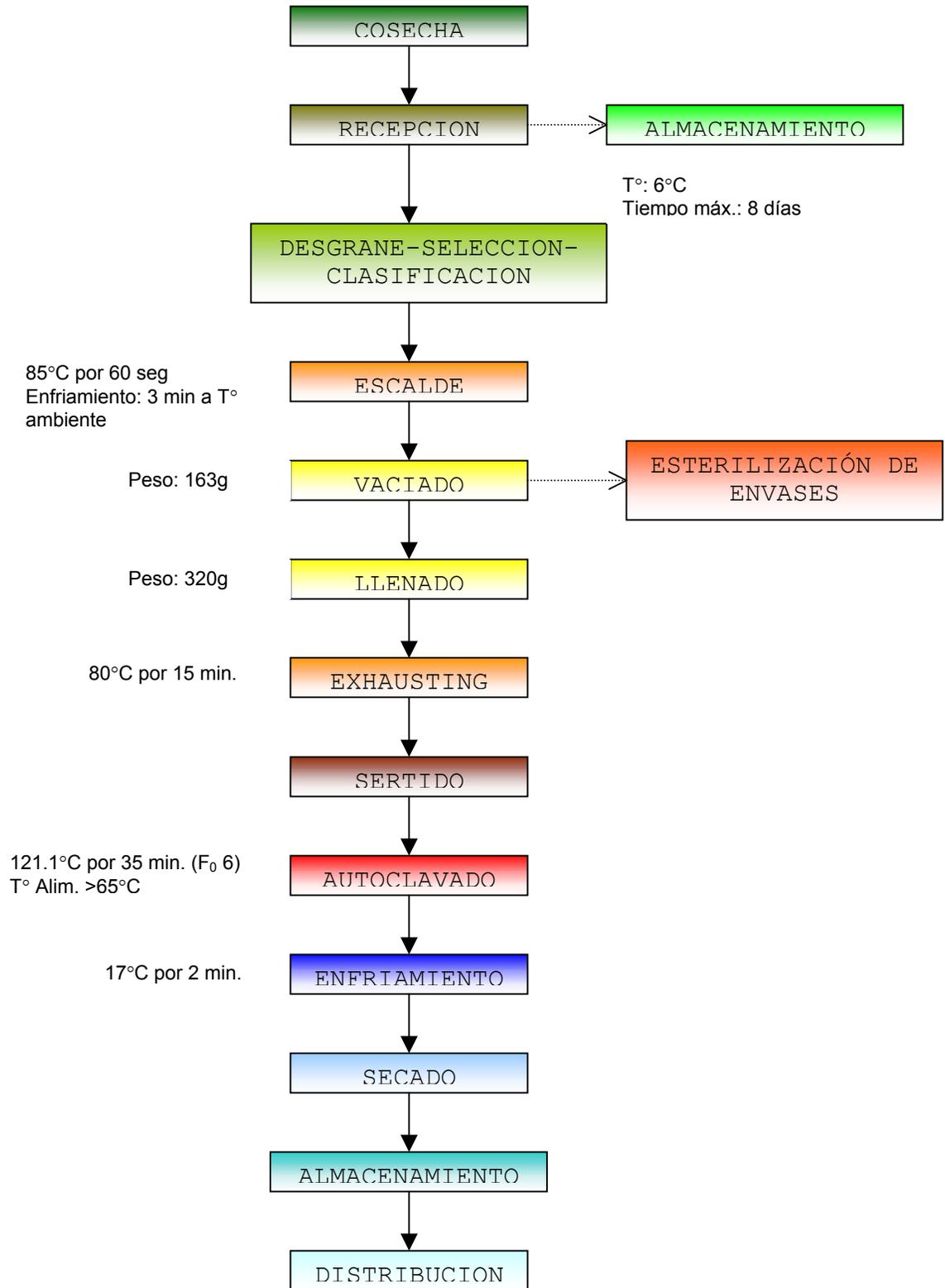


## ANEXO E. DIAGRAMAS DE FLUJO SUGERIDOS PARA EL PROCESAMIENTO DE ARVEJA ENLATADA

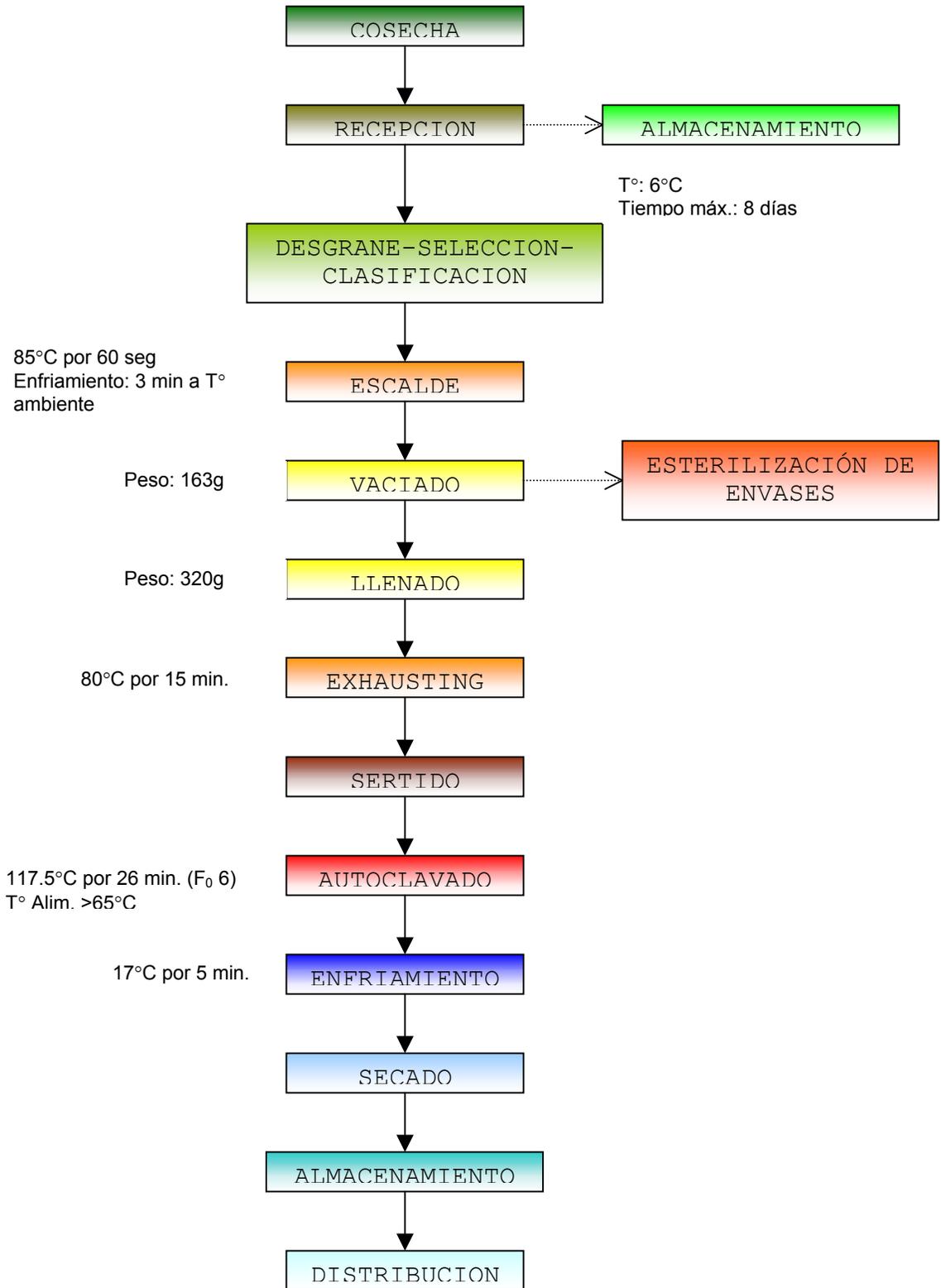
Variedad OBONUCO SAN ISIDRO procesada en autoclave



## Variedad OBONUCO ANDINA procesada en autoclave



## Variedad OBONUCO ANDINA procesada en unidad de extracción



## **ANEXO F. Diseño sugerido de un autoclave para la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial**

En términos generales los alimentos enlatados deben esterilizarse en recipientes a presión. Estos procesos generalmente utilizan vapor de agua como medio calefactor y deben ser diseñados de forma que se minimice el choque térmico y se limite la deformación del envase por la presión.

Los autoclaves más utilizados a nivel industrial pueden ser tipo discontinuo o continuo, los cuales pueden ser estáticos o agitados. Está claramente aceptado que los autoclaves agitados presentan mejores coeficientes de transferencia de calor (en especial los de rotación axial), aunque los autoclaves discontinuos sin agitación siguen siendo muy utilizados a pesar de sus claras desventajas.

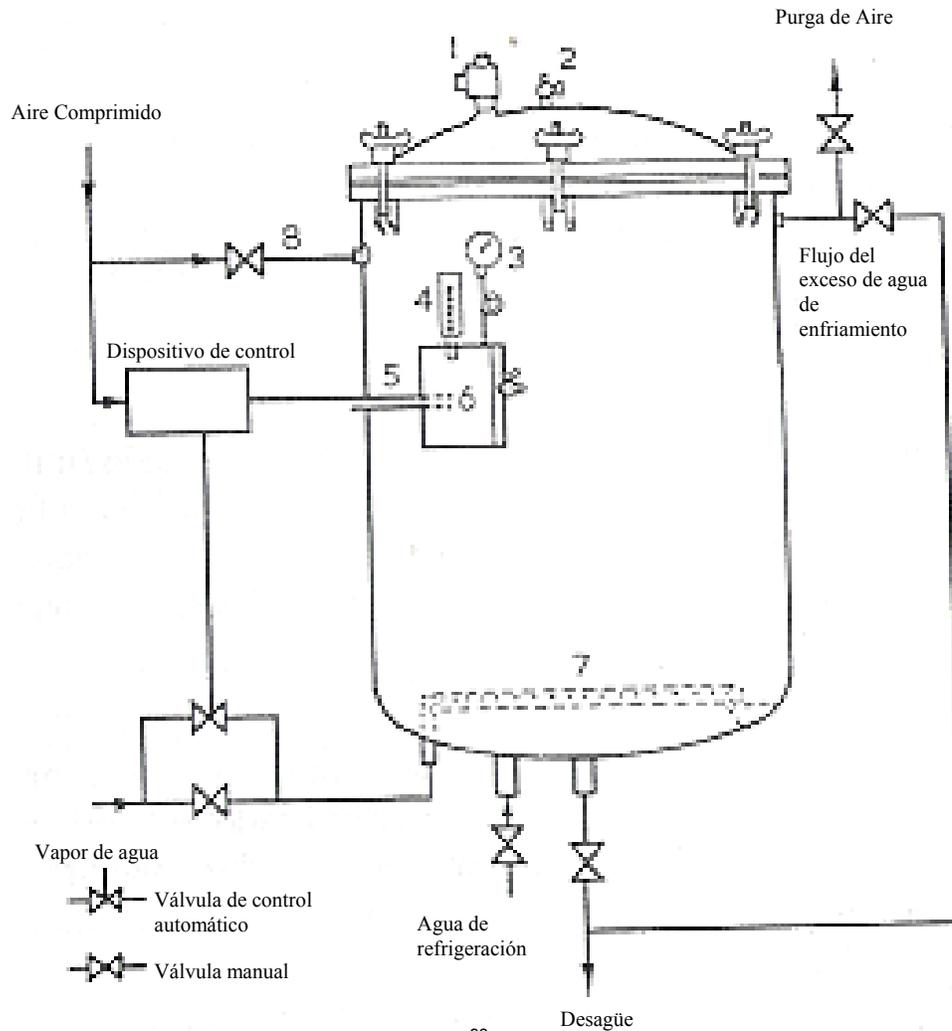
Las ventajas de los autoclaves estacionarios sin agitación es su flexibilidad para albergar envases de tamaño y características diferentes y también que se pueden emplear en distintos tipos de procesos. Dentro de este tipo de autoclaves existen dos diseños estándar: los de tipo vertical (de carga por el extremo superior) y los de tipo horizontal (de carga lateral), la diferencia principal entre estos dos tipos de diseño es que los de tipo vertical requieren menos espacio para su montaje y los de tipo horizontal son más fáciles de cargar y descargar.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, teniendo en cuenta las características y necesidades de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la universidad, se considera que el diseño más adecuado sería el de un autoclave discontinuo vertical con enfriamiento bajo presión de aire. A continuación se describe brevemente las características de operación de este diseño y se muestra un diagrama general de su estructura.

### ***DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO***

El autoclave debe contar con un sistema de generación de vapor (caldera), las latas se cargan por la parte superior de la retorta mediante una disposición adecuada en jaulas o cestos metálicos. Debido a que se necesita una adecuada salida de aire y una buena distribución de vapor debe prestarse gran atención al tamaño de la tubería de vapor, al diseño y ubicación de las entradas del vapor y agua de enfriamiento y a la disponibilidad de purgadores para eliminar el aire. La retorta debe llevar sensores de temperatura (se recomienda el uso de sensores RTD PT 100 de 3 hilos) para el vapor, manómetros para medir la presión en el interior del equipo y debe tener un dispositivo que permita sacar sondas o cables del interior para así permitir el diseño apropiado de procesos térmicos. Asimismo se recomienda que el equipo cuente con un sistema para la inyección de aire comprimido en especial para minimizar los efectos de expansión y tensión en las latas durante el periodo de enfriamiento (enfriamiento a presión), esto también facilita el tratamiento de productos en recipientes de vidrio. Un esquema general del equipo se muestra a continuación.

## AUTOCLAVE DISCONTINUO VERTICAL SIN AGITACIÓN PARA EL ENFRIAMIENTO BAJO PRESIÓN DE AIRE



Fuente: Tomado de BRENNAN (1999)<sup>93</sup>

1. Válvula de seguridad
2. Válvula de escape para purga de vapor de agua durante el procesado
3. Manómetro
4. Termómetro
5. Elemento sensor del dispositivo de control
6. Caja de los indicadores de temperatura
7. Distribuidor del vapor de agua
8. Entrada de aire a presión para la refrigeración.

<sup>93</sup> BRENNAN, Op. cit., p. 327. : il.

# ANEXO G. NORMA DEL CODEX PARA LOS GUISANTES (ARVEJAS) VERDES EN CONSERVA CODEX STAN 58-1981

## NORMA DEL CODEX PARA LOS GUISANTES (ARVEJAS ) VERDES EN CONSERVA<sup>1</sup> 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.

<sup>1</sup> 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:

<b>Defectos</b>	<b>Límites máximos (basados en el peso de los guisantes (arvejas) escurridos)</b>
a) <b>Macas</b> - guisantes (arvejas) con manchas ligeras)	5% m/m
b) <b>Macas graves</b> - 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) <b>Fragmentos</b> - 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) <b>Amarillos</b> - todo el guisante (arveja) es marcadamente amarillo, sin ser el llamado guisante (arveja) "rubio", que es de color muy pálido	2% m/m
e) <b>Materias vegetales extrañas</b> - 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

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

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

<sup>3</sup> 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. **MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO**

Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius.