



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE EL
ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE
SOYA REFINADO COMERCIAL EN LA ETAPA
DE ALMACENAMIENTO”**

Solanhs Pinto Calcina

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesora: Dra. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca



Juliaca, 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE EL
ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE
SOYA REFINADO COMERCIAL EN LA ETAPA
DE ALMACENAMIENTO”**

Solanhs Pinto Calcina

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesora: Dra. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca



Juliaca, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE EL
ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SOYA
REFINADO COMERCIAL EN LA ETAPA DE
ALMACENAMIENTO”**

Solanhs Pinto Calcina

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Asesora: Dra. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

Juliaca, 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Pinto S. (2022). *Efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento, 2022.* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

AUTOR: Solanhs Pinto Calcina

TÍTULO: EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE EL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SOYA REFINADO COMERCIAL EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2022

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (133 pp)

NOTA: Tesis Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias — Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 03-000015-03/P59

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dra. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

PALABRAS CLAVE:

Aceite de soya, iluminación, método Rancimat, temperatura.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE EL
ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SOYA
REFINADO COMERCIAL EN LA ETAPA DE
ALMACENAMIENTO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Presentada por:

Solanhs Pinto Calcina

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. TANIA JAKELINE CHOQUE RIVERA

PRESIDENTE DE JURADO



Dr. RUBEN WILFREDO JILAPA HUMPIRI

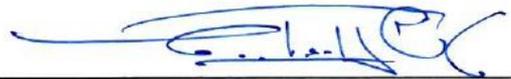
JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

Mg. CARLOS RICARDO HANCO CERVANTES

JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



Dra. Sc. OLIVIA MAGALY LUQUE VILCA

ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Por los múltiples retos de la vida, tome este recorrido por sincera “conmemoración” a todas estas personas:

A mi madre, Nancy Calcina Chipana, que se propuso recorrer este camino junto a mí, que nunca me dejó desfallecer dándome hasta lo que no tenía para poder culminar este objetivo tan importante para mi formación académica.

A mi padre, Lucio Alfredo Pinto Gómez, que a pesar de la distancia y las diversas cosas de la vida, siempre mantengo su cariño, comprensión y buen humor cerca de mí.

A mis queridos hermanitos, Yessenia y Brayán, por su cariño, apoyo y comprensión.

A mis amigos, tíos, tías, compañeros de trabajo y jefes, que confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional.

Finalmente, a mi mamá Modesta a la que más adoro en el mundo (*de grande quiero ser igualita a ti*) y a mi papa Nicolás quien fue el mejor abuelo y la mejor persona que el mundo tuvo el honor de conocer.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional de Juliaca por la formación académica, que me brindó todo el conocimiento adquirido en estos años.

Brindo un especial agradecimiento a mi asesora, la Dra. Sc. Olivia Magaly Luque Vilca por todo el tiempo y dedicación quien, con su conocimiento, experiencia y motivación hizo posible la ejecución de la presente tesis.

Resalto un especial agradecimiento al M.Sc. Lenin Quille Quille, al Dr. Russel Allidren Lozada Vilca y al Lic. Ernesto Achahui Ugarte por toda la dedicación, aporte y confianza que tuvieron al apoyarme durante toda la ejecución del trabajo de investigación.

A mis jurados, la Mg. Tania Jakeline Choque Rivera, el Dr. Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri y el Mg. Carlos Ricardo Hanco Cervantes por sus observaciones y recomendaciones que hicieron una mejor ejecución y excelente desarrollo de esta tesis.

A mi familia y personas que me ayudaron para la culminación de este proyecto de investigación.

A la empresa Rio Grande Distribuciones S.A.C., por haberme brindado la información necesaria y complementar mi formación profesional para realizar un mejor desarrollo y culminación de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1. Problema General.....	4
1.1.2. Problemas Específicos	4
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. MARCO TEÓRICO	9
2.1.1. Soya	9
2.1.3. Propiedades del aceite de soya.....	11
2.1.4. Factores externos de susceptibilidad	13
2.1.5. Oxidación.....	14
2.1.6. Rancidez	15
2.1.7. Almacenamiento	16
2.1.8. Autooxidación.....	16
2.1.9. Oxidación de lípidos.....	17
2.1.10. Mecanismos de autooxidación	17
2.1.11. Lipólisis	18
2.1.12. Factores que favorecen la oxidación del aceite.....	19
2.1.13. Estabilidad oxidativa	19

2.1.14. Métodos de medición de estabilidad oxidativa	20
2.1.15. Índice de estabilidad oxidativa (OSI)	21
2.1.16. Método Rancimat	22

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	23
3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	23
3.3.1. Diseño muestral.....	24
3.3.2. Procedimiento metodológico general	24
3.4. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.4.1. Variable independiente	26
3.4.2. Variable dependiente	26
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	26
3.5.1. Población	26
3.5.2. Muestreo y muestra	26
3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS	27
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	27
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	27
3.6.3. Materiales	27
3.7. SELECCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE DE SOYA REFINADO	28
3.7.1. Recepción de materia prima	28
3.7.2. Selección de muestras.....	29
3.7.3. Acondicionamiento	29
3.7.4. Análisis fisicoquímicos del aceite de soya refinado.....	44
3.8. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	48
3.9. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	48

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE SOYA COMERCIAL EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO.	49
4.2. MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA (OSI) DEL ACEITE DE SOYA COMERCIAL REFINADO CON MEJORES CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.....	52

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	59
5.2. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Parámetros de genuinidad del aceite de soya</i>	12
Tabla 2: <i>Matriz de diseño guía de análisis</i>	24
Tabla 3: <i>Componentes para la caja control según el tratamiento</i>	34
Tabla 4: <i>Determinación del calor específico por tratamiento</i>	37
Tabla 5: <i>Índice de acidez y peróxidos del aceite de soya refinado</i>	49
Tabla 6: <i>Tratamientos de aceite de soya con mejores características fisicoquímicas</i>	52
Tabla 7: <i>Tiempo de inducción y de estabilidad a distintas condiciones</i>	53
Tabla 8: <i>Comparación de las características fisicoquímicas y el Índice de Estabilidad Oxidativa con la muestra testigo.</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Importación de aceite de soya en bruto 2021.	10
<i>Figura 2:</i> Procedimiento metodológico de la investigación.	25
<i>Figura 3:</i> Botella de 1 litro.....	29
<i>Figura 4:</i> Dimensiones de la caja control.....	30
<i>Figura 5:</i> Diseño de la caja control.....	31
<i>Figura 6:</i> Diseño de la caja control para el modelamiento.	32
<i>Figura 7:</i> Modelamiento de la caja control.....	33
<i>Figura 8:</i> Energía requerida en el proceso.....	35
<i>Figura 9:</i> Pared de la caja de control.	39
<i>Figura 10:</i> Caja de control.	41
<i>Figura 11:</i> Diseño final, vista frontal, posterior e isométrica.	41
<i>Figura 12:</i> Diseño final de la caja de control, vista superior.	41
<i>Figura 13:</i> Tablero registrador de datos de temperatura e iluminación.	42
<i>Figura 14:</i> Selección de sensores (BH1750, NTC).....	43
<i>Figura 15:</i> Diagrama de flujo del proceso de la caja control.....	43
<i>Figura 16:</i> Diagrama de bloques del controlador PID para la caja control.	44
<i>Figura 17:</i> Representación esquemática del Método Rancimat.....	47
<i>Figura 18:</i> Gráfica de efectos principales para el Índice de Acidez.....	50
<i>Figura 19:</i> Gráfica de efectos principales para el Índice de Peróxidos.....	51
<i>Figura 20:</i> OSI del aceite de soya refinado en T1(15°C, 300LUX)	53
<i>Figura 21:</i> OSI del aceite de soya refinado en T2 (25 °C, 300 LUX).....	53
<i>Figura 22:</i> OSI aceite de soya refinado en T5 (13 °C, 650 LUX)	54
<i>Figura 23:</i> OSI aceite de soya refinado en T7 (20 °C, 155 LUX)	54
<i>Figura 24:</i> OSI del aceite de soya refinado en T11(20 °C, 650 LUX).....	54
<i>Figura 25:</i> Gráfico de comparación OSI del aceite de soya refinado.	56
<i>Figura 26:</i> Gráfico de comparación del Índice de Acidez, Peróxidos y Estabilidad Oxidativa en comparación con la muestra testigo	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Determinación de acidez libre en aceites vegetales.....	64
ANEXO 2. Determinación de índice de peróxidos en aceites.....	65
ANEXO 3. Norma para aceites vegetales especificados CXS 210-1999).....	66
ANEXO 4. Norma técnica peruana de muestreo simple clasificado por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote (NTP-ISO 2859-1:2013).....	67
ANEXO 5. Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 - GRANOS	68
ANEXO 6. Certificado de calidad del aceite lote N°171 - GRANOS.....	70
ANEXO 7. Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C., en la etapa de recepción.....	71
ANEXO 8. Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C., en la etapa de envasado.	72
ANEXO 9. Caja hermética de control de iluminación y temperatura	73
ANEXO 10. Muestras de aceite de soya refinado comercial lote N°171	74
ANEXO 11. Muestras de aceite de soya refinado comercial dentro de las cajas hermética de control de temperatura e iluminación.....	75
ANEXO 12. Materiales, insumos y evaluaciones fisicoquímicas de aceite.....	75
ANEXO 13. Materiales, insumos para la determinación de OSI	77
ANEXO 14. Preparación de las muestras para la determinación de OSI	79
ANEXO 15. Manejo del equipo rancimat para la determinación de OSI.....	79
ANEXO 16. Resultados de la evaluación del índice de acidez	81
ANEXO 17. Resultados de la evaluación del índice de peróxidos.....	82
ANEXO 18. Resultados de la evaluación del OSI de todos los tratamientos	83
ANEXO 19. Conservación de energía	107
ANEXO 20. Datos experimentales	110
ANEXO 21. Índice de acidez del aceite de soya refinado a distintas condiciones de temperatura e iluminación.....	119
ANEXO 22. Índice de peróxidos del aceite de soya refinado a distintas condiciones de temperatura e iluminación.....	120

RESUMEN

La presente investigación abarca la evaluación del efecto de la temperatura e iluminación del aceite de soya refinado comercial por medio de la evaluación del índice de estabilidad oxidativa, tomando como referencia que este tipo de aceite es destinado para el consumo humano, y debe cumplir con los estándares de calidad para evitar la ingesta de aldehídos o peróxidos que resultan nocivos para la salud humana. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento. Para analizar el efecto de la temperatura e iluminación sobre las características fisicoquímicas y el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya comercial en la etapa de almacenamiento, se trabajó con un total de 11 tratamientos conducidos bajo el diseño central compuesto; determinando el comportamiento del índice de acidez e índice de peróxidos en el aceite de soya de manera inter diaria por 30 días consecutivos, donde se desarrolló un control PID en función a la temperatura e iluminación. Resultando que los valores del tratamiento 1 (TI) con un índice de peróxidos de 3,740 mEq O₂/ Kg de aceite, de acidez de 0,071 mg de KOH/g identificándolo como el tratamiento con mejores características después de 30 días de evaluación y con OSI de 7,07 h, donde el efecto más significativo es la iluminación ($p < 0,05$) con respecto a la influencia de la temperatura con un nivel de significancia menor, así también se tuvo una significancia en la interacción de la temperatura y la iluminación. Concluyendo que la iluminación afecta más significativamente sobre las características fisicoquímicas del aceite de soya.

Palabras clave: Aceite de soya, iluminación, método Rancimat, temperatura.

ABSTRACT

The present investigation covers the evaluation of the effect of temperature and lighting of commercial refined soybean oil through the evaluation of the oxidative stability index, taking as a reference that this type of oil is destined for human consumption, and must comply with the quality standards to avoid the intake of aldehydes or peroxides that are harmful to human health. The objective of the present investigation was to evaluate the effect of temperature and lighting on the oxidative stability index of commercial refined soybean oil in the storage stage. Analyze the effect of temperature and lighting on the physicochemical characteristics and the oxidative stability index of commercial soybean oil in the storage stage, a total of 11 treatments conducted under the central composite design were used; determining the behavior of the acidity index and peroxide index in soybean oil on an inter-daily basis for 30 consecutive days, where a PID control was developed based on temperature and lighting. Resulting in the values of treatment 1 (T1) with a peroxide index of 3.740 mEq O₂/Kg of oil, with an acidity of 0.071 mg of KOH/g, identifying it as the treatment with the best characteristics after 30 days of evaluation and with OSI of 7.07 h, where the most significant effect is lighting ($p < 0.05$) with respect to the influence of temperature with a lower level of significance, so there was also a significance in the interaction of temperature and lighting. Concluding that lighting affects more significantly the physicochemical characteristics of soybean oil.

Keywords: Soybean oil, lighting, Rancimat method, temperature.

INTRODUCCIÓN

El consumo de aceite vegetal es indispensable para la preparación de alimentos, ya que comprenden componentes esenciales para nuestra dieta diaria (Brahmi, 2020), el aceite de soya fue uno de los aceites más consumidos en los hogares del mundo durante el 2021(Orús, 2022). Sin embargo, los aceites son inestables porque la rancidez oxidativa es sin duda la principal causa de su deterioro y entre las numerosas razones se encuentra la etapa de almacenamiento (Navas, 2010).

El contenido de ácidos grasos saturados o insaturados de los aceites vegetales, hacen que sufran transformaciones químicas que ocasionan no solo una pérdida de su valor nutricional, sino de sus características organolépticas, donde el efecto de las condiciones de iluminación al que se expone un aceite comercial pueden dar paso al desarrollo de oxidación de lípidos.

Partiendo de esa premisa, el índice de estabilidad oxidativa (OSI), es uno de los indicadores de mayor interés para la industria alimentaria y los productores, puesto que representa un parámetro de calidad importante que permite observar las características fisicoquímicas de los aceites vegetales (Lubitza, 2019). De hecho, la evidencia empírica ha demostrado el efecto que tienen las condiciones de almacenamiento sobre el aceite que, por medio de los valores de peróxido y cantidad de iluminación recibida durante el tiempo de almacenamiento, donde la actividad oxidativa disminuyó en un espacio de temperatura ambiente y en total oscuridad por el periodo seleccionado (Makhlouf *et al.* 2020). Sin dejar de lado el efecto de la temperatura a diferentes condiciones de almacenamiento sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite crudo y refinado de palma, donde se demuestra que el aceite mantenido a temperatura de refrigeración presentó mayor calidad que el resto de las muestras. Almeida *et al* (2019) centra su investigación en evaluar el efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento; desarrollándose, por tanto, un diseño central compuesto (DCC) con un total de 11 tratamientos; determinando el comportamiento de las características fisicoquímicas del aceite de soya en función a la temperatura e iluminación. Así mismo, se determinó el índice de estabilidad oxidativa de los tratamientos con mejores características fisicoquímicos según el método Rancimat.

Visto así, el estudio está compuesto por cinco capítulos, estando el primero de ellos relacionado con el “Planteamiento del Problema”, donde se describe la realidad

problemática, se señala la pregunta, investigación y objetivos y se finaliza con la presentación de la justificación del estudio. Seguidamente, en el Capítulo II denominado “Revisión de Literatura o Marco Teórico”, se exponen las bases teóricas, conceptos y fundamentos que enmarcan al estudio, incluyéndose los antecedentes o trabajos previos que han abordado una temática similar.

En el Capítulo III, identificado como “Metodología”, se identifica el ámbito de estudio, el método de investigación, el diseño experimental, las variables, el tratamiento y procedimiento experimental y el tratamiento estadístico de los datos, con base a este marco procedimental se obtuvieron los resultados que se presentan y discuten en el cuarto capítulo. Finalmente, en el Capítulo IV se presentan las conclusiones y recomendaciones alcanzadas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los aceites vegetales están compuestos por ácidos grasos saturados e insaturados, como los ácidos grasos poliinsaturados o ácidos grasos esenciales (ω -3, ω -6 y ω -9), los cuales no son biosintetizados por el cuerpo humano (Chasquibol *et al.*, 2020). Tal es el caso del aceite de soya que, además, se diferencia de otros aceites vegetales comestibles por su alto contenido de ácido linolénico (Ministerio de Agroindustria, 2015). Sin embargo, debido a su naturaleza, este tipo de productos sufren transformaciones químicas denominadas rancidez (estabilidad oxidativa) que no solo reducen su valor nutricional, sino que producen compuestos que le otorgan sabor y olor desagradable, destruyendo sus propiedades organolépticas (Pereira *et al.*, 2009). Por tanto, se vuelve vulnerable a las reacciones de oxidación, las cuales son consideradas como causa principal del deterioro de aceites y grasas comestibles durante etapa de almacenamiento (Calsin, 2016).

En este contexto, se ha mantenido el interés e importancia por este tipo de productos, destacándose a nivel mundial una producción de aceite de soya de 56,53 MT durante octubre 2018 y septiembre 2019, figurando China y Estados Unidos como uno de los principales productores con 15,22 Tm y 10,95 Tm, respectivamente. Mientras que, con respecto a Latinoamérica, Brasil ocupa el tercer lugar con un 16% de producción anual y Argentina se posiciona en el cuarto lugar con 14 % de participación (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019). En tanto, el Perú se ha posicionado como uno de los importadores de aceites vegetales, entre estos, el aceite de soya, siendo medianamente superado por Chile. Esta industria se ha encargado de proveer una alta variedad de aceites que son necesarios para suplir las necesidades alimentarias y nutricionales en cantidades, así como precios accesibles por el consumidor (Agrodata Perú, 2021).

Cómo parte de la cadena alimentaria del aceite de soya, se encuentra la etapa de almacenamiento. En esta etapa el aceite está a temperatura ambiente y se evita el ingreso de aire. Así mismo, se sugiere proteger el producto mediante la inyección de un gas inerte de

pureza apropiada, esto con el fin de evitar reacciones de oxidación por parte del oxígeno (Ministerio de Agroindustria, 2015). Como en todo proceso que obedece una cadena de suministro, en cada etapa de la producción y manejo, se deben mantener condiciones de procesos orientadas en mantener la calidad e inocuidad del producto, como son la temperatura e iluminación.

Visto que el efecto de las condiciones de iluminación al que se expone a un aceite comercial, puede dar lugar al desarrollo de oxidación de lípidos (Lubitza, 2019). Por ello, existen diversos métodos estáticos y dinámicos estandarizados para determinar la estabilidad oxidativa de los aceites; entre ellos, el índice de peróxidos y el índice de estabilidad oxidativa de Rancimat. Este último se realiza bajo condiciones aceleradas de almacenamiento a altas temperaturas y es ampliamente utilizado por su confiabilidad, reproducibilidad, no demanda reactivos y permite el monitoreo automáticamente longitudinalmente (Rodríguez, 2015). Bajo este esquema, la presente investigación se avoca a evaluar el efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa de un aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento.

1.1.1. Problema General

- ¿Cuál es el efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento?
De la cual se desprenden las problemáticas específicas:

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el efecto de la temperatura e iluminación sobre las características fisicoquímicas del aceite de soya refinado en la etapa de almacenamiento?
- ¿Cuál es el índice de estabilidad oxidativa del aceite comercial de soya con mejores características fisicoquímicas?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de la temperatura e iluminación sobre las características fisicoquímicas del aceite de soya comercial en la etapa de almacenamiento.
- Medir el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya comercial refinado con mejores características fisicoquímicas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica desde el punto de vista teórico, dado que servirá de aporte a futuras investigaciones que se enfoquen en métodos para evaluar efectos o influencias de temperaturas e iluminación sobre propiedades oxidativas de aceites vegetales. Se establece como base de referencia la relación de las condiciones de almacenamiento durante la etapa de producción, a fin de mantener su calidad y valor nutricional, evitando grandes pérdidas. De esta manera, se hizo uso de métodos estandarizados como es el OSI de Rancimat, considerado como uno de los más ampliamente utilizados a nivel mundial.

Cabe destacar que existen numerosas investigaciones relacionadas con otros tipos de aceites como el de palma, Sacha inchi (especie de maní), moringa, maíz, oliva, entre otros y, además, evaluados en otras etapas de producción y tratamiento; por el contrario, muy pocas sobre la estabilidad del aceite de soya en etapa de almacenamiento en producción. Por su parte, la alta composición de ácidos grasos poliinsaturados en los aceites vegetales, estos son vulnerables frente a ciertas condiciones como temperaturas, radiación y presencia de oxígeno inadecuado, las cuales generan reacciones de oxidación que degradan las propiedades fisicoquímicas, organolépticas y nutricional del producto; por ello, que surge la aplicación de métodos estandarizados que permitan monitorear y/o evaluar la estabilidad oxidativa del aceite en etapa de almacenamiento (grandes volúmenes).

Además, la investigación adquiere justificación técnica porque se aplicó un procedimiento estructurado y debidamente validado para llevar a cabo los experimentos en un entorno controlado, para encontrar las condiciones adecuadas de almacenamiento del aceite refinado de soya comercial; esto con el fin de mejorar y asegurar la calidad del aceite de soya almacenado en exposición a vitrina, la cual debe cumplir con una serie de especificaciones técnicas, puesto que se trata de un producto destinado para alimentos de consumo humano. De esta manera, sus propiedades deberán ser comparadas con indicadores establecidos para este tipo de productos según códigos y normas pertinentes.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Como referencia para el presente estudio, se muestra una serie de antecedentes de la investigación. Así, a nivel internacional, Makhoulf *et al.* (2020), en su trabajo titulado “Efectos del almacenamiento en la estabilidad oxidativa de los aceites de bellota extraídos de tres diferentes de *Quercus*” se enfocó en estudiar el comportamiento de los componentes y subproductos del aceite extraído de la bellota, la cual ha recibido un interés creciente por sus características nutricionales y fotoquímicas. El objeto principal fue el abordaje de los cambios relacionados con el almacenamiento de tres tipos de aceites de la especie *Quercus* luego de 180 días de su extracción. Para ello, se llevó a cabo un estudio experimental, donde se controlaron los parámetros como la calidad, el contenido fenólico, el índice de estabilidad oxidativa y el tiempo de inducción. Los resultados apuntaron a que el OSI se vio reflejado por medio de los valores de peróxidos y cantidad de iluminación recibida durante el tiempo de almacenamiento, donde la actividad oxidativa disminuyó en un espacio de temperatura ambiente y en total oscuridad por el periodo seleccionado.

Mao *et al.* (2020), en su trabajo titulado “Impacto del ácido linolénico (AL) en la estabilidad oxidativa de los aceites de canola”. Bajo el objeto que perseguían los autores, se evaluaron cuatro tipos de aceites de canola que fueron extraídos por métodos unificados de cultivo y en las mismas condiciones geográficas. Posteriormente, se evaluaron los índices de estabilidad oxidativa por el método de Rancimat. Se obtuvo que el aceite que tenía una dosificación de AL en un 5,9% resultó ser más estable que el resto, seguido del aceite comercial con un 8,4% de AL en un periodo de almacenamiento de 30 días para su vida útil.

De Almeida *et al.* (2019), en su trabajo titulado “Efecto de las diferentes condiciones de almacenamiento sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite crudo y refinado de palma, oleína y estearina”. De acuerdo al objetivo del estudio, se sometieron los tres tipos de aceites bajo tres tipos de condiciones: en la oscuridad a 20-25°C, en un refrigerador a temperatura de 4 - 8 °C y a temperatura ambiente de 26 – 32 °C expuestos a luz natural.

Los factores evaluados fueron los ácidos grasos libres (FFA, %), valor de peróxidos (meq, O₂/Kg), periodo de inducción (h), total de carotenoides (ppm) y medidas de color (CIELab) con el propósito de determinar la OSI en un periodo de 12 meses. Los resultados obtenidos apuntaron a que el aceite mantenido a temperatura de refrigeración presentó mayor calidad que el resto de las muestras.

Nogueira *et al.* (2018), en su trabajo titulado “Oxidación de productos de omega-3 y ácidos grasos de omega 6 durante una simulación de vida útil de aceites comestibles”, tomaron como referencia las recomendaciones nutricionales que sugieren la reducción de los ácidos grasos saturados como una medida para prevenir las enfermedades cardiovasculares, para cuyo propósito se estudiaron los marcadores de estabilidad oxidativa en seis tipos de aceites comestibles ricos en omega-3 y 6. Para ello, se simularon las condiciones de transporte, almacenamiento y pruebas sensoriales; detectándose acroleína, butenol, heptadienal y otras sustancias como posibles componentes tóxicos dentro de los aceites. De acuerdo a los resultados, todos los productos presentaron indicios de oxidación al momento de la prueba sensorial que sobrepasaban los límites recomendados, lo cual recalzó la importancia de llevar a cabo el cálculo de los indicadores de estabilidad oxidativa durante todo el manejo de los aceites comestibles para evitar la ingesta de aldehídos.

Martínez *et al.* (2016), en su investigación sobre el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica del aceite de palma (RBD) y la margarina vegetal, evaluaron las características fisicoquímicas de estos productos almacenados a diferentes condiciones térmicas. Para ello, emplearon aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado, potenciado con ácido cítrico como agente sinérgico y BHT como agente antioxidante; se utilizó así mismo, margarina vegetal compuesta por 50% de aceite de palma, 34% de estearina de palma, 8% de oleína de palma y 8% de aceite de soya. Se identificaron los ácidos grasos en cada una de las muestras por cromatografía de gases, cuantificación de sólidos grasos a través de RMN entre 10 °C – 40 °C y, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas a 4, 25 y 60 °C durante 180 días de almacenamiento. Se obtuvo que el aumento de la temperatura produce efecto incremental en el índice de peróxidos y una disminución del contenido de ácidos grasos. Por su parte, la temperatura de 4 °C fue la que presentó mejores condiciones, manteniendo las propiedades de ambos productos grasos.

Desde el punto de vista nacional se tuvo a Alonso y Chuqui (2019), en su investigación “Efecto de la mezcla de aceite semi refinado de pescado (*Engraulis ringens*) con aceite de oliva (*Olea Europaea*) en su estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas” cuyo objetivo fue conocer como esta mezcla se comporta en el proceso de oxidación. Metodológicamente, fue de tipo aplicada, de diseño experimental y de enfoque cuantitativo. Como resultado, se tuvo que, en relación con la determinación del índice de estabilidad oxidativa, tanto la temperatura como la concentración resultaron tener un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de estabilidad oxidativa (OSI). Las propiedades fisicoquímicas se evaluaron con valores de $0,80 \pm 0,010$, para el índice de acidez, $101,820 \pm 0,760$ para el índice de yodo, $8,850 \pm 0,160$ para el índice de peróxidos y $5,460 \pm 0,240$ para el índice de anisidina para la mejor mezcla (M4), La cromatografía de gases mostró que la mejor mezcla era la muestra 04, que dio los siguientes valores: ácido mirístico 1,28%, ácido palmítico 16,54%, ácido palmitoleico 0,05%, ácido esteárico 3,00%, ácido oleico 45,04%, ácido linoleico 15,91%, ácido linolénico 0,98%, ácido araquidónico 0,46%, EPA 3,49% y DHA 2,61%. La relación omega ω_6/ω_3 es de 2,245.

Calsin (2016), en su investigación de estabilidad oxidativa del aceite de soya en almacenamiento y en fritura con adición de extractos antioxidantes de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) tuvo como objetivo general, evaluar el efecto de extractos antioxidantes provenientes de tres genotipos de Mashua (ARB 5241, DP 0224 y ARV 5366). Los extractos antioxidantes (100 ppm - EM, 300 ppm - EM, 600 ppm-EM, 100 ppm - EaE, 300 ppm- EaE, 600 ppm- EaE) de los tres genotipos de Mashua y 200 ppm- BHT fueron añadidos por separado a diferentes muestras de aceite de soya almacenados durante 15 días. El índice de peróxidos, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales, fueron evaluados a los 0, 7 y 15 días de almacenamiento. Los resultados mostraron que el extracto acetato de etilo (EaE) del genotipo de Mashua ARB 5241 presentó menor porcentaje de compuestos polares, menor formación de dienos y trienos comparados con el extracto metanólico (EM) de Mashua y TBHQ, indicando mayor efecto protector en la estabilidad oxidativa del aceite de soya.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Soya

La soya (*Glycine max*) es una oleaginosa, considerada una especie estratégica a nivel mundial por su composición nutricional, destacando su alto contenido de proteína (38-42%) y aceite (18-22%), por lo que su cultivo es crucial para la industria de aceites vegetales. Cuando se extrae el aceite de los copos y se tritura, se convierte en una torta de soja con un 44% de proteínas (con cáscara) y un 48% que no contiene cáscara (Alonso y Chuqui, 2019).

La soya posee una composición de 21% de aceite, así como una distribución de ácidos grasos poliinsaturados como linolénico, oleico, linoleico y ácidos grasos saturados de 8 %, 24 %, 54% y 13%, respectivamente. Su desventaja radica en el hecho de que el ácido linoleico contenido puede resultar responsable de la reversión en el olor y gusto del mismo, por lo cual, la industria alimentaria contrarresta este efecto por medio de la hidrogenación selectiva y parcial para reducir su concentración y permitir equilibrar su índice de estabilidad oxidativa (Teran, 2019).

Dentro de un entorno de conocimiento generalizado, los lípidos, proteínas y los carbohidratos, principalmente, conforman la cadena de nutrientes que son de vital importancia para el humano dadas sus altas funcionalidades y beneficios nutricionales. Especialmente haciendo mención a los lípidos, los cuales están formados por grasas y aceites, representan un rol fundamental en la alimentación balanceada, por cuanto estos tienen un aporte significativo de ácidos grasos que son esenciales, así como vitaminas liposolubles para las personas (Chasquibol *et al.*, 2020).

2.1.2. Aceite de soya

Aceite derivado de las semillas de soya es uno de los más consumidos, resaltando su característico contenido en ácido linoleico (Fan & Eskin, 2015). AL cual se suma la presencia del mismo aceite en los suplementos alimenticios, puede mejorar la producción de ácidos grasos insaturados (AG) en el organismo de las personas. Este es uno de los productos mayormente consumido a nivel mundial y posee características físicas como su densidad, ligereza y color amarillento, el cual procede de la extracción de la soja con alto potencial de ácidos grasos saturados, teniendo como ventaja un nivel elevado de insaturación y antioxidantes naturales (Alzamora, 2019).

En el caso de Perú tiene gran participación su importación, viéndose como referencia el gráfico de la figura 1.

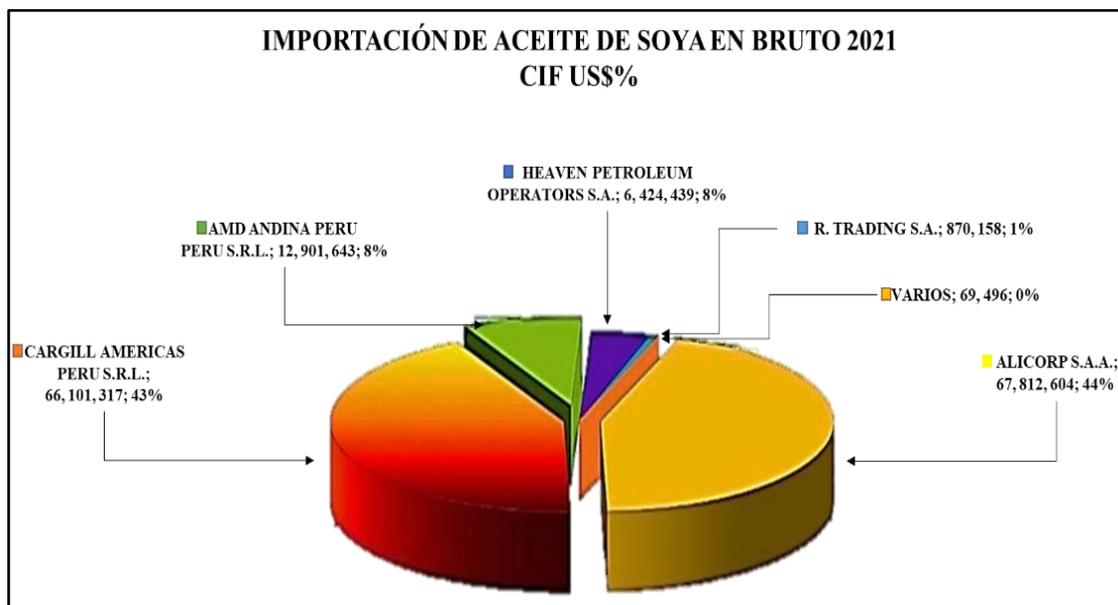


Figura 1: Importación de aceite de soya en bruto 2021.

FUENTE: Agrodatab Perú (2021).

Sin embargo, el alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados se asocia con una alta susceptibilidad a la aparición de reacciones de oxidación que conducen al enranciamiento de los aceites que forman más fácilmente compuestos inestables llamados hidroperóxidos, radicales libres o peróxidos en presencia de la luz. Este aceite contiene grandes cantidades de ácido linoleico (omega 6) y grandes cantidades de ácido linolénico (omega-3); ambos son ácidos grasos esenciales que nuestro cuerpo no puede sintetizar (Alonso y Chuqui, 2019).

Bajo esa concepción, los aceites de tipo vegetal se forman por medio de ácidos grasos saturados e insaturados, del mismo modo aquellos ácidos esenciales y poliinsaturados que el cuerpo normalmente no biosintetiza y por lo cual resulta importante consumirlos a través de alimentos o suplementos. Los más relevantes son aquellos ricos en omega-3, 6 y 9; de modo que habitualmente son los que los especialistas médicos y nutricionales recomiendan a sus pacientes en consulta (Peredo y Duran, 2019).

2.1.3. Propiedades del aceite de soya

a. Composición de ácidos grasos

En estado puro, los aceites y grasas están constituidos particularmente por triacilglicéridos, que representan ácidos grasos con glicerol, por lo cual se encuentran en alta composición (%), y es la característica que diferencia el índice de estabilidad oxidativa, plasticidad, apariencia física, temperatura de fusión, entre otras propiedades, en diferentes tipos de aceites. Así, para el caso del aceite de soya, se tiene una composición porcentual de 10% ácido palmítico, 2% ácido esteárico, 19% ácido oleico, 62% de ácido linoleico y 3% de ácido linolénico (Pereyra *et al.*, 2009).

b. Características fisicoquímicas

Estas se obtienen a través de ensayos fisicoquímicos que permiten determinar índices que indican la cantidad equivalente de un componente, necesaria para reaccionar con ciertos grupos funcionales presentes en una determinada masa de materia grasa (Manrique, 2014). De esta manera, de acuerdo al protocolo de calidad para aceite de soya, establecido por el Ministerio de Agroindustria (2015), las características fisicoquímicas corresponden a los parámetros de genuinidad de densidad relativa, índice de refracción a 25 °C, índice de Yodo (Wijs) e índice de saponificación. Esto coincide con Manrique (2014), quien describe estos índices en la caracterización de aceites y grasas de la siguiente manera:

- Índice de refracción: permite la identificación de grasas y aceites a temperatura constante con la muestra en estado líquido.
- Índice de yodo (II): representa la masa de yodo (atómico) en gramos, que se agrega a las insaturaciones presentes en 100 g de materia grasa. Indica que a mayor II, mayor grado de insaturación de la grasa. Valores típicos de este índice son, ácido oleico 90, ácido linoleico 181 y ácido linolénico.
- Índice de saponificación (IS): definido como miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar 1g de grasa, en cuya reacción intervienen triglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y cualquier otro lípido saponificable. Su análisis indica que a mayor IS, mayor concentración de ácidos grasos de bajo peso molecular.

En la tabla 1, se puede apreciar valores requeridos para los parámetros de genuinidad.

Tabla 1: Parámetros de genuinidad del aceite de soya

Parámetro	Valor
Densidad relativa en base a 25°C	0,9155 a 0,9184 g/ml
Índice de Refracción en base a 25°C	1,4720 a 1,4743
Índice de yodo (Wijs)	122 a 142 g I ₂ /100 ml
Índice de saponificación	189 a 194 mg KOH/g

FUENTE: Ministerio de Agroindustria Argentina (2015).

Por su parte, la calidad viene dada por los siguientes parámetros (Ministerio de Agroindustria Argentina, 2015; Manrique, 2014):

- Acidez libre o Índice de acidez (IA): es indicador de la calidad de un aceite, asociándose tanto con características de la materia prima, como con el proceso, Representa la masa de KOH necesaria para neutralizar la acidez libre en 1 g de grasa, evaluándose esencialmente, los ácidos grasos libres en función de los equivalentes de ácido oleico. Puede ser máximo 0,10g/100g.
- Índice de Peróxidos (IPO): corresponde a una medida del oxígeno (O₂) absorbido por la grasa en forma de -O-O- (peróxido), definida como masa de O₂ activo contenida en 1 Kg de grasa. El valor para aceite de soya es 5 mEq oxígeno activo / Kg máximo.
- Otros parámetros de calidad: son dados por la propiedad de insaponificable (máx. 1%), pérdida por calentamiento (máx. 0,05%), solvente de extracción (no debe contener), jabón como oleato de sodio (máx. 10 mg/ Kg), sustancias insolubles en éter etílico (máx. 500 mg/ Kg) y ácido erúxico (Máx. 5% en relación a los ácidos grasos totales).

Por otro lado, el aceite refinado de soya debe cumplir con ciertos límites de metales pesados, como son el cobre (máx. 0,1 mg/ Kg), Cromo (máx. 0,05 mg/ Kg), hierro (1,5 mg/ Kg), mercurio (máx. 0,05 mg/ Kg) y plomo (máx. 0,1 mg/ Kg).

c. Características sensoriales

Se debe realizar un control de parámetros sensoriales del aceite de soya a fin de cumplir con las características requeridas por los consumidores y, mantener un registro de ello. De esto modo, el Ministerio de Agroindustria Argentina (2015) indica que el aceite refinado debe ser neutro, no debe presentar olores ni sabores diferentes de los característicos; cuyas pruebas se realiza por medio de un panel de cata de evaluadores.

2.1.4. Factores externos de susceptibilidad

a. Temperatura

El aceite es observado durante el almacenamiento donde se promueve la oxidación por la presencia de factores susceptibles como la temperatura y la luz, generando el ranciamiento del producto valorizado en la formación de olores y sabores desagradables (Martínez *et al.*, 2013).

Esto hace mención a la variabilidad entre las magnitudes entre frío y calor, tomando como consideración que un elemento o un ambiente será clasificado como caliente cuando esté presente una temperatura mayor, mientras que el caso contrario se encuentra una temperatura baja relacionada con el frío en el ambiente o elemento de análisis. Asimismo, a nivel microscópico, esto se refiere al promedio de energía que proviene de los movimientos de las partículas individuales por los grados de libertad (Bird *et al.*, 2020).

Bajo esa consideración, se contempla un equilibrio entre dos sistemas si estos, al entrar en contacto térmico, mantienen una temperatura estable con respecto a la medición por medio de un termómetro, el cual puede estudiar el comportamiento de la variabilidad entre dichas magnitudes de frío y calor en grados Celsius, Fahrenheit o Kelvin (Aguilar, 2020).

b. Iluminación

La luz puede iniciar el proceso de degradación oxidativa en los aceites mediante la exposición directa sobre los hidroperóxidos (ROOH), peróxidos (ROOR) y compuestos carbonílicos (RCOR), generando radicales libres como también por oxidación fotosensibilizadas, esta se produce al absorber luz de longitud de onda, en la cual se generan hidroperóxidos (ROOH) a partir de ácidos grasos insaturados. Además, existen dos tipos de foto sensibilizadores, un primer tipo, como la Riboflavina que reacciona un estado triplete excitado, con los ácidos grasos insaturados o sus esteres en presencia de luz para producir una especie intermediaria que reacciona con oxígeno molecular para generar hidroperóxidos más el sensibilizador en estado no excitado. El segundo tipo de foto sensibilizador es la clorofila en estado no excitado, se excita en presencia de luz a un estado singlete excitado, este luego pasa a un estado triplete excitado, el cual en presencia de luz reacciona con oxígeno para generar hidroperóxidos en el aceite (Wilman *et al.*, 2004).

La iluminación, logra tener un efecto contra la composición de los aceites entre estos esta la pérdida o modificación de compuestos químicos, formación de compuestos químicos como los hidroperóxidos y ácidos grasos libres que son perjudiciales para la salud los cuales dan formación a una oxidación secundaria los cuales pasan a la formación de propiedades sensoriales negativas, como aldehídos insaturados y cetonas los cuales ocasionan el efecto a rancio (García *et al.*, 2011).

La luz llega a la formación de los radicales libres por la generación de la autooxidación, en la etapa de iniciación, actúa de catalizador hacia la abstracción del hidrógeno. Entonces las radiaciones ultravioletas, visibles hasta 540 nm, son las que aceleran más la oxidación (García, 2018).

Durante el proceso de manejo de productos, se requiere tener en consideración una variable que resulta fundamentalmente interviniente en los aspectos de vida útil de los productos, así como la calidad de los mismos. A esto se le denomina el confort lumínico, el cual es derivado de la cantidad de luz o iluminancia que se desprende hacia una superficie, cuya magnitud se mide en LUX (1 LUX = 1 lumen/m²). No obstante, para efectos de la detección visual, el hombre no es capaz de visualizar iluminancias entre 3 y 100.000 LUX, aunque este necesite de un rango aproximado de 100 y 1000 LUX; motivo por el cual se emplean equipos especiales como el luxómetro para el control de la iluminancia de los ambientes y, especialmente, sobre los elementos (Pérez *et al.*, 2019).

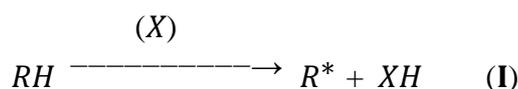
2.1.5. Oxidación

La oxidación se considera generalmente como la forma más común de deterioro de los lípidos, que conduce al desarrollo de rancidez, sabores indeseables, polimerización y reacciones que reducen la vida útil y el valor nutricional de los alimentos. En los alimentos, se asocia a reacciones de oxígeno molecular que implican dos tipos de mecanismos: la autooxidación y la oxidación foto sensibilizada (Herrera, 2018).

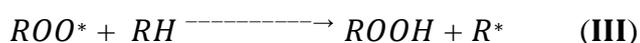
Alonso y Chuqui (2019), exponen que los radicales libres y la fotooxidación en los carbonos adyacentes son los responsables del deterioro de las grasas y los aceites insaturados, lo que provoca un sabor rancio y una reducción de la calidad nutricional, pero también se utilizan para polimerizar los aceites secos. Tanto la auto - oxidación como la foto oxidación producen hidroperóxidos de alilo. La oxidación de los lípidos se ve afectada por muchos factores, como el entorno, la concentración de oxígeno, la temperatura, la luz,

el grado de insaturación y los iones metálicos. En presencia de oxígeno, la oxidación no puede evitarse ni invertirse por completo, pero puede inhibirse retrasando la acumulación de productos de oxidación.

Dentro de la formación de los radicales libres (R^*) de los componentes lipídicos (RH) por la degradación iniciada por factores intrínsecos o extrínsecos (X) como la temperatura o a luz, donde se extrae un átomo de hidrogeno (H) del grupo metileno unido al doble enlace (Fox y Stachowiak, 2007).



La oxidación continúa haciendo que los radicales lipídicos (R^*) en presencia de oxígeno (O_2) resulta la formación de radicales peróxidos (ROO^*) con el fin de conseguir y continuar con la formación de hidroperóxidos y más radicales libres de los cuales se toma un átomo de hidrogeno de los demás lípidos (Nayak *et al.*, 2016).



2.1.6. Rancidez

De ese modo, la rancidez oxidativa resulta ser una de las causas principales de deterioro en los aceites vegetales y, dentro de esto, influyen factores adicionales como el manejo de los productos y su almacenamiento, donde las condiciones de temperatura e iluminación resultan ser perjudiciales si se encuentran en límites bajos o altos en cualquiera de ambos casos (Lubitza, 2019).

Es el mayor problema que existe en el proceso de producción, en el almacenamiento, durante el transporte y en el procesamiento de productos grasos, propiciado por una serie de factores químicos y físicos. Lamentablemente, cuando se acumulan productos finales de la peroxidación lipídica (cetona, aldehídos, hidrocarburos, entre otros) ocasiona no solamente la pérdida de la calidad de las materias grasas y de los productos que se elaboran a partir de esta (Delgado, 2004).

Los factores que inciden directamente en el proceso de rancidez oxidativa suelen ser:

- Los iones metálicos (cobre y hierro) que actúan como un catalizador en distintas etapas de del proceso de peroxidación.

- Estar expuesto a temperaturas superiores a los 70 °C junto a la presencia del oxígeno, acelerando con una importante significancia en el proceso de peroxidación.
- Estar expuesto de manera prolongada a fuentes emisoras de energía radiante (radiación solar), produce que se inicie o propaga la peroxidación lipídica, favoreciéndose su activación si se está en presencia de sustancias fotosensibilizadoras, como lo es la clorofila (Delgado, 2004).
- Estar presente ante sustancias antioxidantes, como lo es la vitamina E y los carotenos, capaces de inhibir o retardar el proceso de peroxidación lipídica.

2.1.7. Almacenamiento

Dentro de la etapa del almacenamiento los factores externos juegan un papel importante donde el aumento de la temperatura genera un incremento de la tasa de oxidación, donde se estima un envejecimiento del aceite en condiciones extremas de almacenamiento de un mes frente a temperatura ambiente siendo equivalente a un día, donde la autooxidación es la causa más conocida de degradación durante el almacenamiento (Velasco & Dobarganes, 2002).

2.1.8. Autooxidación

Por otro lado, la autooxidación es un proceso inducido por los radicales libres que se produce entre el oxígeno molecular y los ácidos grasos insaturados. La auto-oxidación de los ácidos grasos insaturados se produce por un mecanismo de radicales en cadena que consta de fases de iniciación, propagación y terminación. Los lípidos suelen estar en un estado monotónico no radical y su reacción con el oxígeno atmosférico ($3O_2$) es termodinámicamente desfavorable (Rojas, 2021).

El oxígeno en su estado de triplete fundamental ($3O_2$) no puede reaccionar directamente con una especie en estado de triplete fundamental, como una molécula de lípido (RH), porque la dirección de espín de las dos especies es opuesta. Sin embargo, una vez que un lípido se convierte en una especie radical (R), su reacción directa con el oxígeno puede proceder a una alta velocidad. La velocidad de autooxidación suele aumentar con el incremento de la insaturación, por ejemplo, el linoleato reacciona unas 40 veces más rápido que el oleato, y para los polienos más altos la velocidad se duplica por cada doble enlace adicional (Teran, 2019).

2.1.9. Oxidación de lípidos

La oxidación de los lípidos en los alimentos es inicialmente lenta y se acelera durante el almacenamiento, en esta evolución de oxidación, existe un tiempo de inducción, que se mide como el tiempo necesario para alcanzar el punto de oxidación final correspondiente a un enranciamiento detectable. También se toma como el tiempo necesario para que la tasa de oxidación cambie bruscamente, estimando la intersección de las tasas de oxidación inicial y final, o el tiempo para alcanzar la vida útil (Ardiles y Mozo, 2017).

Los aceites vegetales que contienen mezclas de oleato y linolenato producen 14 isómeros posicionales de hidroperóxidos por autooxidación y oxidación fotosensibilizada y contienen linoleato producen más subproductos, dímeros y oligómeros que los que contienen linoleato. Los aceites de pescado que contienen ácidos grasos ω -3 producen productos de degradación volátiles a temperaturas más bajas (por debajo de 40 °C) que los aceites vegetales que contienen linoleato (por encima de 60 °C) (Ardiles y Mozo, 2017).

Los compuestos volátiles que se forman como subproductos de la oxidación incluyen aldehídos, cetonas, alcoholes, hidrocarburos, ácidos, ésteres, lactonas y éteres, de los cuales los aldehídos son los que más influyen en el olor y el sabor del aceite. La mayoría de los aldehídos de cadena corta tienen un umbral muy bajo y, por tanto, deben estar presentes en una cantidad mínima para tener un efecto olfativo (Ardiles y Mozo, 2017).

2.1.10. Mecanismos de autooxidación

La autooxidación es aquel proceso irreversible producto de la oxidación de las grasas, siendo la responsable de las causas del deterioro de los alimentos en conjunto a los microorganismos. Este proceso causa alteraciones, tanto en el aroma como en el sabor de los alimentos, en su color, pérdida de ciertos nutrientes y que se formen sustancias que se consideran potencialmente nocivas, lo que incide en que se reduzca la vida útil del alimento.

Así mismo, minimiza la capacidad nutricional del alimento debido a la destrucción de las vitaminas liposolubles y a la degradación de los ácidos poliinsaturados (BTSA, 2020).

Dicho proceso consta de tres fases, siendo estas:

- 1.- Inducción: Son los factores que inician el proceso de oxidación, siendo estos la energía (calor, luz, entre otros), las trazas de los metales pesados y los radicales peróxidos responsables de la producción de radicales libres activos (BTSA, 2020).

- 2.- Propagación: La oxidación de los radicales libres combinados con otros ácidos grasos, producen hidroperóxidos y otros, que se incorporan nuevamente a la cadena de oxidación. Así mismo, los hidroperóxidos producto de su contacto con la energía crean grupos oxidrilo y de manera oxidada los radicales libres que, al estar en combinación con otros ácidos grasos, generan más hidroperóxidos. También los grupos oxidrilo al estar en contacto con ácidos grasos, suelen liberar agua y radicales libres nuevos que se exponen a una nueva oxidación (BTSA, 2020).
- 3.- Final: se produce una caída de la concentración de radicales peróxidos, debido a la estabilización y a la formación de productos deteriorados. En este sentido, debido a la estabilidad de los productos que se originan en la reacción de terminación, hace que se concluya la oxidación. Sin embargo, en la autooxidación se mantiene en intervención constante un radical libre, así como la acción de la luz y la temperatura; por lo tanto, se forman nuevas cadenas que favorecen que se produzca de manera acelerada la aceleración de la reacción global, siendo impulsada ante la presencia de metales como el hierro y el cobre (BTSA, 2020).

2.1.11. Lipolisis

Conocido también como alteración hidrolítica, es aquel proceso en donde se desdobra los enlaces éster que están establecidos entre los hidroxilos del glicerol y los ácidos grasos, particulares de los triacilgliceroles. Esta reacción se da producto de las altas temperaturas, por los ácidos o por que se cataliza las enzimas lipasas (Méndez, 2019).

De acuerdo con Calvo (2021), los tipos de lipólisis son:

- Lipolisis química: es aquella que se da en tratamientos con agua alcalinizada, en el proceso de refinación del aceite, pero mayormente en los procesos de fritura; en los cuales, las elevadas temperaturas elevadas (150 °C a 180 °C) hacen que el agua que está presente en los alimentos que se fríen, así como la que se es desprendida adoptando la forma de burbujas de vapor, rompen los enlaces éster. Las grasas que poseen ácidos grasos con una cadena media y corta, son los más propensos a que sufran la lipolisis química, debido a su facilidad de interacción con el agua.
- Lipolisis enzimática: es aquella que se da en alimentos que poseen enzimas activas; vale decir, alimentos que no son sometidos a tratamientos térmicos y los que no se les ha separado la grasa en las fases acuosas. Los casos de mayor importancia en la calidad alimentaria son el aceite de oliva, la leche y el pescado congelado.

2.1.12. Factores que favorecen la oxidación del aceite

Los factores que inciden directamente en la oxidación del aceite pueden ser de origen intrínsecos y/o extrínsecos, lo que es lo mismo, referidos al propio producto o a la tecnología que se ha aplicado, siendo, de acuerdo a (BTSA, 2020), siendo los de mayor relevancia:

- Temperatura, capaz de aumentar la velocidad de autooxidación y los mecanismos de reacción.
- Luz, tanto los ácidos grasos como sus peróxidos son sustancias incoloras incapaces de absorber la luz visible, a menos que se esté en presencia de un sensibilizador accesorio. Sin embargo, la luz ultravioleta es absorbida de forma marcada en los compuestos insaturados.
- Oxígeno, cuando existe un aumento en la presión del oxígeno, se produce también un aumento en la velocidad de autooxidación, hasta alcanzar una velocidad constante de reacción.
- Humedad, causante del incremento de la velocidad de oxidación de los lípidos, donde la rancidez se produce de manera rápida tanto en altos como en bajos niveles de humedad.
- Radiaciones ionizantes, la irradiación de alta energía produce un aumento marcado en la susceptibilidad de la rancidez oxidativa.
- Catalizadores, los iones que están presentes en los metales pesados, actúan como catalizadores poderosos en la oxidación de los lípidos, produciendo una disminución del periodo de inducción y un incremento en la velocidad de reacción.

2.1.13. Estabilidad Oxidativa

La estabilidad puede definirse como la resistencia de un lípido a la oxidación y a la degradación, lo que conduce al desarrollo de sabor y olor debido a la rancidez y a la reducción de la calidad de los alimentos. Los métodos de medición de la estabilidad combinan métodos para medir la oxidación y la exposición a largo plazo a factores que aceleran la oxidación (temperatura, luz, humedad, oxígeno y otros), como el método del oxígeno activo, el índice de estabilidad oxidativa, la prueba de Schaal y las pruebas de sabor (Rojas, 2021).

La estabilidad oxidativa es el soporte lipídico sobre la oxidación del mismo a causa de factores externos como la influencia de la temperatura, luz, oxígeno etc., dando paso al

deterioro del producto (aceites o grasas) en relación al tiempo. (Frankel, 1998). Para la evaluación de la estabilidad oxidativa se puede realizarlo con un almacenamiento a temperatura ambiente donde se lograría tener una estabilidad exacta del aceite, pero como es un evento en relación al tiempo este tiene que estar bajo observación por mucho tiempo hasta que se generalicen las reacciones de oxidación (Navas, 2010).

La importancia de la estabilidad oxidativa del aceite comercial representa su condición actual con respecto a su producción, almacenamiento, interacción con factores externos, etc., de esa manera se conoce el comportamiento futuro del aceite. Donde el productor determina el tiempo que el producto puede estar almacenado sin que pierda sus características principales de composición ni que genere propiedades perjudiciales propios de la rancidez (Barrera, 1998).

2.1.14. Métodos de medición de estabilidad oxidativa

En cuanto a los métodos para medir la oxidación, existen varios métodos para medir la oxidación de los lípidos en los alimentos. Los cambios en las propiedades químicas, físicas u organolépticas y sensoriales de las grasas y los aceites durante la oxidación pueden controlarse para evaluar el grado de oxidación de los lípidos. Sin embargo, no existe un único método estándar para detectar todos los cambios oxidativos en todos los sistemas alimentarios. La oxidación primaria, como los hidroperóxidos y la oxidación secundaria, como los aldehídos, cetonas, alcoholes, hidrocarburos, ácidos orgánicos volátiles y radicales libres constituyen la base para medir la degradación oxidativa de las grasas alimentarias (Fox y Stachowiak, 2007).

Los métodos disponibles para controlar la oxidación de los lípidos en los alimentos y los sistemas biológicos pueden dividirse en cambios oxidativos primarios, como los cambios en la composición de los ácidos grasos insaturados, el aumento de peso, la formación de hidroperóxidos, el índice de peróxidos, el método del oxígeno activo y el índice de estabilidad oxidativa, la calorimetría diferencial de barrido y los dienos conjugados; y cambios oxidativos secundarios como el valor del ácido 2,4 tiobarbitúrico, oxirano, p-anisidina, TOTOX, octanoato, carbonilos, hidrocarburos y productos fluorescentes. Sin embargo, no existe un único método estandarizado para detectar todos los cambios oxidativos en todos los sistemas alimentarios, por lo que se recomiendan dos o más métodos que evalúen los productos de oxidación primaria y secundaria (Ardiles y Mozo, 2017).

Los ácidos grasos libres son ácidos grasos separados de las moléculas de triglicéridos. Se forman tras la recolección de las semillas como resultado de la hidrólisis enzimática o microbiana de los aceites y las grasas. También pueden formarse por hidrólisis química durante el almacenamiento y el transporte del crudo. Un alto contenido de humedad favorece la hidrólisis y aumenta el contenido de ácidos grasos libres, lo que puede contribuir a un olor y un sabor desagradables y a otras características que dependen de la composición del aceite (Rojas, 2021).

La cantidad de ácidos grasos libres se determina neutralizando los ácidos en una cantidad conocida de aceite con una solución de álcali (NaOH) de concentración conocida en un disolvente orgánico. El cálculo se basa en el peso molecular medio del aceite o la grasa analizada. Los resultados se expresan en porcentaje de ácido oleico, excepto en el caso del aceite de palma y sus derivados, donde se expresan en porcentaje de ácido palmítico, y en el caso del aceite de coco, en porcentaje de ácido láurico (Rojas, 2021).

2.1.15. Índice de Estabilidad Oxidativa (OSI)

El índice de estabilidad de los aceites u oxidación inducida permite determinar la estabilidad oxidativa automáticamente bajo condiciones de temperatura y tiempo estandarizado. Fue desarrollado por Hadorn y Zurcher, se fundamenta en el hecho de que la mayoría de los productos volátiles de bajo peso molecular formados en la descomposición de los hidroperóxidos corresponden a ácido fórmico. (Frankel N., 1998).

En el aceite el nivel de ácidos grasos insaturados contribuye en la determinación de la estabilidad oxidativa, donde la representación de un alto grado de insaturación se asocia con un menor índice de estabilidad oxidativa (OSI) y la representación de un bajo grado de insaturación OSI no siempre corresponde con el más alto nivel de ácidos grasos poliinsaturados (Lutterodt, 2011).

Desde 1996 el índice de estabilidad oxidativa OSI es un método oficial, pues este mide el resultado de los productos de oxidación volátiles atrapados producidos cuando el aceite es calentado bajo una corriente de aire para la evaluación de la estabilidad oxidativa y la eficacia de la inhibición de la oxidación en presencia de antioxidantes (Shahidi *et al.*, 2017b).

2.1.16. Método Rancimat

El índice de estabilidad oxidativa (OSI) se define como el punto máximo de cambio en la tasa de oxidación debido al aumento de la conductividad por la formación de ácidos orgánicos volátiles durante la oxidación de los lípidos. La determinación del IO requiere un alto grado de oxidación (número de peroxidación > 100) para obtener resultados fiables, por eso el método Rancimat es una prueba eficaz que ejecuta el envejecimiento acelerado donde el aire pasa a través de la muestra en el recipiente de reacción a una temperatura elevada constante. En este proceso se oxidan los ácidos grasos y se forman productos de reacción volátiles que son transportados al recipiente de medición por la corriente de aire y absorbidos en la solución de agua donde la conductividad de esta se empieza a elevar. El método del oxígeno activo (AOM) ha sido el más utilizado para evaluar la estabilidad oxidativa de las grasas. Este método emplea la alta temperatura y la aireación para acelerar la oxidación. Sin embargo, la necesidad de obtener resultados más rápidos sobre la estabilidad oxidativa condujo al desarrollo y la aplicación del Rancimat y el OSI, sustituyeron al AOM en 1996, ya que el Rancimat mide el aumento de la conductividad del agua desionizada, que es el resultado de los productos de oxidación volátiles atrapados cuando el aceite se calienta bajo la corriente de aire; el ácido fórmico es el principal producto de oxidación que provoca este aumento de la conductividad y así tenemos el procedimiento estándar para evaluar la estabilidad oxidativa de los aceites, así como la eficacia de la inhibición de la oxidación lipídica en presencia de antioxidantes (Makhlouf *et al.*, 2020).

De acuerdo a esto, se han llevado a cabo diversos procedimientos para evaluar el índice de estabilidad oxidativa, entre los que destaca el método de Rancimat, el cual incluye la adición de antioxidantes sintéticos y naturales que permiten la determinación de la vida útil de los aceites vegetales (Alonso y Chuqui, 2019).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Se realizó el estudio del efecto de la temperatura e iluminación del aceite de soya refinado comercial de marca Vicentina, por medio del cálculo del índice de estabilidad oxidativa, la investigación se realizó en los laboratorios de Ingeniería en Industrias Alimentarias (Sede - La Capilla) y en el laboratorio de Reología (Sede - Ayabacas) de la Universidad Nacional de Juliaca, en el año 2021 y 2022.

3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Método deductivo cuantitativo, puesto que la información se obtuvo partiendo de aspectos generales de la teoría hasta llegar a principios específicos a través de la recolección numérica y el análisis estadístico de información para la comprobación de la hipótesis de estudio. De esta manera, se buscó partir de los procesos y propiedades fisicoquímicas del aceite de soya requeridas para mantener su calidad y valor nutricional, sometiendo a condiciones controladas a fin de evaluar el efecto de estas sobre su estabilidad oxidativa; para lo cual se aplicaron métodos estandarizados como el de Rancimat y los lineamientos establecidos en las normativas:

- Índice de Estabilidad Oxidativa: Método de Rancimat
- Acidez libre: NTP 209.005.2016 (Anexo 1)
- Índice de Peróxidos: NTP 209.006.2016 (Anexo 2)

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación correspondió a un diseño de experimento puro post prueba únicamente con grupo de control, donde un grupo recibe el tratamiento experimental (11 muestras) y el otro no (muestra testigo). En este caso, la variable independiente alcanzó dos niveles (apto o no apto). Durante los 30 de manipulación, a cada grupo de se aplicaron mediciones fisicoquímicas de manera interdiaria; asimismo, fue de corte longitudinal debido que se obtuvieron los datos en diferentes tiempos (Hernández *et al.*, 2014).

3.3.1. Diseño muestral

Partiendo del diseño experimental descrito, se aplicó un diseño central compuesto con dos factores y cinco niveles; donde los factores son la temperatura (°C) y la iluminación (LUX) y los niveles, su grado de variación establecidos. Se empleó el modelo de superficie respuesta, bajo el diseño central compuesto. Se realizaron once (11) tratamientos cuyo esquema se muestra en la tabla 2; los cuales sirvieron para aceptar o refutar la hipótesis planteada.

Tabla 2: Matriz de diseño guía de análisis

Tratamientos	Temperatura (°C)	Iluminación (LUX)	Características FQ
1	15	300	IA / IP
2	25	300	IA / IP
3	15	1000	IA / IP
4	25	1000	IA / IP
5	13	650	IA / IP
6	27	650	IA / IP
7	20	155	IA / IP
8	20	1145	IA / IP
9	20	650	IA / IP
10	20	650	IA / IP
11	20	650	IA / IP

IA: Índice de Acidez

IO: Índice de peróxidos

3.3.2. Procedimiento metodológico general

El procedimiento estuvo compuesto por siete (7) etapas principales, las cuales se describen a continuación y se diagrama en la figura 2.

- 1) Muestreo: Se realizó el muestreo del volumen de aceite de la etapa de almacenamiento, del cual se derivaron los tratamientos a ser sometidos a evaluación a las condiciones presentadas.
- 2) Análisis fisicoquímico (I): Se determinaron las características fisicoquímicas relacionadas con el índice de acidez e el índice de peróxidos, asociados a la estabilidad oxidativa de aceites, para tener las condiciones iniciales del aceite de soya.
- 3) Acondicionamiento: Se acondicionaron cajas herméticas experimentales a fin de mantener el producto en las condiciones de temperatura e iluminación establecidas para el estudio. Los grados de temperatura estuvieron dados por la variación que

puede experimentar el aceite de soya en su etapa de almacenamiento; por su parte, los niveles de iluminación (lux) vinieron dados por las condiciones en las que se expone el aceite de soya embotellado en estantes de tiendas; las cuales fueron simuladas por un alumbrado directo a las muestras de estudio con fluorescente introducido en las cajas acondicionadas.

- 4) Almacenado: En esta etapa se variaron dos factores, la temperatura e iluminación de exposición a vitrina, se realizó la experimentación durante 30 días para cada tratamiento. Por su parte, la muestra de control se almacenó a 10 °C en condiciones de oscuridad para evitar cambios en sus propiedades.
- 5) Análisis fisicoquímicos (II): Se determinaron los indicadores de acidez y peróxidos de forma interdiaria por un período de 30 días, para la trazabilidad de los resultados.
- 6) Procesamiento de información: Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de las muestras monitoreadas a fin de identificar y escoger aquellas que presenten valores más aceptables de acuerdo a lo establecido por la normativa.
- 7) Determinación del Índice de estabilidad oxidativa: Se aplicó el método de Rancimat a las muestras escogidas para determinar el índice de estabilidad oxidativa.

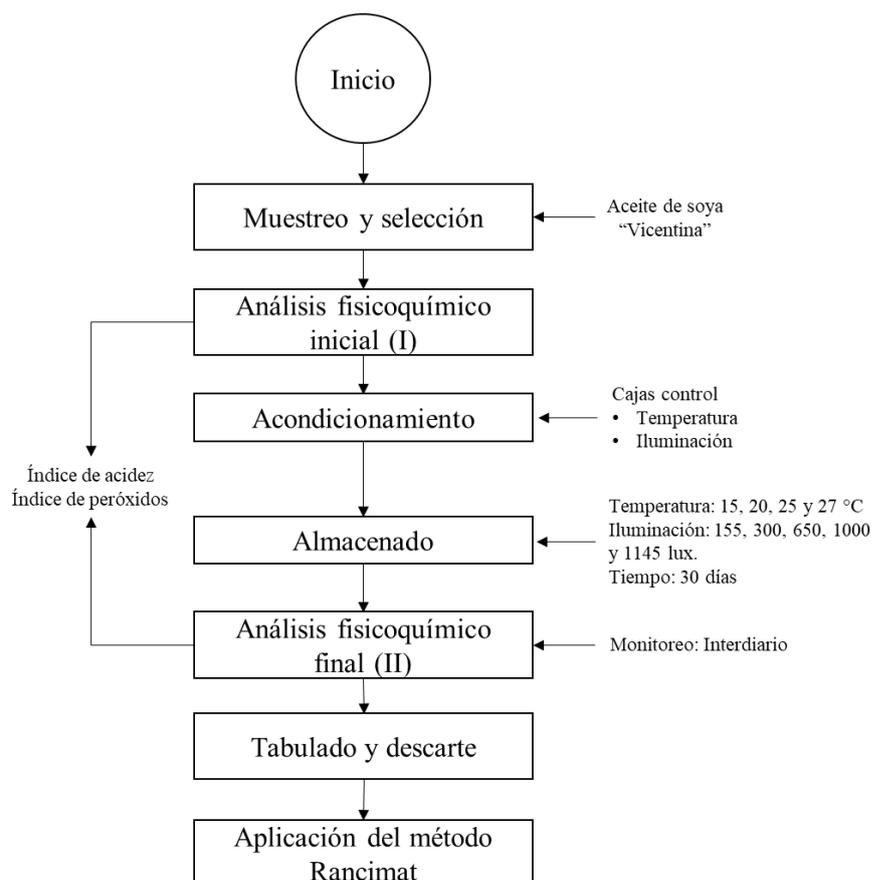


Figura 2: Procedimiento metodológico de la investigación.

3.4. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Variable independiente

- Temperatura
- Iluminación

3.4.2. Variable dependiente

- Índice de acidez
- Índice de peróxidos
- Índice de Estabilidad Oxidativa (OSI)

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

La población estuvo representada por el aceite de soya marca Vicentina, importado por la empresa de servicios agroindustriales Granos de Bolivia y envasado por la empresa Río Grande Distribuciones S.A.C., de Juliaca – Perú, del cual se encuentran en diferentes presentaciones para su expendio.

3.5.2. Muestreo y muestra

Se tomó como referencia un muestreo simple para inspección por atributos donde el límite de calidad aplicable (LCA) se realizó del lote Núm. 171, con un nivel de inspección especial S4, de acuerdo con la NTP-ISO 2859-1:2018. Así mismo, se aseguró que, en promedio, los valores de las características analizadas (Índice de acidez e índice de peróxidos) sean iguales a los indicadores establecidos por la Norma para Aceites Vegetales Especificados (CXS 210-1999 revisada el 2019).

Las muestras seleccionadas se conservaron correctamente de modo que se impida la alteración de la característica a evaluar, es decir, se restringió el paso de la luz a una temperatura no mayor a 10 °C. Las muestras comprendieron botellas de aceites de soya de 1 litro que completan los 11 tratamientos establecidos.

Se utilizaron 420 ml de aceite de soya refinado durante los 30 días de experimentación para el análisis de índice de acidez de cada tratamiento. Se emplearon 25 ml de aceite de soya refinado por cada tratamiento para los análisis de índice de peróxido durante 30 días. Para la identificación del índice de estabilidad oxidativa (OSI) se usó 5 ml de aceite de soya en el equipo Rancimat.

3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Como técnica de recolección de datos, se empleó la observación directa, la cual permite tomar datos de los fenómenos de estudios de manera minuciosa para inferir conclusiones y procesar información.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumentos de recolección de datos, se emplearon fichas de observación, en las cuales se registraron los datos obtenidos en la experimentación (Anexo 20).

3.6.3. Materiales

a. Materiales para la caja control

- Cajas herméticas
- Láminas de poliestireno
- Led de luz cálida 12 V
- Sensor de luz digital (luxómetro) BH1750
- Sensor de temperatura NTC
- Fuente de alimentación 12 V (15-20 A)
- Ventilador 12 V
- Panel de control
- Arduino NANO
- Controlador 4 PID
- Resistencia eléctrica nicrom

b. Materiales e insumos para los análisis fisicoquímicos

- Pipetas volumétricas de 0,5 ml
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Pro pipeta o pipeteador
- Buretas volumétricas de 25 ml
- Probeta graduada de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 125 ml de capacidad
- Vasos precipitados de 100 ml
- Hidróxido de sodio (NaOH, al 0,1 N)
- Alcohol isopropílico (99%)

- Tiosulfato de sodio (0,1N)
- Solución saturada de yoduro de potasio
- Solución de Almidón al 1%
- Solución acética- cloroformo (2:3)
- Agua destilada

c. Materiales para la aplicación del método Rancimat

- Tubos capilares
- Tubos de reacción
- Agua ultra pura ID
- Aceite de silicona
- Agua destilada
- Termómetro
- Probetas (100ml)
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Pro pipeta o pipeteador
- Pizeta

d. Máquinas y equipos

- Rancimat, marca Metrohm, modelo 743
- Balanza analítica

3.7. SELECCIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE DE SOYA REFINADO

3.7.1. Recepción de materia prima

Se utilizó aceite refinado de soya con N° lote 171, exportado por la empresa GRANOS - Bolivia, la cual emitió un informe de calidad del producto (Anexo 5), la empresa importadora RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C., se realizó una evaluación fisicoquímica antes de recepcionar el aceite de soya a los tanques de almacenamiento (Anexo 6), además fue sometida a una evaluación fisicoquímica antes del envasado en botellas de 1 litro bajo estrictas medidas de inocuidad. Se utilizó aceite refinado de soya con N° lote 171, exportado por la empresa GRANOS - Bolivia, la cual emitió un informe de calidad del producto (Anexo 5), la empresa importadora RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C., se realizó una evaluación fisicoquímica antes de recepcionar el aceite de soya a los tanques de almacenamiento (Anexo 6), además fue sometida a una evaluación fisicoquímica antes del envasado en botellas de 1 litro bajo estrictas medidas de inocuidad.

3.7.2. Selección de muestras

En el almacén de producto terminado de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C. se realizó muestreo simple para inspección por atributos del aceite de soya envasado y almacenado del N° lote 171, con un nivel de inspección especial S4 de acuerdo con la NTP-ISO 2859 – 1: 2018.

Se obtuvieron al azar 12 botellas de 1 litro, de las cuales 11 botellas se sometieron a los tratamientos de experimentación durante 30 días y la botella restante se tomó como muestra testigo. Finalmente, se aseguró que, en promedio, los valores de las características analizadas de índice de acidez e índice de peróxidos sean iguales a los ejecutados a cada muestra.

3.7.3. Acondicionamiento

Cada botella de aceite de soya fue sometida a condiciones de temperatura e iluminación específicas en cajas herméticas de control, cada caja contó con sensores de iluminación, sensores de temperatura y un panel de control para la observación adecuada de cada tratamiento durante 30 días.

Con respecto a la muestra testigo se almacenó en completa oscuridad a una temperatura no mayor a 10 °C.

- **Diseño y construcción de la caja control:**

Para determinar la dimensión de la caja control; se midió la longitud de la botella de 1 litro y se consideró espacios mínimos para evitar la generación de sombras. También se diseñó la caja control basándose en la instalación de los sensores.

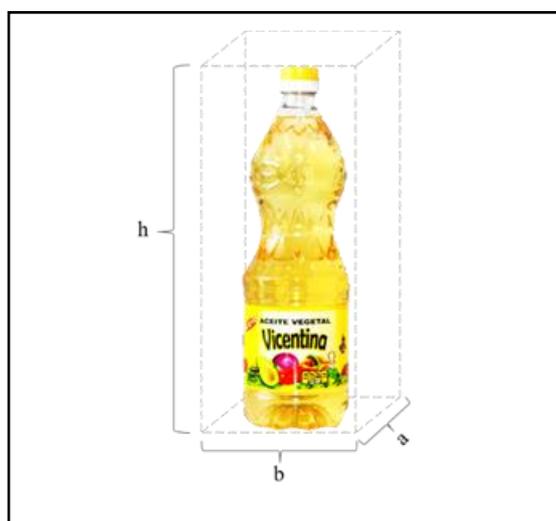


Figura 3: Botella de 1 Litro.

Dimensiones de Botella de 1 litro

Altura: 28 cm

Diámetro: 8 cm

Volumen: $V = 28\text{cm} \cdot 8\text{cm} \cdot 8\text{cm}$

$$V = 1792 \text{ cm}^3$$

La caja de control está construida de madera, se decidió usar madera porque es un material muy común, fácil de trabajar para lograr las dimensiones y formas necesarias, su conductividad térmica es relativamente baja, porque lo que las pérdidas de calor son mínimas y es suficientemente rígida como para que la caja pueda ser manipulada con seguridad, además se agregó láminas de poliestireno para asegurar su aislamiento térmico con el ambiente.

Caja Control para una Botella de 1 litro

Altura: 40 cm

Ancho: 25 cm

Largo: 25 cm

Volumen: $V = 40 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}$

$$V = 25000 \text{ cm}^3$$



Figura 4: Dimensiones de la caja control.

Las características de la caja comprenden las dimensiones de 0,40 m de alto * 0,25 m de ancho y 0,25 m de largo, el cual se operó en el rango de temperatura que comprende los 13 °C a 27 °C con una resistencia eléctrica de nicrom de 220 w, un ventilador de 5 v y en caso necesario compresas de hielo en gel refrigerante.

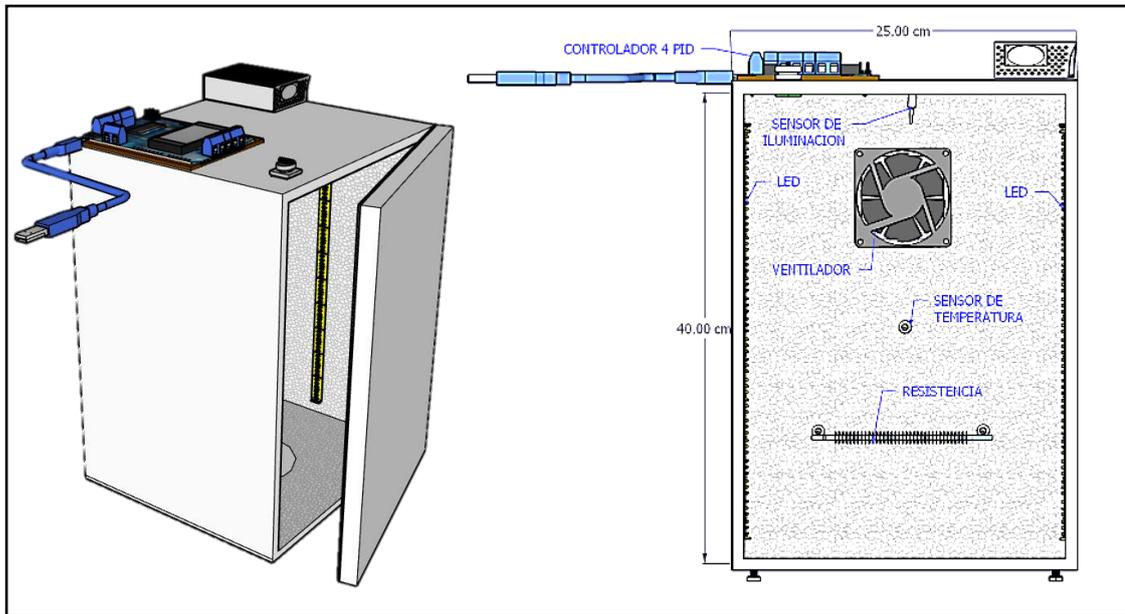


Figura 5: Diseño de la caja control.

La iluminación fue regulada de acuerdo a cada tratamiento, como se especificó en la tabla 2, suministrada mediante LED de luz cálida y regulada por el sensor (luxómetro), y estos se ubican en las paredes internas de la caja. El sensor de temperatura fue colocado a la altura media de la muestra (botella de aceite).

El sensor es de tipo NTC con un rango de operación suficiente para las operaciones de la caja control.

El sensor de iluminación mide la cantidad de LUX dentro de la caja y este es colocado antes de someter una muestra a una iluminación específica. En la pared posterior de la caja control se instaló un ventilador que tiene como objetivo principal mantener el flujo continuo de temperatura en toda el área de la caja control. Los cables de alimentación y de la señal de los sensores se encuentran aislados en el exterior de la caja control.

- **Modelo matemático de la caja control**

Se realizó la descripción del proceso físico, donde se describe la conservación de la energía en condición del equilibrio del sistema térmico, al cual se le aplicó el proceso de identificación, se utilizará una simplificación.

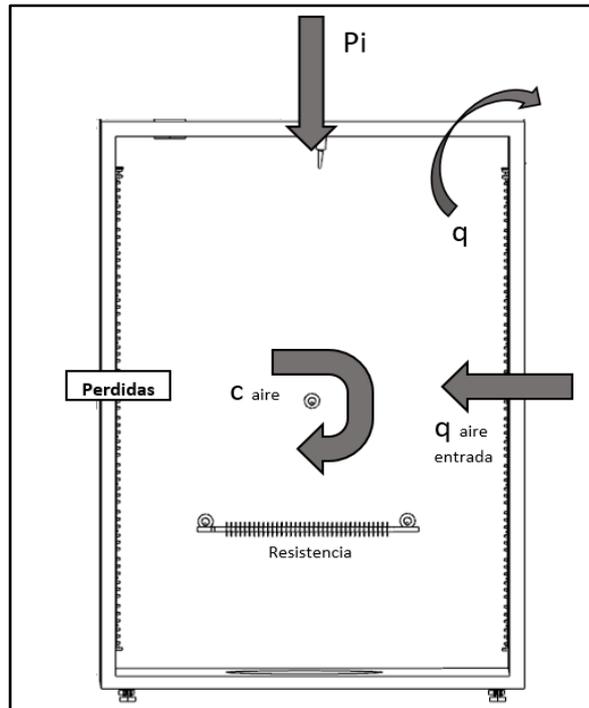


Figura 6: Diseño de la caja control para el modelamiento.

Por conservación de energía (Anexo 19)

$$\Delta q_{CC} = q_{\text{aire entrada}} - q_{\text{aire salida}} - q_{\text{perdidas}}$$

$$q_{\text{aire entrada}} = q_{\text{aire entrada}} + q_{\text{resistencia}}$$

Donde:

Δq_{CC} : calor absorbido por el aire dentro de la Caja Control

$q_{\text{aire entrada}}$: calor del aire que ingresa a la Caja Control

$q_{\text{aire salida}}$: calor del aire que sale de la caja control

q_{perdidas} : calor perdido a través de las paredes y el techo de la caja control

$q_{\text{resistencia}}$: calor entregado por la resistencia

$$\Delta q_{CC} = q_{\text{aire entrada}} + q_{\text{resistencia}} + q_{\text{aire salida}} - q_{\text{perdidas}}$$

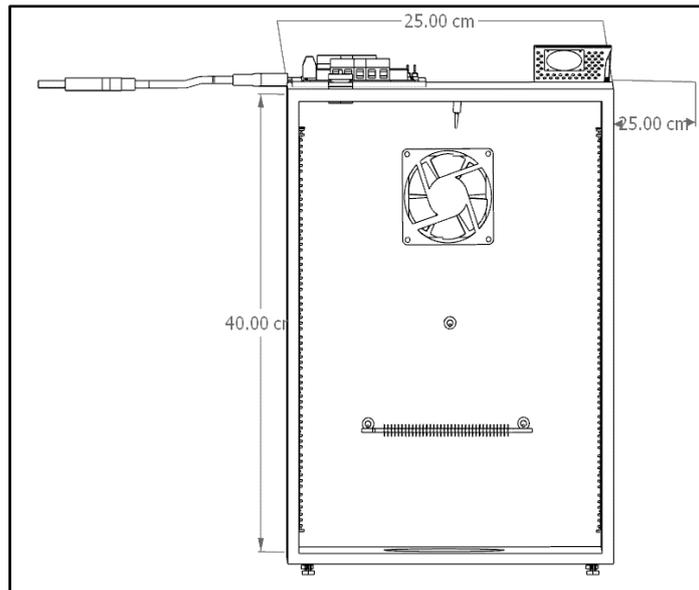


Figura 7: Modelamiento de la caja control.

Como se ha mencionado anteriormente, la temperatura dentro de la caja control se considerará uniforme, y la temperatura del exterior constante e igual a la temperatura ambiente.

$$VRMS(\alpha)^2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \int V_o(\beta)^2 d\beta$$

Donde:

V s: voltaje de alimentación de 220 V

V o: voltaje de salida de la etapa de potencia

V RMS: voltaje eficaz de salida de la etapa de potencia

VRMS_s: voltaje eficaz de Alimentación

- **Diseño y selección del sistema para la temperatura e iluminación**

La resistencia hace referencia al calentamiento del ambiente dentro de la caja de control, dentro de un rango de 13 °C a 27 °C, durante el periodo de 30 días de experimentación del aceite de soya.

Es importante aclarar que para lograr mantener constante la temperatura dentro de un rango tan estrecho fue indispensable implantar un control continuo de temperatura en cuál garantizó mantener las condiciones ambientales en el rango óptimo dentro de la caja de control.

En la siguiente tabla se enlistan cada uno de los componentes para el calentamiento, así como una breve descripción del mismo.

Tabla 3: Componentes para la caja control según el tratamiento

Temperatura	Dispositivo	Elemento	Descripción
Tratamiento 1 (15 °C, 300 LUX)	Generador de lux	Cinta LED	5 V
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
	Control de temperatura	Controlador	Control PID
Tratamiento 2 (25 °C, 300 LUX)	Generador de calor	Resistencia	220 w
	Generador de lux	Cinta LED	5 V
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
Tratamiento 3 (15 °C, 1000 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Generador de lux	Cinta LED	5 V
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
Tratamiento 4 (25 °C, 1000 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Generador de calor	Resistencia	220 w
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
Tratamiento 5 (13 °C, 650 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Generador de lux	Cinta LED	5 V
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
Tratamiento 6 (27 °C, 650 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Generador de calor	Resistencia	220 w
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
Tratamiento 7 (20 °C, 155 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Generador de lux	Cinta LED	5 V
	Generador de calor	Resistencia	220 w
Tratamiento 8 (20 °C, 1145 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
	Generador de calor	Resistencia	220 w
Tratamiento 9 (20 °C, 650 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
	Generador de calor	Resistencia	220 w
Tratamiento 10 (20 °C, 650 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
	Generador de calor	Resistencia	220 w
Tratamiento 11 (20 °C, 650 LUX)	Control de temperatura	Controlador	Control PID
	Ventilador	Cooler PC	28 m3/h
	Generador de calor	Resistencia	220 w

Se diseñó el dispositivo de calentamiento e iluminación acorde a requerimientos mínimos para garantizar la excelente operación de la caja control. Dichos requerimientos se mencionan como mantener las condiciones ambientales uniformes y constantes al interior

del equipo, de temperatura durante todo el tiempo de experimentación del aceite de soya y suministrar la energía necesaria para cumplir la matriz de diseño central compuesto.

Para la selección, disposición y puesta a punto del sistema de calentamiento e iluminación fue necesario estudiar, todas las causas que generan consumo de energía dentro del equipo, con el fin cuantificarlas y seleccionar los elementos acordes con esas necesidades. A continuación, se ilustra el proceso de selección de los diversos componentes que incluyen el dispositivo de calentamiento al interior de la caja control.

- **Sistema de calentamiento e iluminación**

Para el diseño del sistema de calentamiento se debe tener presente todas las necesidades energéticas del equipo en operación, así como las pérdidas de energía inmersas en el proceso.

Las necesidades energéticas del equipo que se consideraron fueron; localizar en un solo ambiente la caja de control en el cual no vara la temperatura atmosférica ambiental, en este caso se ubicó las cajas de control en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias-UNAJ, el cual oscila en los 16 °C a 20 °C. se suministró energía requerida según el tratamiento, se restauró la energía perdida durante el proceso según lo necesitado por cada tratamiento.

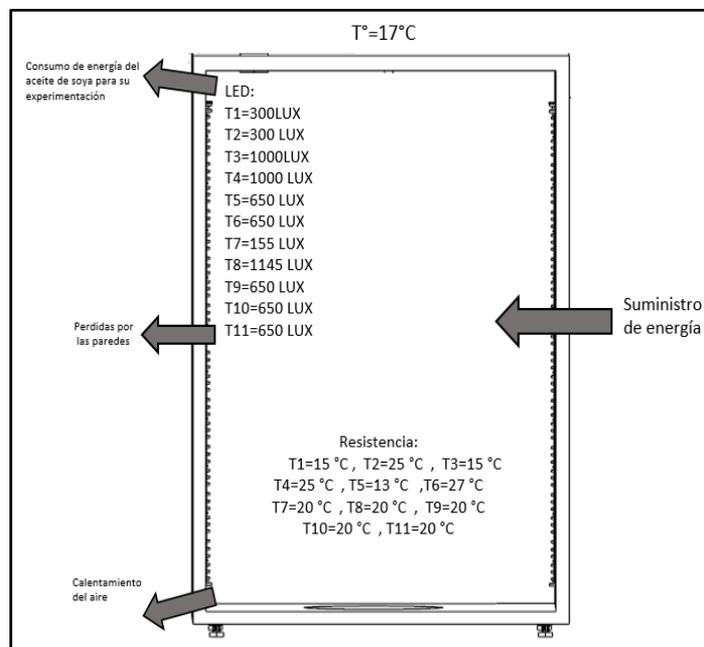


Figura 8: Energía requerida en el proceso.

- **Calculo de la energía requerida para cada tratamiento**

Para el cálculo de la energía requerida, se necesita temperaturas específicas para cada tratamiento, se realizó un balance de energía, por medio de la primera ley de la termodinámica.

$$Q = m * (T2 - T1) * Cv$$

La masa se toma como el peso total de la botella de aceite de soya evaluado dentro de la caja control, cada botella de 1 litro de aceite pesa 0,946 g, incluido el peso del envase. La temperatura inicial es de 17 °C y la temperatura final depende del tratamiento al cual se someta el aceite envasado. La energía requerida para el calentamiento del aire en las cajas de control depende de:

- Volumen de la caja control:

$$V = 0,40 \text{ m} * 0,25 \text{ m} * 0,25 \text{ m}$$

$$V = 0,025 \text{ m}^3 \text{ de aire en la caja}$$

- Densidad del aire:

$$P = 1 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

- Masa total del aire de la caja control:

$$M = 0,025 \text{ Kg de aire.}$$

La temperatura inicial del aire se asume como $T1 = 17 \text{ °C}$, lo que indica una temperatura promedio en ciudad de Juliaca.

La temperatura final se estableció para cada tratamiento que realizamos $T2 = T^\circ (T1 \dots T11)$. Haciendo un balance de energía al interior de la cámara:

$$Q = m * (T2 - T1) * Cv$$

El calor específico a volumen constante para el aire es de $Cv = 0,718 \text{ kJ/ Kg}$. Reemplazando los valores se observa en la siguiente tabla para cada tratamiento la energía total que debe suministrarse para lograr condiciones estables.

Tabla 4: Determinación del calor específico por tratamiento

Tratamiento	M	T2	T1	CV	J	Observaciones
Tratamiento 1 (15 °C, 300 LUX)	0,056	15	17	0,718	-80,416	Requiere refrigeración
Tratamiento 2 (25 °C, 300 LUX)	0,056	25	17	0,718	321,664	Requiere suministración de energía
Tratamiento 3 (15 °C, 1000 LUX)	0,056	15	17	0,718	-80,416	Requiere refrigeración
Tratamiento 4 (25 °C, 1000 LUX)	0,056	25	17	0,718	321,664	Requiere suministración de energía
Tratamiento 5 (13 °C, 650 LUX)	0,056	13	17	0,718	-160,832	Requiere refrigeración
Tratamiento 6 (27 °C, 650 LUX)	0,056	27	17	0,718	402,08	Requiere suministración de energía
Tratamiento 7 (20 °C, 155 LUX)	0,056	20	17	0,718	120,624	Requiere suministración de energía
Tratamiento 8 (20 °C, 1145 LUX)	0,056	20	17	0,718	120,624	Requiere suministración de energía
Tratamiento 9 (20 °C, 650 LUX)	0,056	20	17	0,718	120,624	Requiere suministración de energía
Tratamiento 10 (20 °C, 650 LUX)	0,056	20	17	0,718	120,624	Requiere suministración de energía
Tratamiento 11 (20 °C, 650 LUX)	0,056	20	17	0,718	120,624	Requiere suministración de energía

Además, de acuerdo con la operación de la caja de control y el propósito para el cual se destina, el calentamiento no debe ser brusco, ya que el choque térmico sobre las botellas de aceite de soya debe ser de acuerdo a cada tratamiento, razón por la cual el tiempo total de calentamiento o refrigeración debe ser alrededor de un minuto.

- *Tratamiento 1 (15 °C, 300 LUX)*

Tiempo total=60s

Energía total =80,416J

Potencia a disipar = (80,416 J/60s) = 1,34026667 W en el estado transitorio

- *Tratamiento 2 (25 °C, 300 LUX)*

Tiempo total=60s

Energía total =321,664J

Potencia a disipar = (321,664 J/60s) = 5,3610 W en el estado transitorio

- *Tratamiento 3 (15 °C, 1000 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =-80,416 J
 Potencia a disipar = (80,416 J/60s) = -1,3402 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 4 (25 °C, 1000 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =321,664 J
 Potencia a disipar = (5,3610 J/60s) = -1,34026667 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 5 (13 °C, 650 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =-160,832 J
 Potencia a disipar = (-160,832 J/60s) = -2,6805 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 6 (27 °C, 650 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =402,08 J
 Potencia a disipar = (402, 08 J/60s) = 6,7013 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 7 (20 °C, 155 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =120,624 J
 Potencia a disipar = (120,624 J/60s) = 2,0104 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 8 (20 °C, 1145 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =120,624 J
 Potencia a disipar = (120,624 J/60s) = 2,0104 W en el estado transitorio
- *Tratamiento 9 (20 °C, 650 LUX)*
 Tiempo total=60s
 Energía total =120,624 J
 Potencia a disipar = (120,624 J/60s) = 2,0104 W en el estado

- *Tratamiento 10 (20 °C, 650 LUX)*

Tiempo total=60s

Energía total =120,624 J

Potencia a disipar = (120,624 J/60s) = 2,0104 W en el estado

- *Tratamiento 11 (20 °C, 650 LUX)*

Tiempo total=60s

Energía total =120,624 J

Potencia a disipar = (120,624 J/60s) = 2,0104 W en el estado

Para el cálculo de la energía de pérdidas a través de las paredes. Como la temperatura interior sé la caja de control en algunos tratamientos es superior a la ambiental, es importante colocar un aislante térmico y así minimizar las pérdidas de energía; en este caso se colocó láminas de poliestireno como aislante. Para calcular el espesor de aislamiento se realizó el siguiente procedimiento.

- *Tratamiento 1 (15 °C, 300 LUX)*

Temperatura ambiente externo (T1) =17°C

Temperatura ambiente interno = 15°C

Dimensiones del equipo= 0,40 m * 0,25 m * 0,25 m

Área de la cara de mayor tamaño (A)= 0,1 m² de acuerdo al montaje que se desea realizar y las condiciones ambientales nombradas tenemos la siguiente figura:

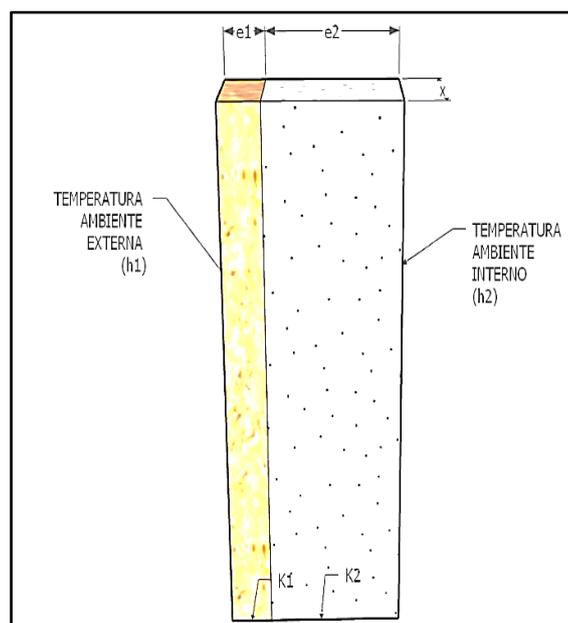


Figura 9: Pared de la caja de control.

• **Pared de la caja de control**

K1=conductividad termina de la madera

K2=conductividad termina del poliestireno

Hi=coeficiente convección ambiente exterior

H2=coeficiente convección ambiente interno

E1=espesor de la madera

E2=espesor de aislamiento

La ecuación que relaciona todas estas variables con el calor disipado y el espesor de aislamiento es la siguiente:

$$Q = \frac{T_2 - T_1}{R_{eq}}$$

Donde:

Q=calor disipado

R_{eq}=resistencia equivalente al flujo de energía

En este caso la R_{eq} incluye la resistencia por convección en ambas caras y la resistencia por conducción en las 2 capas de paredes. Por tanto, la ecuación se escribe así:

$$Q = \frac{T_2 - T_1}{\frac{1}{h_1 * A} + \frac{e_1}{K_1 * A} + \frac{e_2}{K_2 * A} + \frac{e_1}{K_1 * A} + \frac{1}{h_2 * A}}$$

Definiendo los valores de las variables, tenemos:

T1=temperatura ambiente externa= 17°C

T2=temperatura ambiente interna=13°C a 27°C

h1=coeficiente convección externo = 10w/m² °C

h2=coeficiente convección interno=20w/m²°C

e1=espesor madera= 2 cm

K1=conductividad termina de madera=13 w/mk

K2=conductividad termina poliestireno= 0,030 w/mk

A=área de la cara lateral =0,1 m²

Nota: Los valores de h1 y h2 se han obtenido de los cuadros, para superficies expuestas al aire a baja velocidad. Las conductividades térmicas de los materiales se encuentran en los libros de transferencia de calor.

De acuerdo a estos valores se necesita encontrar el espesor de aislamiento óptimo con el fin de disminuir la pérdida de energía confrontando esto con el precio del aislante, Cuando se coloca un aislante térmico de 1,5 cm, la pérdida de calor es de 0,058.

Selección del ventilador: El ventilador es un elemento indispensable para el calentamiento del aire al interior de la caja control, ya que este renueva las capas de aire adyacentes a la resistencia, permite que todo el aire confinado en el equipo se caliente de forma uniforme, evitando puntos fríos en los tratamientos que se requirió. Dentro de la gama de ventiladores se escogió un ventilador para PC, de dimensiones de 0,80 cm * 0,80 cm * 25 cm de 12 V.

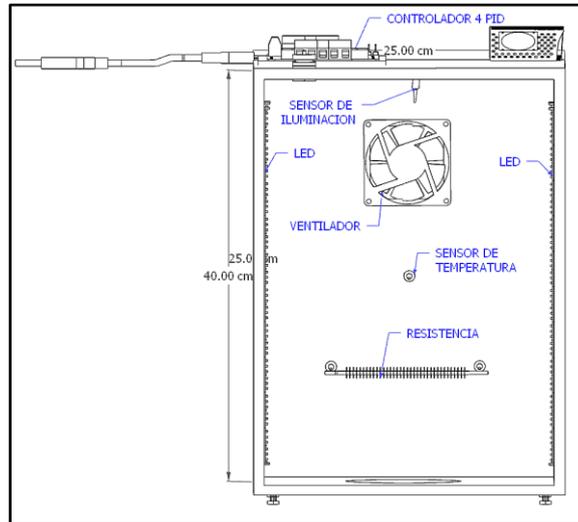


Figura 10: Caja de control.

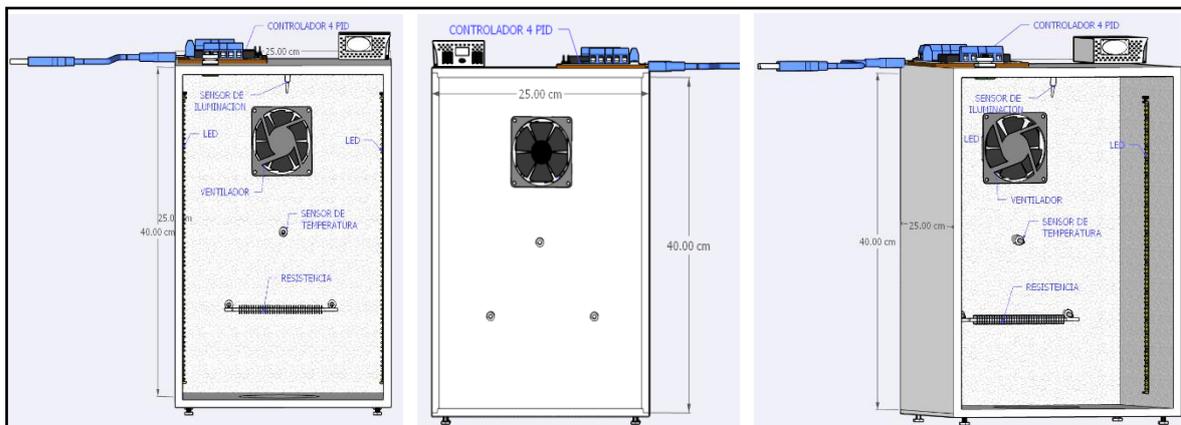


Figura 11: Diseño final, vista frontal, posterior e isométrica.

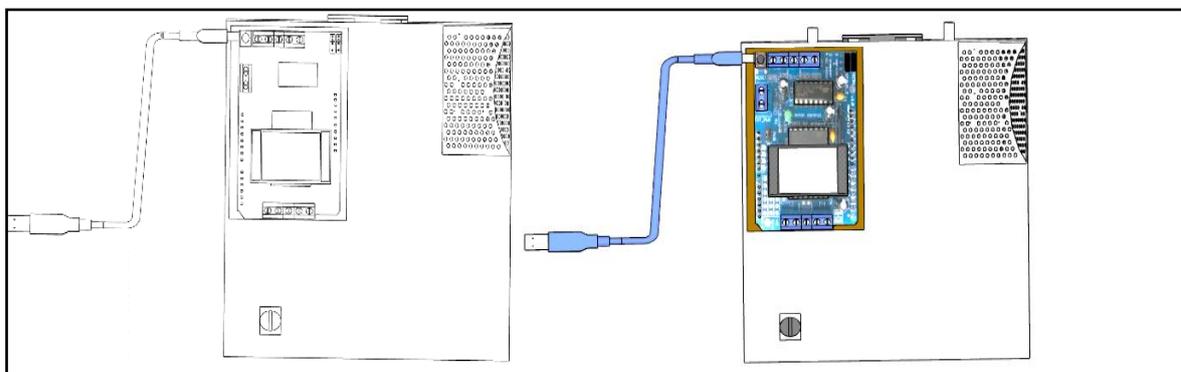


Figura 12: Diseño final de la caja de control, vista superior.

- **Descripción del hardware**

Se realizó un sistema de monitoreo que integra sensores que miden la temperatura e iluminación con la electrónica adecuada dentro de la caja control. Dado que el sistema se estableció en un área estable, con cajas acondicionadas, fácil de manejar y de tamaño adecuado, las mediciones de lecturas de temperatura e iluminación son de alta aceptabilidad y en tiempo real. Este sistema se ha desarrollado con componentes de bajo costo y disponibles en el mercado.

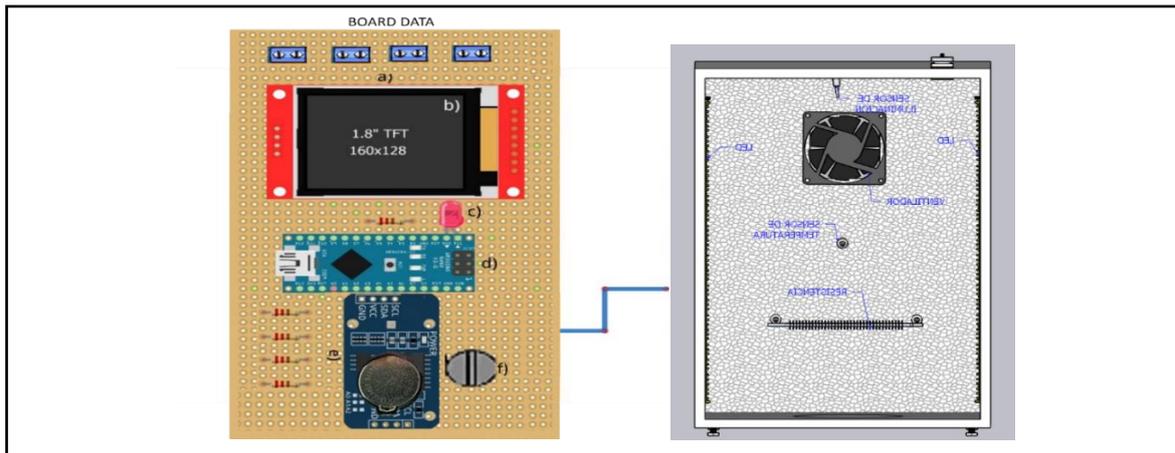


Figura 13: Tablero registrador de datos de temperatura e iluminación.

Se muestra en la figura 13 el tablero registrador de datos de temperatura e iluminación (*temperature and lighting data logger board*) que comprende los siguientes componentes:

- a) Sensor variables display TFT pantalla.
- b) Socket SD
- c) Led indicador de encendido
- d) Nano Arduino microcontrolador de placa.
- e) Reloj RTC para fecha y hora.
- f) Potenciómetro para el control de cantidad de lux.
- g) Sensor temperatura NTC
- h) Sensor iluminación BH1750
- i) Ventilador
- j) Fuente de alimentación

- **Selección de sensor**

Sensor temperatura NTC: Es un modelo de tipo NTC que detecta la temperatura mediante un cable con dos hilos de cobre estañados y sensor de temperatura tipo NTC en uno de los extremos. El sensor está protegido por una cápsula de acero inoxidable.

Sensor iluminación BH1750: Es un sensor de luz a base de un LDR, de modelo de salida analógica, nos entrega automáticamente el valor en Lux. Este sensor nos permite medir la cantidad de luz por metro cuadrado que tenemos dentro de la caja control, el cual se modificó automáticamente acorde a los voltios del LED.

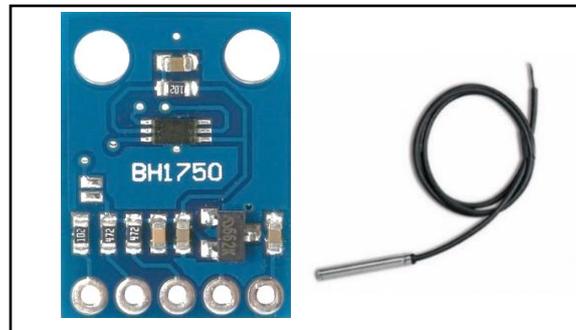


Figura 14: Selección de sensores (BH1750, NTC).

El procedimiento del sistema y algoritmo informático de funcionamiento del datalogger expresado en el siguiente diagrama de flujo.

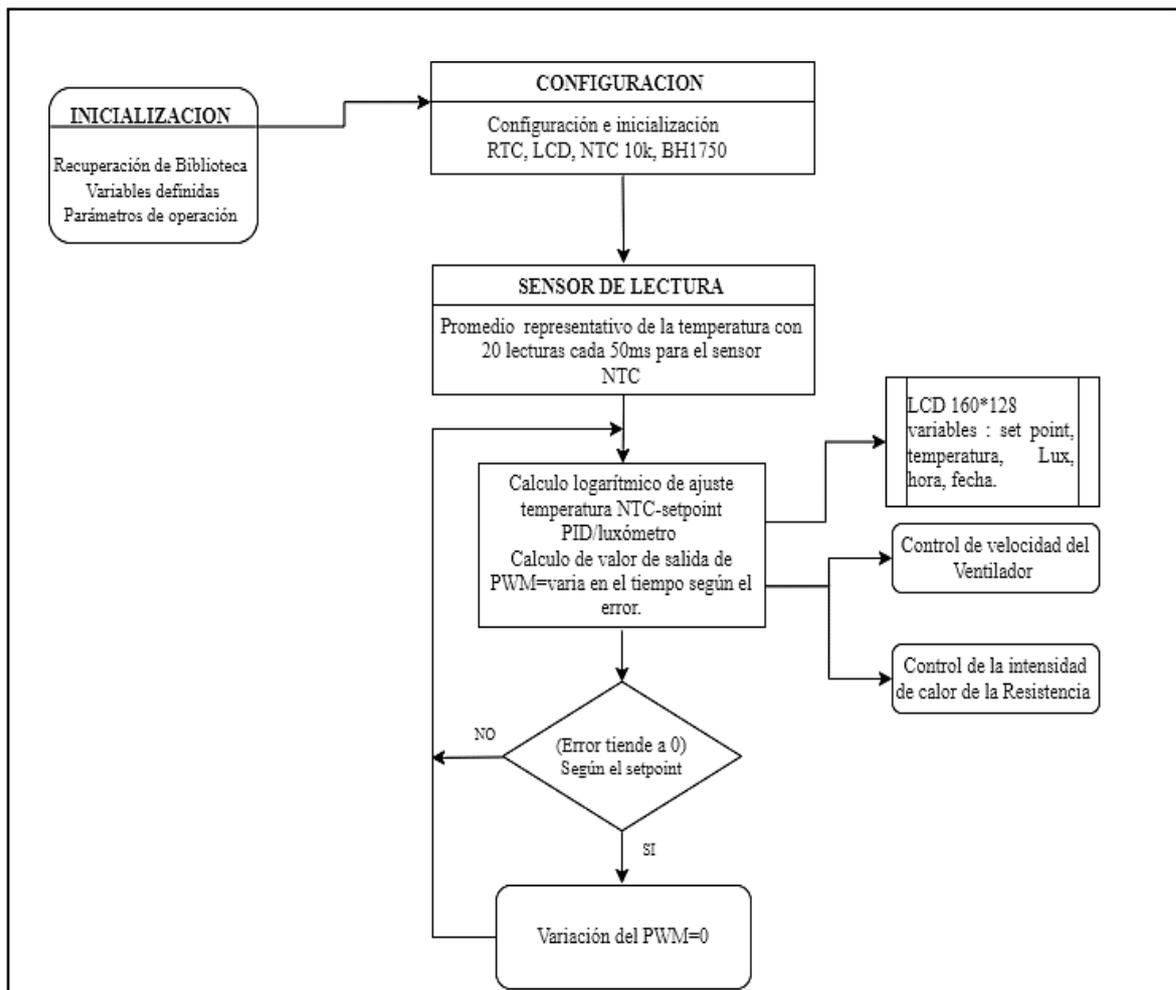


Figura 15: Diagrama de flujo del proceso de la caja control.

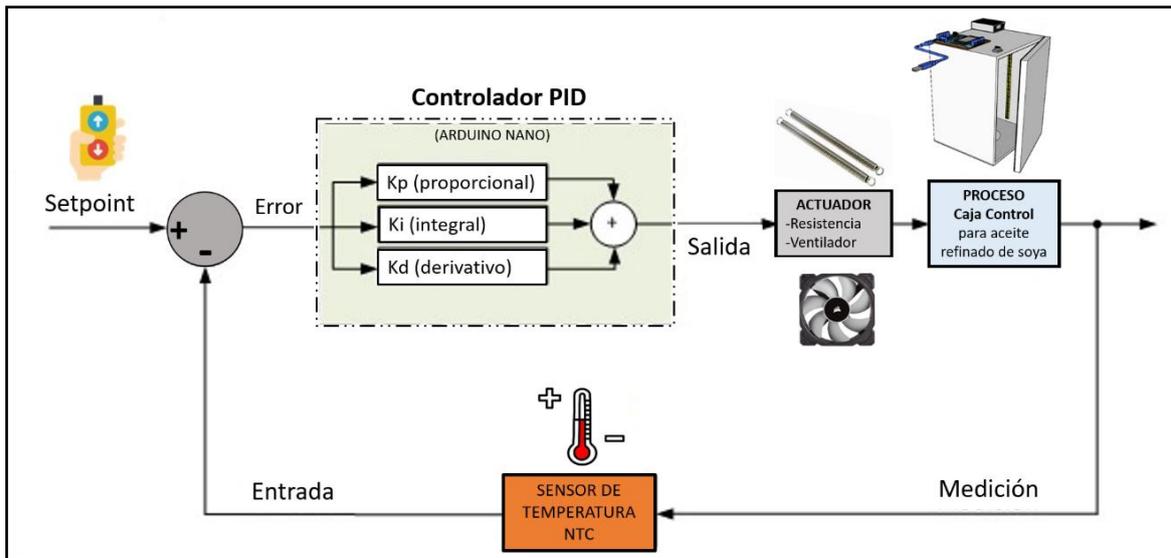


Figura 16: Diagrama de bloques del controlador PID para la caja control.

3.7.4. Análisis fisicoquímicos del aceite de soja refinado

a. Índice de acidez libre:

La determinación de esta característica fisicoquímica se realizó de forma inter diaria durante 30 días consecutivos, donde se pesó 28,4 g de muestra de aceite por cada tratamiento y se homogenizó en un matraz Erlenmeyer con alcohol isopropílico y 1 ml de indicador de fenolftaleína al menos por un minuto. Finalmente, se tituló con NaOH 0,1 N hasta conseguir un tono roza constante por 30 segundos. Para la obtención de los resultados se debe anotar el gasto de la solución tituladora en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{G * N * 56,1}{M} \dots \dots \dots \text{Ec. 01}$$

Donde

G: Gasto del hidróxido de sodio 0,1N

N: normalidad

M: peso de la muestra de aceite de soja

b. Índice de peróxido:

Se realizó de forma inter diaria durante 30 días consecutivos donde se pesó 5 g de muestra de aceite por cada tratamiento y se homogeniza en un matraz Erlenmeyer con tapa y se añadió 30 ml de solución de cloroformo y ácido acético (2:3) antes de agitar se adiciona 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio. Luego se dejó en oscuridad por 2 min, pasado el tiempo de reposo se añade 30 ml de agua destilada. Para titular con tiosulfato de sodio al

0,1 N solo hasta casi lograr la desaparición del color amarillo, finalmente se agregó una solución de almidón al 1% y se tituló con tiosulfato de sodio hasta desaparecer el color azul completamente. También se hizo la prueba en blanco para el cálculo de los resultados con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Peroxido} = \frac{(V - v) * N * 1000}{M} \dots \dots \dots \text{Ec. 02}$$

Donde:

V: gasto del tiosulfato de sodio en el aceite de soya

v: gasto del tiosulfato de sodio de la prueba en blanco

N: normalidad del tiosulfato de sodio

M: peso de la muestra de aceite de soya

c. Índice de estabilidad oxidativa (OSI):

Pasado los 30 días de experimentación, los 11 tratamientos y la muestra testigo se sometieron a la evaluación del índice de estabilidad oxidativa bajo el método AOCS Cd 12b-92 en el Metrohm Rancimat 743, donde se prepararon las celdas de conductividad para ello se lavaron rigurosamente con agua destilada y alcohol, estas celdas se sumergieron en agua destilada, ya para este punto se realizó la corrección de temperatura por celda. Para la preparación de la muestra se utilizó 5 ml de aceite de soya por cada tratamiento y se colocó en cada tubo de reacción, con el tubo de capilar y la barra de espuma para cada uno, cuando se tuvo lista las muestras se procedió a crear el método donde se sometió a un flujo de gas de 20 L/h, a una temperatura de 120 °C y una conductividad de agua destilada de 1,4 µs/cm en el programa del Rancimat, finalmente se colocó y activo el botón de inicio al mismo tiempo para no tener alguna variación con los resultados.

La prueba acelerada de Rancimat se controló desde el PC con el software StabNet. Para la operación del equipo se inició con la calibración para determinar la constante de celda del sensor de conductividad, esta precisión fue para la determinación del tiempo de inducción, ya que solo se evaluó la forma de la curva y se continuó con la determinación del tiempo de estabilidad, donde, el cambio de conductividad se midió en términos absolutos. Por regla general, el tiempo se determinó hasta un aumento en la conductividad de 50 µs/cm. La constante de celda para el electrodo de conductividad que se utilizó se calibró para poder medir la conductividad correctamente. Las constantes de celda pueden determinarse automáticamente mediante una solución estándar definida.

Para la determinación de la corrección de temperatura se indicó la desviación de la temperatura actual de la muestra con respecto a la temperatura del bloque calefactor y formo parte del método como parámetro. Se determinó automáticamente con el sensor de temperatura externo calibrando la temperatura del ambiente.

Preparación de la determinación de la verificación de temperatura: primero se realizó la preparación de la tapa del recipiente de reacción montando el tubo de aire en la tapa, después se fija el primer espaciador a una distancia aproximada de 12 cm del extremo inferior en él tubo de aire y el segundo espaciador a una distancia de aproximado 5 cm del extremo inferior del tubo, continuamos con la inserción del sensor de temperatura desde la apertura de arriba de la tapa y fijado en las aberturas correspondientes de los espaciadores. Para la preparación del recipiente de reacción se llenó el recipiente de reacción con 5 ml de aceite de silicona, se colocó la tapa del recipiente con el sensor de temperatura y se empujó el sensor de temperatura completamente hacia abajo (sensor debe toca la base del recipiente). Además, se insertó y conecto el recipiente de reacción con la tapa, se atornilló un extremo del tubo y se conectó el sensor de temperatura al conector en la parte trasera del Rancimat.

Una vez realizado estos pasos se inició con la preparación de la muestra, donde con el aceite completamente puro y claro se procedió a:

- Pesaje en la muestra: se realizó colocando el recipiente de reacción en una escala usando un soporte, se pesó el material de muestra directamente en el recipiente de reacción, se utilizó 5 ml.
- Comprobación del nivel de llenado: se aseguró que la cantidad de la muestra en el recipiente de reacción sea suficiente para que el tubo de aire se sumerja.
- Montaje de los accesorios: se sujetó el borde superior del recipiente de reacción. Luego se insertó un tubo de aire en el conector de la tapa del recipiente de reacción, atornillándolo en el adaptador de rosca. También se colocó la tapa al recipiente de reacción y él tubo blanco al conector del tubo de la tapa del recipiente de reacción.
- Preparando la determinación: se efectuó la selección del método en la parte del programa Workplace, haciendo clic en “bloquear un área” y seleccionar un método para el método para el bloque A o B.
- Puesta en marcha del calefactor: en la parte del programa Workplace, se hizo clic en el botón inicio para calentar dentro del área del bloque seleccionado donde el color de la pantalla de temperatura del Rancimat cambio a un color rojo durante la fase del

calentamiento. El color de la pantalla de temperatura cambio a verde una vez que alcanzó la temperatura del método asignado.

- Identificación de la muestra: se ingresó las identificaciones de la muestra para todas las posiciones de las muestras utilizadas.
- Conexión e inserción del recipiente de reacción: sellada las posiciones no empleadas con tapones o recipientes de reacción vacíos para la protección contra las impurezas, se conectó el tubo blanco a las tapas de los recipientes de reacción hacia el adaptador de tubo de aceite del medidor y se debe tapar los recipientes. Finalmente, se atornilló las piezas de tubo a los adaptadores de rosca de las tapas de recipientes de reacción y la conexión de suministros de aire del Rancimat insertando los recipientes de reacción preparados en los huecos del calentador, se presionó el botón de inicio para iniciar la grabación de datos inmediatamente después de insertar cada recipiente de reacción individual.
- Limpieza de los accesorios: la limpieza de los recipientes de medición y accesorios se realizó con una solución etanol y propanol y se enjuagó bien con agua destilada. Además, se limpió las tapas de los recipientes de medición y los electrodos con propanol y se debe enjuagar bien con agua destilada.

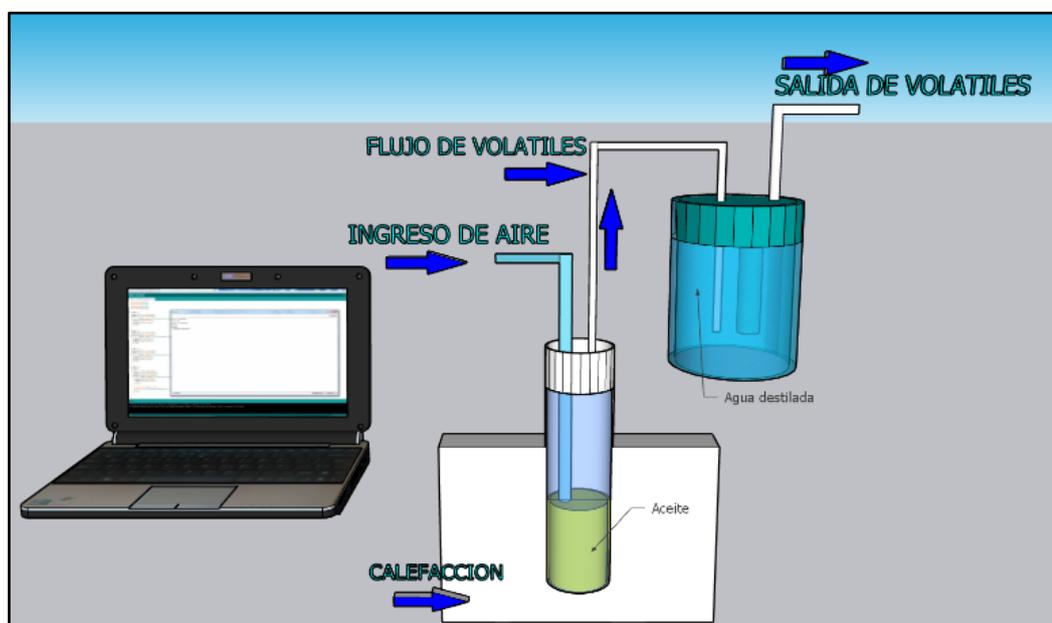


Figura 17: Representación esquemática del método Rancimat.

3.8. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento de la información se utilizaron técnicas estadísticas inferencial paramétricas para 2 factores, ANOVA mediante el software estadístico Statgraphics. Así mismo, se emplearon cuadros comparativos y gráficos estadísticos mediante el programa de cálculos Microsoft Excel.

3.9. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El efecto de la temperatura e iluminación del aceite de soya refinado comercial se obtendrá por medio del cálculo del índice de estabilidad oxidativa. Lo cual establece que la temperatura e iluminación tienen un efecto sobre las características fisicoquímicas del aceite de soya comercial refinado en la etapa de almacenamiento, además de que el aceite de soya comercial, con características fisicoquímicas aceptables, muestran mejores índices de estabilidad oxidativa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE SOYA COMERCIAL EN LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO.

Para la obtención del efecto de la temperatura e iluminación se verificó la trazabilidad del aceite de soya evaluado donde en la tabla 5, se observa que el aceite de N° lote 171, inició con un índice de acidez de 0,030 mg de KOH/g aceite, un índice de peróxidos de 0,0000 multiequivalentes de oxígeno activo/ Kg de aceite. Indicándose así él, cumpliendo inicialmente con lo estipulado en la Norma para aceites vegetales especificados CXS 2010-1999 (revisada 2019), de hasta 0,6 mg de KOH/g de aceite y 10 multiequivalentes de oxígeno activo/ Kg de aceite, respectivamente. Véase el Anexo 5, 6, 7 y 8.

Tabla 5: Índice de acidez y peróxidos del aceite de soya refinado

Etapa	Índice de acidez (mg de KOH/g aceite)	Índice de peróxidos (mEq de oxígeno activo/ Kg de aceite)	Fuente
Producción	0,030	0,000	Granos Bolivia
Recepción	0,040	0,000	Rio Grande Distribuciones
Envasado	0,040	0,001	Rio Grande Distribuciones
Almacenamiento	0,03950	0,000	Ejecución propia

Por otro lado, el comportamiento del índice de acidez para cada tratamiento resulta ascendente durante los 30 días de evaluación (Anexo 21), donde todos cumplen con lo previsto en la norma. Además, se observa que para los tratamientos T5 (T = 13 °C, I = 650 LUX) y T7 (T = 20 °C, I = 155 LUX) se obtuvieron los valores más bajos con 0,06906 y 0,07105 mg de KOH/g aceite, respectivamente; en cambio, para los tratamientos T8 (T = 20 °C, I = 1145 LUX) y T4 (T = 25 °C, I = 1000 LUX) se alcanzaron los valores más altos con 0,12440 y 0,11442 mg de KOH/g aceite, respectivamente.

El resultado obtenido sobre el efecto de la temperatura e iluminación en el índice de acidez del aceite de soya comercial durante 30 días de experimentación es más significativo la explosión a iluminación, no obstante, la presencia de temperatura también mostró significancia, la misma se afirma que existe influencia significativa de los factores de estudio tales como temperatura e iluminación sobre índice de acidez del aceite refinado de soya comercial (Anexo 15) trabajando a un nivel de significancia del 5%.

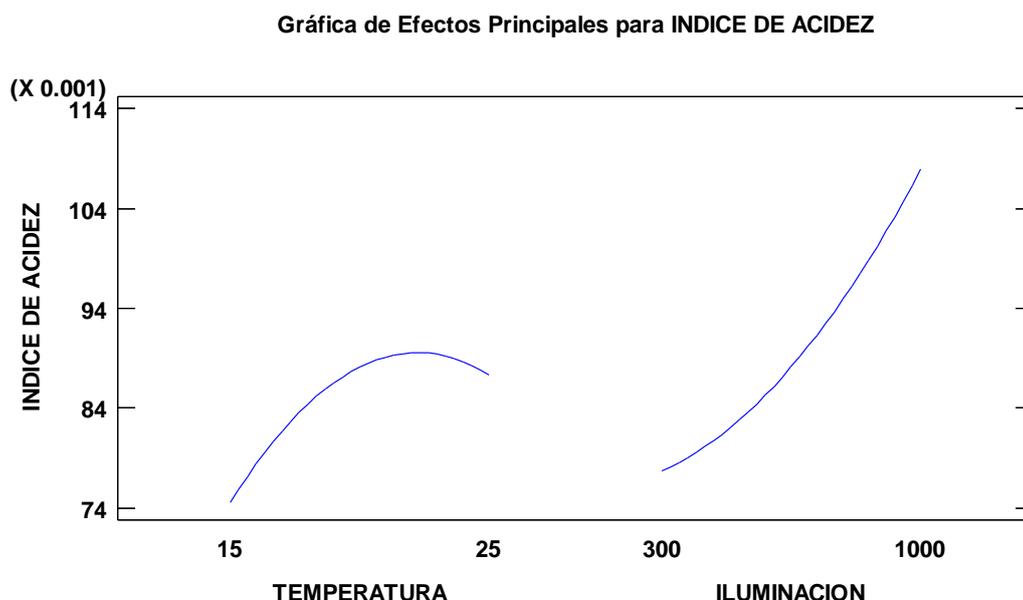


Figura 18: Grafica de efectos principales para el Índice de Acidez.

En la figura 18, Se observa que la temperatura influye en el incremento del índice de acidez en función al tiempo de almacenamiento, por otro lado, la experimentación muestra que a una temperatura de 15 °C se presenta menor contenido de acidez y conforme se eleva la temperatura hasta los 22 °C aproximadamente se observa el incremento del índice de acidez y por encima de dicho valor se tiene la tendencia a disminuir. El Índice de Acidez es considerado como uno de los principales parámetros que reflejan la calidad de los aceites vegetales, el grado de refinación, así como el cambio de calidad durante el almacenamiento (Hui, 1996; Osawa *et al.*, 2007; Tasan *et al.*, 2011).

Además, el índice de peróxidos presenta un comportamiento ascendente durante los 30 días de evaluación (Anexo 22). Luego, es posible observar que para los tratamientos; T1 (T = 15 °C, I = 300 LUX), T2 (T = 25 °C, I = 300 LUX) y el T7 (T = 20 °C, I = 115 LUX) obtuvieron índices de peróxidos de 5,39; 5,93 y 3,74 mEq de oxígeno activo/ Kg de aceite, cumpliendo con lo señalado en la norma. Para el resto de los tratamientos se obtuvieron valores que superan lo máximo permitido por el Códex alimentario.

El resultado obtenido sobre el efecto de la temperatura e iluminación en el índice de peróxidos del aceite de soya comercial durante 30 días de experimentación, es más significativo la exposición a iluminación, no obstante, la presencia de temperatura también mostró significancia y se afirma que la temperatura con relación al índice de peróxido llega a una estabilización mientras que la iluminación provoca una tendencia creciente con relación al índice de peróxidos del aceite refinado de soya comercial (Anexo 16) trabajando a un nivel de significancia del 5%.

Gráfica de Efectos Principales para INDICE DE PEROXIDOS

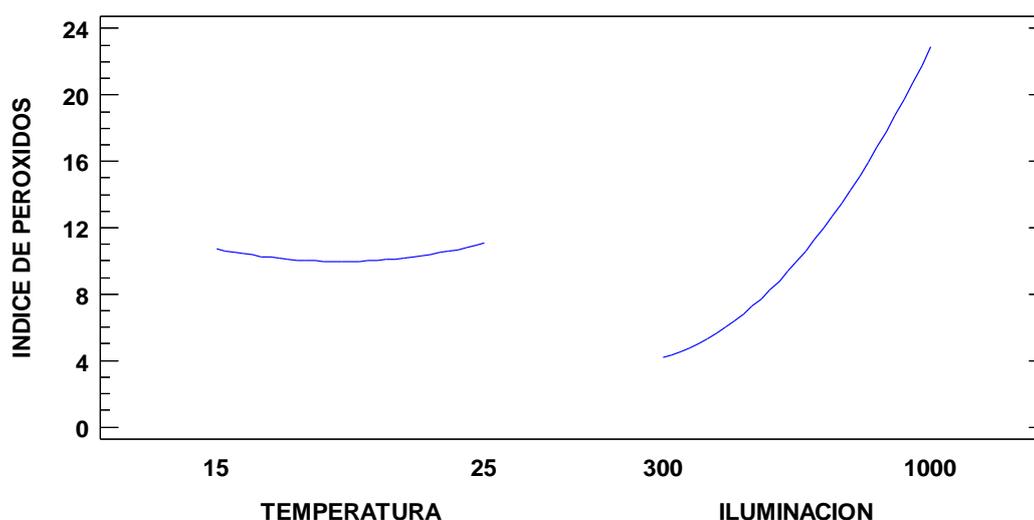


Figura 19: Grafica de efectos principales para el Índice de Peróxidos.

El presente estudio determinó que la temperatura y la iluminación si generan un efecto en el índice de peróxidos e índice de acidez ($p < 0,05$). Estos resultados concuerdan de lo encontrado por Martínez *et al.* (2016), cuya investigación demostró un efecto incremental en el índice de peróxidos y una disminución del contenido de ácidos grasos.

Además, en la investigación de Ayala (2012), nos dice que la temperatura logra una tendencia de crecimiento en respecto a su almacenamiento con 330 horas aproximadamente altera el índice de peróxidos del aceite de soya significativamente sometido a 60 °C. coincidiendo con la influencia frente al índice de acidez en la presente investigación.

Es importante destacar que los niveles de peróxidos aumentan a mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, lo cual hace susceptible a la oxidación del aceite de soya cuando absorbe luz, como lo ve Ayala (2011), donde el afecto de la luz y aire indica un resultado significativo ante el índice de peróxidos.

4.2. MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA (OSI) DEL ACEITE DE SOYA COMERCIAL REFINADO CON MEJORES CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

De los 11 tratamientos evaluados se obtuvieron con mejores características fisicoquímicas, a T5 (T = 13 °C, I = 650 LUX) y T7 (T = 20 °C, I = 155 LUX) en acidez se obtuvieron los valores más bajos con 0,06906 y 0,07105 mg de KOH/g de aceite y; T1 (T = 15 °C, I = 300 LUX), T2 (T = 25 °C, I = 300 LUX) y el T7 (T = 20 °C, I = 115 LUX) obtuvieron índices de peróxidos 5,39; 5,93 y 3,74 mEq de oxígeno activo/ Kg de aceite.

Tabla 6: *Tratamientos de aceite de soya con mejores características fisicoquímicas*

Tratamiento	Índice de acidez	Índice de peróxidos
T1 (15 °C, 300 LUX)	0,07308	5,391
T2 (25 °C, 300 LUX)	0,07492	5,934
T5 (13 °C, 650 LUX)	0,06906	10,485
T7 (20 °C, 155 LUX)	0,07105	3,740
T11 (20 °C, 650 LUX)	0,08884	9,906

Para el análisis de la estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial se realizó en el equipo Rancimat modelo 892, donde las muestras de los tratamientos seleccionados fueron sometidos a las mismas condiciones experimentales de 120 °C de temperatura y flujo de aire de 20 L/h determinados por el tiempo de variación de la conductividad eléctrica del agua desionizada. La temperatura de medición depende de la estabilidad a la oxidación de la muestra. Para el aceite de soya se efectúan a 120 °C (menor estabilidad – temperatura más baja). Donde el tiempo transcurrido hasta la formación de compuestos volátiles en la superficie resulta el índice de estabilidad oxidativa (OSI) y este valor es indicativo a la firmeza del aceite de soya ante la oxidación, la degradación oxidativa se manifiesta en esta etapa por la aparición de viscosidad elevada, alteraciones organolépticas y cambios de color generándose productos de desintegración del mismo aceite como peróxidos, alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos carbonilos.

El valor de OSI (hora) se expresa en la tabla 9, donde se muestra que todos los tratamientos tienden a disminuir de acuerdo al efecto de la temperatura e iluminación.

Tabla 7: Tiempo de inducción y de estabilidad a distintas condiciones

Tratamiento	Temperatura (°C)	Flujo de aire	OSI (h)
T1 (15 °C, 300 LUX)	120	20	7,07
T2 (25 °C, 300 LUX)	120	20	6,40
T5 (13 °C, 650 LUX)	120	20	6,25
T7 (20 °C, 155 LUX)	120	20	6,91
T11 (20 °C, 650 LUX)	120	20	6,21

Se evaluó el índice de estabilidad oxidativa (OSI) del aceite de soja refinado comercial, en función de las condiciones previas de experimentación con la temperatura e iluminación, además se consideró parámetros fijos al flujo de aire y temperatura en el Rancimat con el fin de no variar los resultados porque la estabilidad oxidativa tiene directa influencia con la alteración de estos parámetros. En las figuras 20 al 24 se muestran la relación del tiempo de inducción con la conductividad del agua para la determinación del OSI.

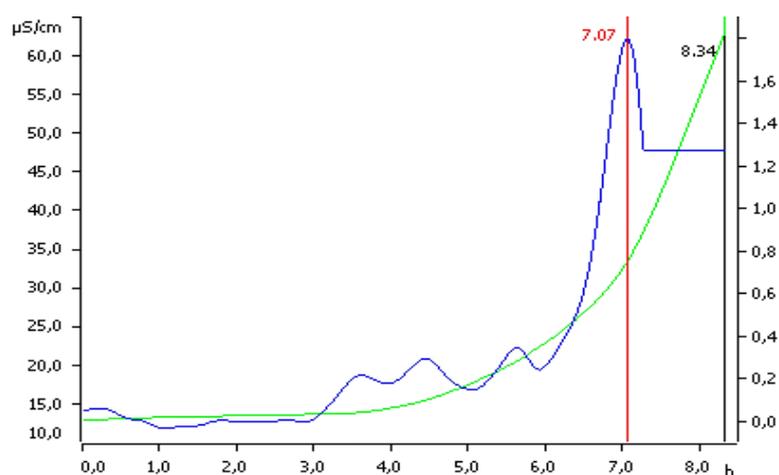


Figura 20: OSI del aceite de soja refinado en T1(15°C, 300LUX)

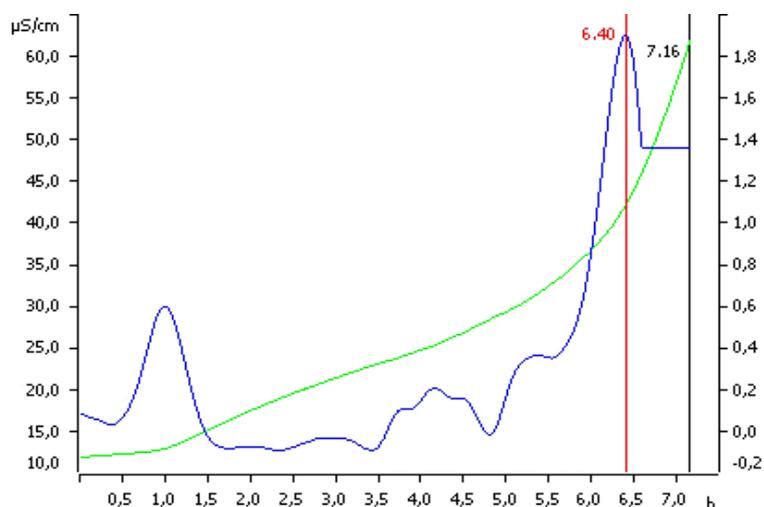


Figura 21: OSI del aceite de soja refinado en T2 (25 °C, 300 LUX)

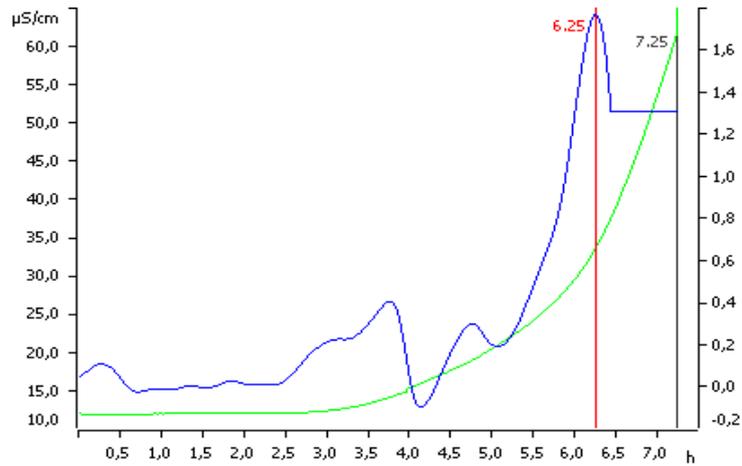


Figura 22: OSI aceite de soya refinado en T5 (13 °C, 650 LUX)

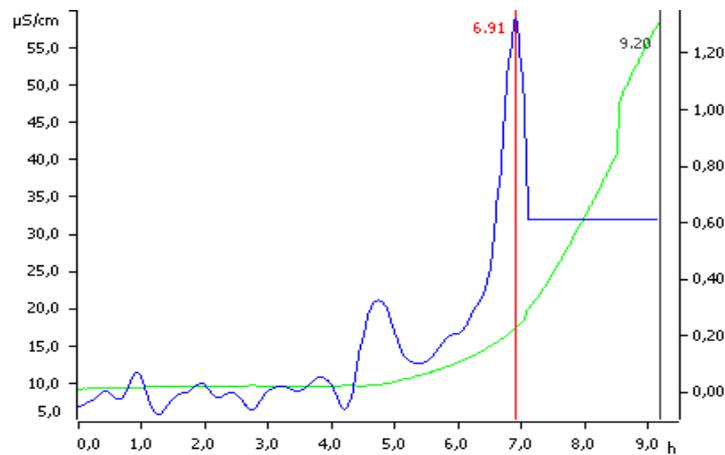


Figura 23: OSI aceite de soya refinado en T7 (20 °C, 155 LUX)

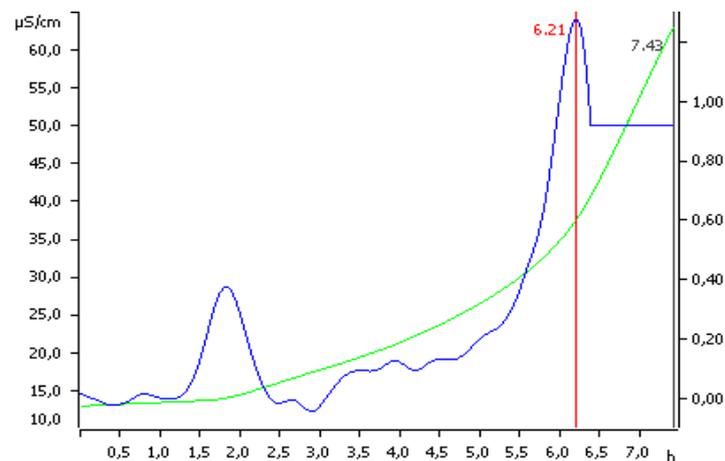


Figura 24: OSI del aceite de soya refinado en T11(20 °C, 650 LUX)

En el presente estudio se encontró que la actividad oxidativa del aceite de soya refinado disminuye conforme la cantidad de iluminación es más baja; la temperatura ejerce un efecto sobre dicha actividad, sin embargo, la iluminación tiende a tener una influencia más significativa.

Un resultado similar fue encontrado por Makhoulf *et al.* (2020), cuyo estudio con aceites de bellota extraídos de tres diferentes de *Quercus*, encontró que la estabilidad oxidativa se alcanza en niveles de oscuridad más alta.

Según De Almeida *et al.* (2019), la temperatura si tiene un efecto mayor sobre la estabilidad oxidativa en aceite crudo y refinado de palma, oleína y estearina, hallando que el aceite a temperatura de refrigeración presentó mayor calidad que el resto de las muestras.

Este efecto de la temperatura sobre la estabilidad oxidativa, también fue constatada por Alonso y Chuqui (2019), en su estudio con mezcla de aceite semi refinado de pescado (*Engraulis ringens*) y aceite de oliva (*Olea europaea*). Constatando de esta forma que la temperatura si afecta las características fisicoquímicas del aceite de soya refinado.

Recordando los resultados iniciales sobre los efectos de la temperatura e iluminación en las características fisicoquímicas del aceite de soya refinado comercial, se obtuvo los índices de estabilidad oxidativa de todos los tratamientos experimentados en comparación con la muestra testigo (control), para la identificación de la diferencia del comportamiento del aceite de soya sometido a diferentes condiciones de almacenamiento. Estos resultados se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8: Comparación de las características fisicoquímicas y OSI con la muestra testigo.

Tratamiento	Índice de acidez (mg de KOH/g aceite)	Índice de peróxidos (mEq O ₂ / Kg de aceite)	OSI (h)
Muestra testigo	0,03950	0,00	15,77
T1 (15 °C, 300 LUX)	0,07105	3,74074	7,07
T2 (25 °C, 300 LUX)	0,07308	5,39180	6,40
T3 (15 °C, 1000 LUX)	0,07492	5,93424	2,77
T4 (25 °C, 1000 LUX)	0,07891	25,69260	1,08
T5 (13 °C, 650 LUX)	0,07892	9,94411	6,25
T6 (27 °C, 650 LUX)	0,08674	9,98402	5,49
T7 (20 °C, 155 LUX)	0,08875	10,03147	6,91
T8 (20 °C, 1145 LUX)	0,08884	9,90648	1,42
T9 (20 °C, 650 LUX)	0,11442	27,21839	6,33
T10 (20 °C, 650 LUX)	0,12443	27,23881	5,55
T11 (20 °C, 650 LUX)	0,06906	10,48591	6,21

La muestra testigo de aceite de soya refinado comercial fue seleccionado del lote N° 171, almacenado a una temperatura no mayor a 10 °C en presencia de oscuridad total, para evitar la influencia de temperatura e iluminación sobre la muestra. Donde se obtuvo la siguiente comparación del índice de estabilidad oxidativa donde la muestra testigo alcanzo 15,77 h siendo el tiempo más alto y el tratamiento T4 (25 °C, 1000 LUX) con un tiempo de 1,08 h de estabilidad oxidativa como el mínimo, lo que representa el envejecimiento del aceite y la alta presencia de volátiles de oxidación.

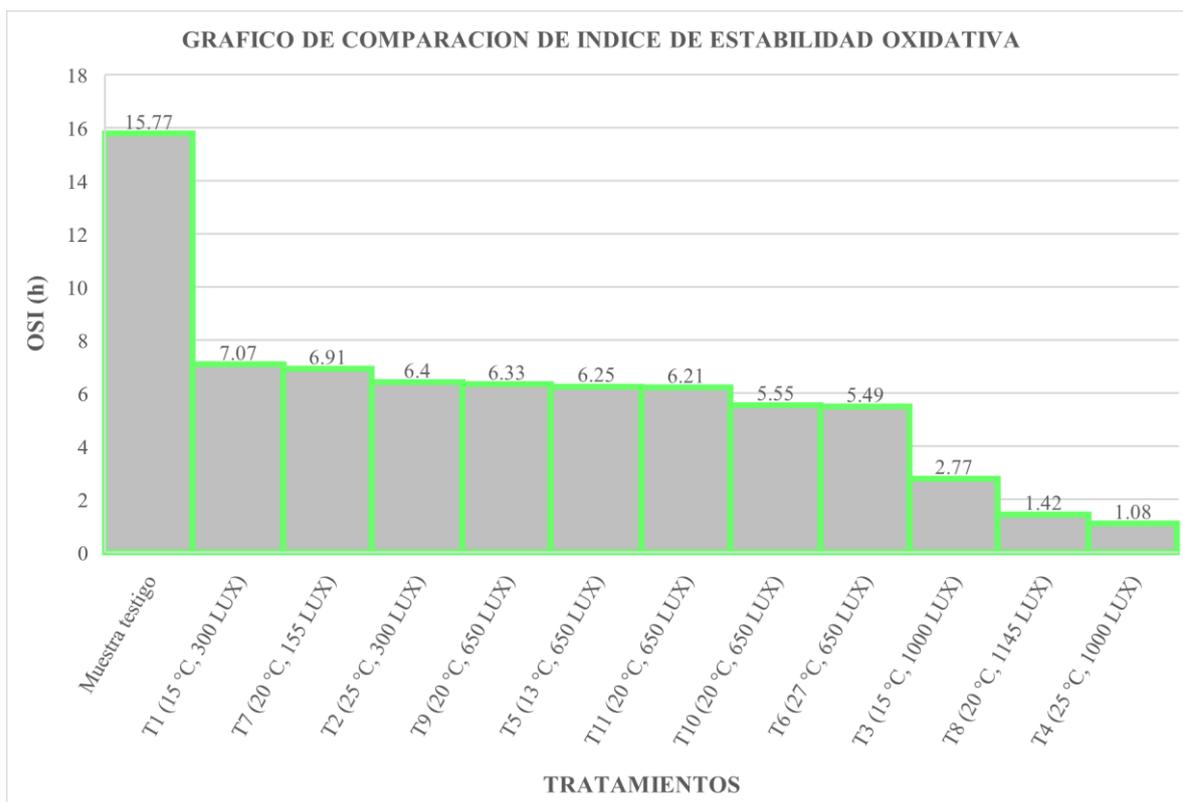


Figura 25: Gráfico de comparación OSI del aceite de soya refinado.

Los resultados de la comparación del índice de acidez, índice de peróxidos e índice de estabilidad oxidativa se observa en la figura 25, la muestra testigo se establece como la referencia óptima de un aceite libre de peróxidos, y agentes volátiles de oxidación con 0,06906 (mg de KOH/g aceite) de índice de acidez, 0,48591 (mEq de oxígeno activo/ Kg de aceite) de índice de peróxidos y 15,77 h en OSI, donde los tratamientos T1 (15 °C, 300 LUX), T2 (25 °C, 300 LUX), T5 (13 °C, 650 LUX), T6 (27 °C, 650 LUX) tuvo un resultado de índice de acidez de 0,07105 mg de KOH/g aceite como el más bajo, pero no sobrepasa la referencia de la muestra testigo, 3,74074 mEq O₂/ Kg de aceite de índice de peróxido y 7,07 h OSI, 0,07308 mg de KOH/g aceite 5,39180 mEq O₂/ Kg de aceite de índice de peróxido 6,40 h OSI, 0,07892 mg de KOH/g aceite 9,94411 mEq O₂/ Kg de aceite de índice de

peróxido 6,25 h OSI, 0,08674 mg de KOH/g aceite 9,98402 mEq O₂/ Kg de aceite de índice de peróxido 5,49 h OSI como los resultados más bajos los cuales no sobrepasan los requisitos requeridos de calidad del Códex Alimentarius, y los tratamientos T3 (15 °C, 1000 LUX), T4 (25 °C, 1000 LUX) y T8 (20 °C, 1145 LUX) obtuvieron resultados de índice de acidez bajos adecuados para un aceite comestible, pero con resultados muy elevados en índice de peróxidos en el caso del T4 y T8, ya que sobrepaso los límites de aceptabilidad y referencia con la muestra testigo al igual que con los resultados del índice de estabilidad oxidativa no son adecuados para el consumo.

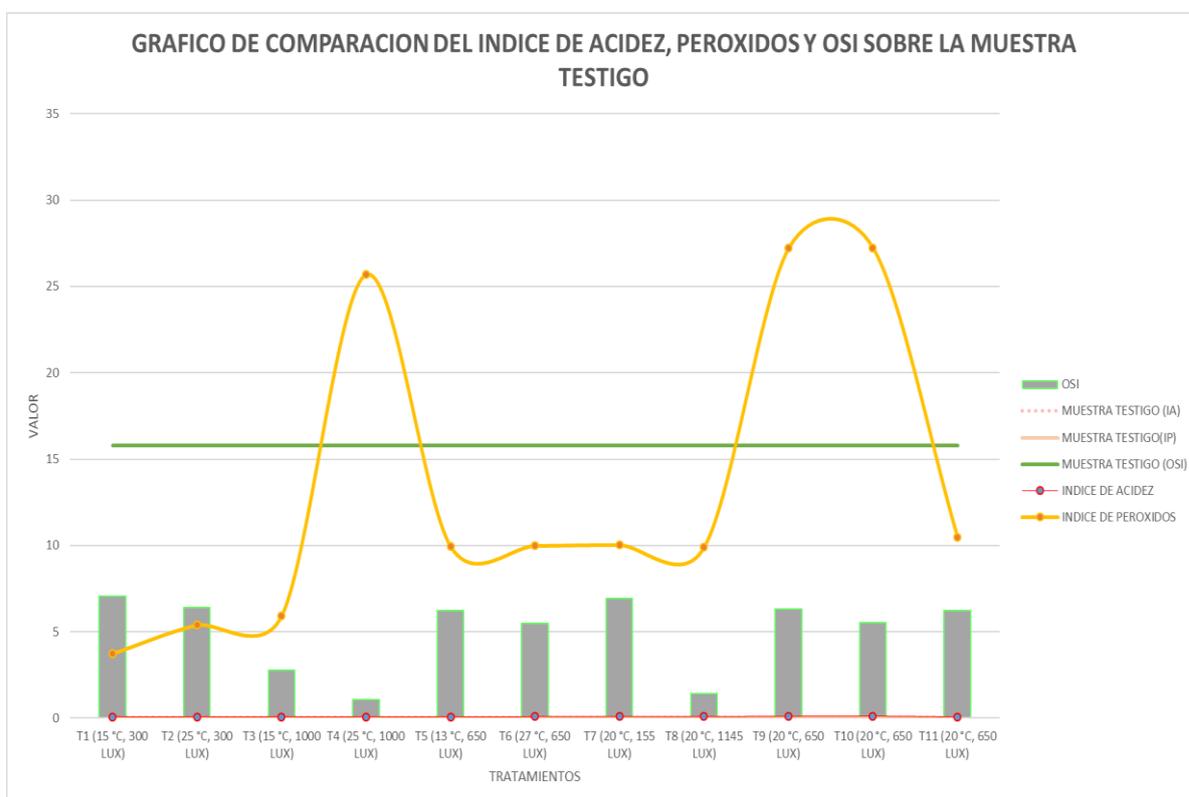


Figura 26: Gráfico de comparación del índice de acidez, peróxidos y estabilidad oxidativa en comparación con la muestra testigo

Con la finalidad de mejorar la estabilidad oxidativa en este tipo de aceites, estudios como los de Calsin (2016), sugieren la importancia de la adición de extractos antioxidantes de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) o de Mao *et al.* (2020) con la dosificación de ácido linolénico (AL).

En todo caso, es necesario, como lo expresan Nogueira *et al.* (2018), es necesario llevar a cabo el cálculo de los indicadores de estabilidad oxidativa durante todo el manejo de los aceites comestibles para evitar la ingesta de aldehídos.

Otro resultado importante del presente estudio es que se determinó que la temperatura y la iluminación no generaban un efecto en el índice de peróxidos y de acidez ($p > 0,05$), pero la iluminación si afectaba el índice de acidez libre ($p < 0,05$). Estos resultados difieren de lo encontrado por Martínez *et al.* (2016), en cuya investigación demostraron que al aumentar la temperatura se incrementa el índice de peróxidos, sin embargo, al mantener el producto en una temperatura de 4 °C, se logra mantener propiedades del aceite de palma (RBD).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Primera: Con relación al primer objetivo específico, se determinó que durante el almacenamiento se tiene un efecto significativo de la iluminación sobre el índice de acidez ($p=0,0008$) e índice de peróxidos ($p=0,00$) del aceite de soya refinado, con respecto a la influencia de la temperatura se concluye un predominio de en el índice de acidez ($p = 0,0043$) que en el índice de peróxidos ($p=0,0183$) y por la interacción de la temperatura y la iluminación el índice de acidez mostró mayor sometimiento ($p = 0,005$). Además, se observó que los valores iniciales de los índices de peróxidos de $0,000 \text{ mEq O}_2/\text{ Kg}$ de aceite y de acidez de $0,03950 \text{ mg de KOH/g}$ aceite, cumpliendo inicialmente con lo estipulado en la Norma para aceites vegetales especificados CXS 2010-1999

Segunda: Del segundo objetivo específico, se concluye que los tratamientos con mejores características de índice de acidez e índice de peróxidos dando un índice de estabilidad oxidativa (OSI) de $7,07 \text{ h}$ en el tratamiento 1 con una experimentación a 15 °C de temperatura y 300 lux de iluminación durante 30 días y $6,91 \text{ h}$ de índice de estabilidad oxidativa en el tratamiento 7 con una experimentación a 20 °C de temperatura a 155 lux de iluminación durante su almacenamiento.

Tercera: Con respecto a la comparación de las características fisicoquímicas y del Índice de estabilidad de oxidación OSI de las muestras experimentadas por 30 días y la muestra testigo se concluye que los tratamientos 4 y 8 con no más de $1,08 \text{ h}$ y $1,42 \text{ h}$ de índice de estabilidad oxidativa y sobrepaso de los límites de peroxidación tienen una gran diferencia a la muestra testigo, la cual obtuvo $15,77 \text{ h}$ indicando que la iluminación afecta en la oxidación del aceite de soya refinado comercial.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de la adición de antioxidantes naturales y artificiales sobre los antioxidantes propios del aceite refinado de soya incidiendo en su estabilidad oxidativa en altas condiciones de iluminación.
- Evaluar el perfil lipídico por cromatografía de gases bajo la influencia de la iluminación sobre su estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado.
- Evaluar el efecto de la variación de los parámetros como el flujo de aire y temperatura en el método Rancimat en aceite refinado de soya con influencia de iluminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrodata Perú. (2021). *Agrodata Perú*. Obtenido de Soya Aceite en Bruto Perú importación 2021: <https://www.agrodataperu.com/category/importaciones/soya-aceite-en-bruto-importacion>
- Aguilar, J. (2020). *Statistical Physics*. Madrid: Reverté.
- Alzamora, R. (2019). Tesis. *Efecto del tratamiento térmico sobre el perfil de ácidos grasos en la carne de cuy (Cavia porcellus)*. Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres.
- Ardiles, N., & Mozo, V. (2017). Tesis. *Determinación del tiempo de vida útil del aceite rudo de pescado usando antioxidantes sintéticos y naturales mediante el uso del método de Rancimat*. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Ayala, L. (2012). Simulación del tiempo de vida útil del aceite de soya, utilizando pruebas aceleradas.
- Ayala, R. (2011). Tesis. *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír plátano hartón verde*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Barrera, D. (1998). Estabilidad y utilización de nitrógeno en aceites y grasa. *Grasas y Aceites*.
- Bolsa del Comercio Rosario. (2019). *Fotografía del mercado mundial y local del aceite de soja*. Obtenido de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/fotografia>
- Brahmi, S. Haddad, K. Bouamara *et al.*, “Comparación de la composición química y actividades biológicas de los aceites de semillas de Argelia de *Pistacia lentiscus* L., *Opuntia ficus indica* (L.) mill. y *Argania spinosa* L. skeels”, *Cultivos y productos industriales*, vol. 151, artículo ID 112456, 2020.
- Calsin, M. (2016). Investigación de Maestría. *Estabilidad Oxidativa del aceite de Soya en Almacenamiento y Fritura con adición de Extractos de antioxidantes de Mashua*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria de La Molina.
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Chasquibol, N., Iparraguirre, K., Huamán, J., & Alarcón, R. (2020). Estabilidad Oxidativa de los Aceites de Sacha Inchi (*Plukenetia Huayllabambana* y *Plukenetia Volubilis*) y su Importancia en la Industria Alimentaria. *Ingeniería Industrial*.
- Chuqui, A., & Alonso, F. (2019). Tesis. *Efecto de la mezcla de aceite semi refinado de pescado (engraulis ringens) con aceite de oliva (olea europaea) en su estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas*. Chimbote, Perú: Universidad Nacional Del Santa.
- De Almeida, D., Viana, T., Costa, M., Silva, C., & Feitosa, S. (2019). Effects of 674 different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and steering (*Elaeis guineensis*). *Journal of Food Science Technology*.

- Fan, L., & Eskin, N. (2015). In Handbook of Antioxidants for Food Preservation. *The use of antioxidants in the preservation of edible oils*.
- Fox, N., & Stachowiak, G. (2007). Vegetable oil-based lubricants-A review of oxidation. *Tribology International*.
- García Martínez, M. (2018). Oxidación lipídica en productos lácteos. *Influencia de la adición de ácidos grasos funcionales*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hui, Y. (1996) Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley and Sons Inc., New York, 281-282.
- Lubitza, S. (2019). Investigación de Grado. *Evaluación del efecto antioxidante de arabinoxilanos del Maíz (Zea Mays) en aceites comerciales utilizando el método Rancimat*. México: Universidad de Sonora, Sonora, México.
- Makhlouf, F., Squeo, G., Difonzo, G., Faccia, M., Pasqualone, A., Summo, C., & Caponio, F. (2020). Effects of storage on the oxidative stability of acorn oils extracted from three different Quercus species. *Journal of Sci Food Agriculture*.
- Manrique, G. (2014). Apuntes de Cátedra. *Caracterización de Grasas y Aceites*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Mao, X., Chen, W., Huyan, Z., Hussain, S., & Yu, X. (2020). Impact of linolenic acid on oxidative stability of rapeseed oils. *Journal of Food Sci Technology*.
- Martínez, J., García, K., Vargas, J., Arias, A., & Hernández, J. (2016). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica del aceite de palma (RBD) y la margarina vegetal. *Revista Alimentos Hoy*.
- Ministerio de Agroindustria. (2015). Protocolo de calidad. *Protocolo de Calidad para Aceite de Soja*. Buenos Aires, Argentina: Secretaria de Agregado de Valor.
- Navas Hernández, P. B. (2010). *Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales*. Universidad Castilla de la Mancha (UCLM), Ciudad Real - España.
- Nogueira, M., Scolari, B., Milne, G., & Castro, I. (2018). Oxidation products from omega-3 and omega-6 fatty acids during a simulated shelf life of edible oils. *Food Science and Technology*.
- Orus Abigail (2022) "Consumo doméstico de los principales aceites vegetales en el mundo 2021-2022" alimentación y nutrición. <https://es.statista.com/estadisticas/564768/consumo-domestico-de-los-principales-aceites-vegetales-segun-tipo/>
- Osawa *et al.*, 2007. Revista de Composición y Análisis de Alimentos 20(6):523-528 DOI: 10.1016/j.jfca.2007.02.002

- Pereyra, M., Costamagna, D., Rodríguez, P., Speltini, C., & Coppo, G. (2009). Autooxidación de Aceites Vegetales Comerciales. *Rumbos Tecnológicos*.
- Rodríguez, G., Villanueva, E., Glorio, P., & Baquerizo, M. (2015). Estabilidad Oxidativa y Estimación de la Vida útil del Aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Scientia Agropecuaria*.
- Salazar, M. (2002). *Manual de aplicacion de Disenhos exerimentales*. México: Universidad Veracruzana.
- Velasco, J., & Dobarganes, C. (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*.

ANEXOS

ANEXO 1

Determinación de acidez libre en aceites vegetales

Se realizará por el método de NTP 209.005 revisada el 2016

Reactivos

Alcohol etílico 95% neutralizado o Isopropanol al 99%

Fenolftaleína 1%

Solución de hidróxido de potasio NaOH 0,1N

Muestra de aceite

Equipos e instrumentos

Erlenmeyer de 250 ml

Balanza analítica, exactitud de 0,001g

Procedimientos

1) Pesar la muestra debidamente líquida y homogenizada en un Erlenmeyer de 250 ml

Rango de acidez libre	Muestra	Mililitros de alcohol	Concentración de álcali
0,00 a 0,2	56,4 ± 0,2	50	0,1 N
0,20 a 1,0	28,4 ± 0,2	50	0,1 N
1,0 a 30,0	7,05 ± 0,05	75	0,25 N
30,00 a 50,00	7,05 ± 0,05	100	0,25 N o 1,0 N
50,00 a 100,00	3,525 ± 0,00	100	1,0 N

2) Añadir 50 ml de alcohol frío y agregar 1ml de indicador de fenolftaleína.

3) Titular con KOH 0,1N agitando vigorosamente hasta la aparición del primer color rosado permanente por un espacio de 30 segundos.

4) Finalmente anotar el gasto del álcali.

Evaluación de resultados (Acidez libre expresada como ácido oleico en porcentaje)

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{G \times N \times 56,1}{W}$$

Donde:

G: Gasto en ml del álcali (KOH)

N: Normalidad (0,1 N)

W: Peso de la muestra (g)

Índice de acidez _____

ANEXO 2

Determinación de índice de peróxidos en aceites

Se realizará por el método de NTP 209.006 revisada el 2016

Reactivos

Solución de Ácido Acético Glacial y Cloroformo en volúmenes (3:2)

Solución saturada de yoduro de potasio (KI) 816

Tiosulfato de Sodio (Na₂S₂O₃) 0,1 N y 0,01 N 817

Solución indicadora de almidón al 1%

Agua destilada

Equipos e instrumentos

Erlenmeyer de 250 ml

Pipeta volumétrica de 1 y 10 ml

Probetas

Soporte y pinza para bureta

Balanza analítica

Procedimientos

Pesar 5 g de muestra en un matraz cónico de 250 ml y agregar la solución de cloroformo y ácido acético (3:2), se remueve el frasco hasta que la muestra se disuelva en la solución. Se continúa agregando 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio con agitación por un periodo exacto de 1 minuto. Se agrega de 30 ml de agua destilada y se mezcla. Titular con tiosulfato de sodio (0,1 N) hasta caso totalmente su desaparición del color amarillo hasta casi totalmente su desaparición del color amarillo, posteriormente se añade 0,5 ml de solución de almidón indicador, continuar la titulación con tiosulfato de sodio hasta la total desaparición del color azul. Finalmente, se anota el gasto y repetir los mismos pasos para el testigo o blanco.

Evaluación de resultados (Índice Peróxidos como mili equivalente de peróxidos /1000g)

$$IPO = \frac{(Volumen_{muestra} - Volumen_{blanco})}{W_{muestra}} \times N \times 1000$$

Donde:

Vm: gasto de tiosulfato de sodio de la muestra (ml)

Vb: gasto de tiosulfato de sodio del blanco (ml)

N: molaridad de tiosulfato de sodio

W: peso de la muestra

ANEXO 3

Norma para aceites vegetales especificados CXS 210-1999 (revisada 2019)

La presente norma se aplica a los aceites vegetales comestibles como el aceite de soya (soja).

FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN

Estos factores de calidad y composición constituyen la información suplementaria a los factores esenciales de composición y calidad de la Norma. Los productos que cumplan los factores esenciales de composición y calidad, pero no cumplan estos factores complementarios, se considerarán conformes a la Norma.

1. Características de calidad

Índice de acidez:

Aceites refinados	0,6 mg de KOH/g aceite
Aceite prensado en frío y vírgenes	4,0 mg de KOH/ de aceite

Índice de peróxidos:

Aceites refinados	Hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/ Kg de aceite.
Aceite prensado en frío y vírgenes	Hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/ Kg de aceite

ANEXO 4

Norma técnica peruana de muestreo simple clasificado por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote (NTP-ISO 2859-1:2013 revisada el 2018)

La presente norma técnica peruana ha sido elaborada por el comité técnico de normalización de aplicación de métodos estandarizados.

<i>Plan de muestreo simple para inspección normal</i>									<i>LCA: 6,5</i>		
Tamaño de lote	Nivel de inspección especiales				Nivel de inspección generales			Letra Código de tamaño de muestra	Tamaño de muestra	Ac	Re
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III				
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B	B	2	0	1
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C	C	3	0	1
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D	D	5	1	2
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E	E	8	1	2
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F	F	13	2	3
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G	G	20	3	4
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H	H	32	5	6
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J	J	50	7	8
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K	K	80	10	11
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L	L	125	14	15
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M	M	200	21	22
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N	N	315	21	22
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P	P	500	21	22
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q	Q	800	21	22
500 001 y mas	D	E	H	K	N	Q	R	R	1250	21	22

Leyenda:

Ac (Aceptación): número de unidades defectuosas que se toleran para aceptar el lote.

Re (Rechazo): número de unidades defectuosas para el rechazo del lote.

NTP-ISO 2859-1:2013, esta norma se aplica para alimentos como el aceite. La aplicación de este plan de muestreo en nivel de Inspección Especial S-4 y LCA=6,5%, de acuerdo al tamaño de lote.

En caso de utilizar plan de muestreo en nivel de Inspección Especial S-2 y LCA=6,5%, de acuerdo al tamaño de lote y se llega a encontrar alguna observación (defecto) producto, se realiza un re-muestreo aplicado el Nivel de Inspección Especial S-3 y LCA=6,5% de la referida norma.

ANEXO 5

Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa GRANOS

1/2

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

PARA: MARIA EUGENIA RUBIO
DE: CLAUDIA SUAREZ PIEROLA
CLIENTE: RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C.
N° DE FACTURA: 171
FECHA DE ENTREGA: 10/12/2021
FECHA DE INFORME: 13/12/2021
PRODUCTO: ACEITE REFINADO DE SOYA
Referencia: Estado fisicoquímico del aceite

Dando respuesta a la solicitud sobre el estado fisicoquímico del aceite refinado del cliente Rio Grande Distribuciones S.A.C., con factura Nro.: 171 OP: 11995 (consta de 5 cisternas)

CUADRO ANALISIS POR CISTERNAS

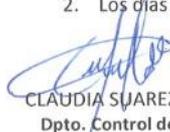
CISTERNA	PLACA	ANÁLISIS DE GRANOS				
		PERÓXIDO (meqO2/kg)	PARÁMETRO	MÉTODO	SABOR	OLOR
1	4538-PTH	0,04	0.5 máx. (Valor de fábrica) 6 máx. (especificación NB-161)	AOCS Cd8b-90	7	7
2	4555-ZXX	0,01	0.5 máx. (Valor de fábrica) 6 máx. (especificación NB-161)	AOCS Cd8b-90	7	7
3	1522-AUB	0,03	0.5 máx. (Valor de fábrica) 6 máx. (especificación NB-161)	AOCS Cd8b-90	7	7
4	3468-YAL	0,00	0.5 máx. (Valor de fábrica) 6 máx. (especificación NB-161)	AOCS Cd8b-90	7	7
5	5230-XTF	0,00	0.5 máx. (Valor de fábrica) 6 máx. (especificación NB-161)	AOCS Cd8b-90	7	7

1. Análisis dentro de los parámetros permitidos, en peróxidos.
2. Minina de las cisternas esta fuera de los parámetros de olor y sabor.

CUADRO ANALISIS MUESTRA GLOBAL (MUESTRA QUE ENTREGA INTERTEK)

ANALISIS	PARAMETROS COMERCIAL	RIO GRANDE MUESTRA CUSTODIA
Humedad y volátiles (%)	0,05 MAX	0,01
Ácidos grasos libres (%)	0,07 MAX	0,030
Fosforo (PPM)	5,0 MAX	< 1
Peróxido (Meq O2 / Kg . M)	0,5 MÁX. (Valor de fábrica) 6 MÁX. (especificación NB-161)	0,00
Color rojo (LB . CLD . 51 / 4 PLG .)	1,2 MAX	1,10
Amarillo	10,0 MAX	10,00
Azul	0,00 MAX	0,00
Jabón (PPM)	10,0 MAX	0,00
Sabor (7 – 10)	7,0 MIN	7,00
Olor (7 – 10)	7,0 MIN	7,00

1. Los análisis de calidad presentados están dentro de los parámetros.
2. Los días que se cargó al cliente rio grande los resultados fueron óptimos.


 CLAUDIA SUAREZ PIÉROLA
 Dpto. Control de Calidad



DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

2/2

VENTA DE ACEITE REFINADO DE SOYA

RIO GRANDE DISTRIBUCIONES

FACTURA NRO. 171

OP: 22008

FECHA DE FABRICACIÓN: 05-DIC-2021

FECHA DE DESPACHO: 09 AL 10 DE DICIEMBRE DEL 2021

CANTIDAD	NUMERO		PESO			CALIDAD DEL ACEITE					
	ORDEN DE VENTA	PLACA	BRUTO Kg.	TARA Kg.	NETO Kg.	HUM	ACIDEZ	COLOR	FOSFORO	JABÓN	ÍNDICE DE PERÓXIDO
						%	%	lovibond	ppm	ppm	(Meq O2/Kg.M)
1	143691	5230-XTF	44,870.0	15,870.0	29,000.00	0,00	0,030	1,1-10,0-0,0	<1,0	0,00	0,00
2	143692	4555-ZXX	44,680.0	15,680.0	29,000.00						
3	143695	4538-PTH	45,260.0	16,260.0	29,000.00						
4	143694	3468-YAL	44,530.0	15,530.0	29,000.00						
5	143693	1522-AUB	42,900.0	15,400.0	27,500.00						
TOTAL DESPACHADO CAMIONES					143,500.00						

RESUMEN	PESO NETO KG.	Cisternas	HUM (%)	ACIDEZ	COLOR	FOSFORO	JABÓN	ÍNDICE DE PERÓXIDO
Factura nro. 171	143,500.00	5.0	0,00	0,030	1,1-10,0-0,0	<1,0	0,00	0,00
Despacho total	143,500.00	5.0	0,00	0,030	1,1-10,0-0,0	<1,0	0,00	0,00


 DANIÉLA SALAZAR M.
 Dpto. Control de Calidad

ANEXO 6

Certificado de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa GRANOS



AGRIWORLD

CERTIFICADO DE PESO Y CALIDAD

Fecha de Emisión: 14/12/2021

Referencia: IAS.301.GPC.171.2021

EXPORTADOR: GRANOS – Empresa de Servicio Agroindustrial de Hugo Spechar Gonzáles
Av.Beni Nro.3228 (2do Piso) - Santa Cruz, Bolivia

IMPORTADOR: RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C.
MZA. D LOTE 6-ASOC. URB.PERUARBO (SECTOR PERU ZONA III) CERRO COLORAD
AREQUIPA, PERU

PRODUCTO: ACEITE REFINADO DE SOYA BOLIVIANO , TIPO EXPORTACION A GRANEL

FECHA DE FABRICACION: 05/12/2021

FACTURA DE EXPORTACIÓN: N° 00171

CANTIDAD: 116,00 TM.

A solicitud de nuestro cliente GRANOS, Intertek Testing Services Bolivia S.A. ha efectuado la supervisión del despacho, muestreo y control de peso de un lote de **Aceite Refinado de Soya a granel de origen boliviano**, realizado en la Planta de GRANOS Km. 8 1/2 carretera a Cotoca–Santa Cruz, Del 04 al 05 de diciembre del 2021.

PESO: El pesaje fue realizado en balanza del exportador, marca FAIRBANKS- CY IP 776-2013 Capacidad 80TM, obteniéndose los siguientes resultados:

Placa Cisterna	Peso Bruto (TM)	Tara(TM)	Peso Neto (TM)	Precintos Granos
4208 FZS	45,18	16,18	29,00	0212005-2010
4024 UHN	44,75	15,75	29,00	0212273-2276
2562 KXP	45,21	16,21	29,00	0212011-2016
3440 HKK	44,69	15,69	29,00	0212269-2272
TOTAL	179,83	63,83	116,00	

CALIDAD: La muestra obtenida durante el despacho fue enviada al laboratorio para su análisis obteniéndose los siguientes resultados:

Ensayos Realizados		Resultados	Unidades	Método
HUMEDAD		0,00	g/100g	AOCS Ca 2c-25
ACIDEZ (acido oleico)		0,030	g/100g	AOCS Ca 5a-40
COLOR LOVIBOND	ROJO	1,1		
	AMARILLO	10,0		
	AZUL	0,0		
FOSFORO		1,62	ppm	AOCS Ca 12-55
JABON		0,00	ppm	
INDICE DE PEROXIDO		0,00	g/100g	(Meq.02/Kg.M)

Lab Granos 18938 Precinto 1684250

Vladimir Osorio Gonzales
SUBGERENTE DE OPERACIONES

Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek are subject to Intertek standard Terms and Conditions which can be found on our website at: <http://www.intertek.com/terms/> This certificate is addressed to and for the sole benefit of the Customer. Only the Customer is authorized to permit copying or distribution of this certificate and then only in its entirety and only pursuant to the purpose for which it was prepared and provided. The issuance of this certificate does not exonerate any party from exercising all of their rights and discharging all of their commercial, legal or contractual liabilities with any third party. Any reported observations and results within this certificate should be read and relied upon only in the context of the intervention of Intertek and for the purpose for which this certificate was prepared and provided. The reported obser-

ANEXO 7

Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C. en la etapa de recepción.



Jr. Mariano Melgar N° 657
Puno - San Román - Juliaca

Rio Grande
DISTRIBUCIONES S. A. C.
RUC. 20498279971
Mz. D - Lote 6 - Asoc. Urb. PERUARBO
Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa

Urb. Taparachi Mz. B - Lote 2
Puno - San Román - Juliaca

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

INFORME DE CALIDAD

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD/ CCC-SPC

Juliaca, 14 de Diciembre del 2021

Señor (a) : Leticia Rosalva Rebas Tapia
ADMINISTRADORA GENERAL

RESULTADOS DE LA MUESTRA INSPECCIONADA

Producto evaluado	: Aceite de soya “Vicentina”
Lote	: 171
Fecha de envasado	: 14/12/2021
Fecha de vencimiento	: 14/12/2022
Presentación	: Botella 1 Litro

1. Análisis Físicoquímico

Muestra	Parámetro	Resultados	Requerido	Método	Conclusión
Aceite de soya del lote 171	Densidad *	0.919	0.919-0.925 g/cm ³	-	Conforme
	Acidez *	0.040	Max. 0.6 mg KOH/g	AOCS Ca 5a - 40	Conforme
	Índice de peróxidos*	0.00	Max. 10 meqO ₂ /kg	AOCS C d8-53	Conforme

(*) Se realizó 3 pruebas por ensayo

2. Análisis Organoléptico

Atributo Evaluado	Resultados	Observación	Conclusión
Color *	2	Característico dorado, traslucido y brillante	Conforme
Olor y sabor **	2	Acorde al grano, exento de sabores y olores extraños	Conforme
Aspecto *	2	Exento de materia extraña y/o en suspensión	Conforme

1: no característico

2: característico

(*) 1 juez entrenado

(**) 1 juez semientrenado


JURI ABDERLY LUQUE RIVERA
ALMACÉN

ANEXO 8

Informe de calidad del aceite de soya al lote N°171 de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C., en la etapa de envasado.



Jr. Mariano Melgar N° 657
Puno - San Román - Juliaca

Rio Grande
DISTRIBUCIONES S. A. C.
RUC. 20498279971
Mz. D - Lote 6 - Asoc. Urb. PERUARBO
Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa

Urb. Taparachi Mz. B - Lote 2
Puno - San Román - Juliaca

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

INFORME DE CALIDAD

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD/ CCC-SPC

Juliaca, 14 de Diciembre del 2021

Señor (a) : Leticia Rosalva Rebase Tapia
ADMINISTRADORA GENERAL

RESULTADOS DE LA MUESTRA INSPECCIONADA EN LA ETAPA DE ENVASADO

Producto evaluado	: Aceite de soya “Vicentina”
Lote	: 171
Fecha de envasado	: 14/12/2021
Fecha de vencimiento	: 14/12/2022
Presentación	: Botella 1 Litro

1. Análisis Físicoquímico

Muestra	Parámetro	Resultados	Requerido	Método	Conclusión
Aceite de soya del lote 171	Densidad *	0.919	0.919-0.925 g/cm ³	-	Conforme
	Acidez *	0.040	Max. 0.6 mg KOH/g	AOCS Ca 5a - 40	Conforme
	Índice de peróxidos*	0.001	Max. 10 meqO ₂ /kg	AOCS C d8-53	Conforme

(*) Se realizó 3 pruebas por ensayo

2. Análisis Organoléptico

Atributo Evaluado	Resultados	Observación	Conclusión
Color *	2	Característico dorado, translucido y brillante	Conforme
Olor y sabor **	2	Acorde al grano, exento de sabores y olores extraños	Conforme
Aspecto *	2	Exento de materia extraña y/o en suspensión	Conforme

1: no característico

2: característico

(*) 1 juez entrenado

(**) 1 juez semientrenado

JURI ADDERLY LUQUE RIVERA
ALMACÉN

ANEXO 9

Caja hermética de control de iluminación y temperatura



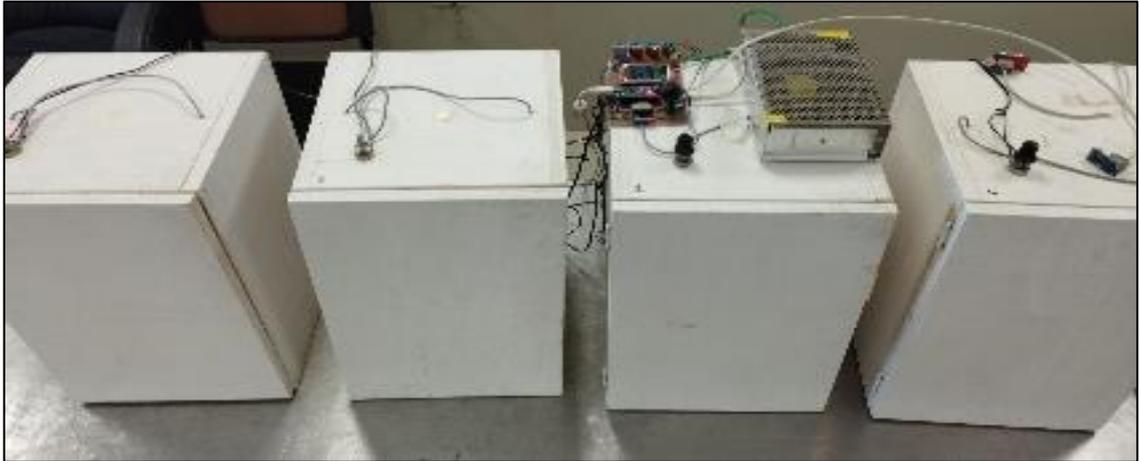
Fabricación y adecuación de la caja control



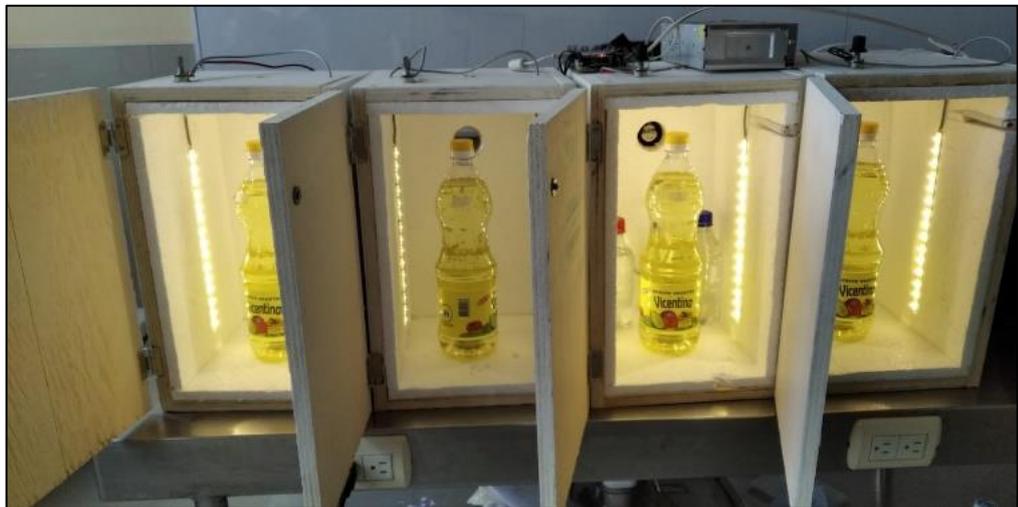
Armado de caja hermética de control de iluminación y temperatura



Pantalla control, incluye sensores de temperatura y luz



Cajas de control completamente armado



Cajas de control en ejecucion y regulacion de iluminacion y temperatura

ANEXO 10

Muestras de aceite de soja refinado comercial lote N°171



ANEXO 11

Muestras de aceite de soya refinado comercial dentro de las cajas hermética de control de temperatura e iluminación



Regulacion de temperatura e iluminacion



Cajas herméticas de control de temperatura e iluminación en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias –UNAJ

ANEXO 12

Materiales, insumos y ejecución de las evaluaciones fisicoquímicas de aceite.



Materiales para la evaluación de propiedades fisicoquímicas del aceite de soya



Evaluacion de indice de acidez y peroxidos en la etapa de envasado de aceite de soya en el departamento de calidad de la empresa RIO GRANDE DISTRIBUCIONES S.A.C.



Evaluacion de indice de acidez en la etapa de almacenamiento de aceite de soya en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias –UNAJ



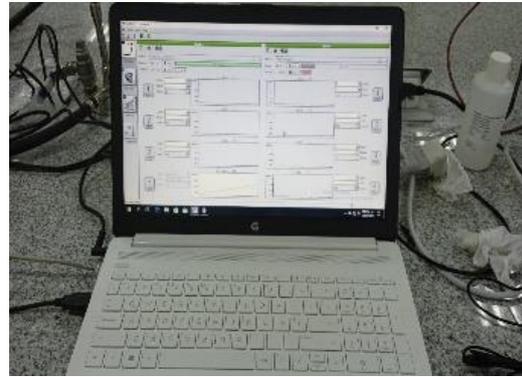
Evaluacion de indice de peroxidos en la etapa de almacenamiento de aceite de soya en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias –UNAJ

ANEXO 13

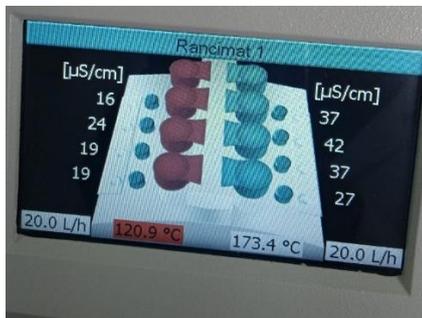
Materiales, insumos para la determinación de OSI



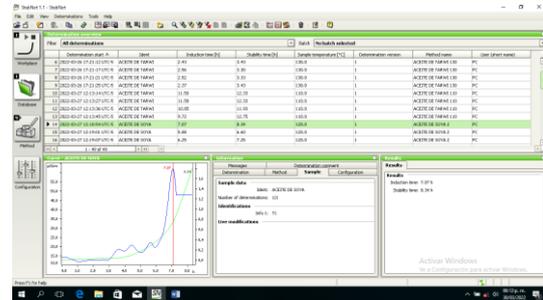
Equipo Rancimat modelo 892. Metrohm



Laptop con el software StabNet



Pantalla del Rancimat por bloques



Software StabNet 1.1



Tubos de reaccion



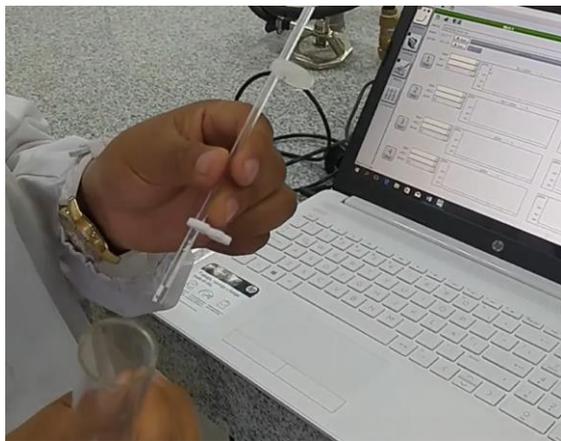
Tuvos capilares



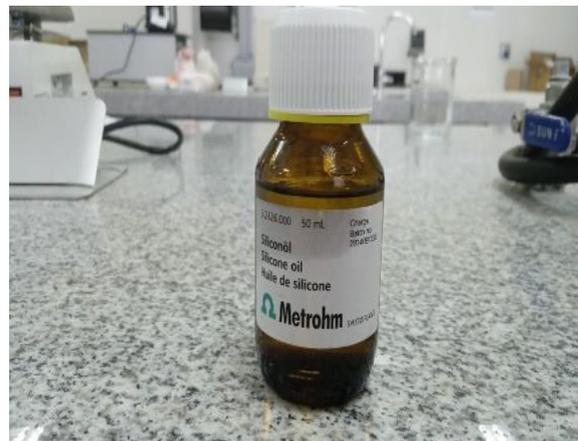
Manuales para el uso adecuado del Rancimat



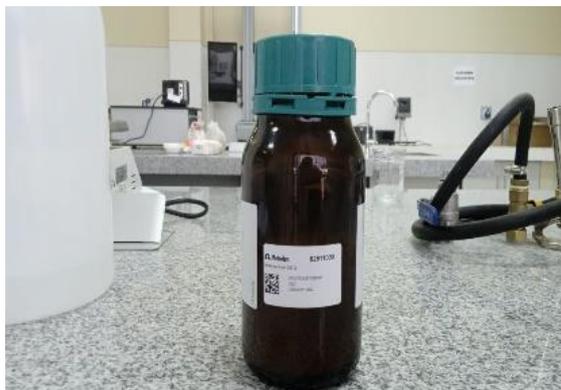
Anillos de ajuste para los tubos capilares



Barras de corte de espuma



Aceite de silicona



Filtro



Agua desionizada ID

ANEXO 14

Preparación de las muestras para la determinación de OSI



Selección de muestras de aceite para el rancimat



Adición de 5ml de aceite de soya refinado



Separación de aceites



Rotulación de las muestras evaluadas

ANEXO 15

Manejo del equipo Rancimat para la determinación de OSI



Conexión y encendido del equipo Rancimat



Orden y limpieza del area de trabajo



Adicion de 60ml de agua destilada en cada vaso por celda



Conexión adecuada de los tubos del flujo de gas y de la conductividad del agua



Verificación de una adecuada conductividad del agua



Adición de la muestra de aceite de soja



Flujo del gas a 20 L/h



Ejecución de las muestras



Aceite de la muestra testigo 15h OSI



Muestra del tratamiento de aceite de soja del T4 (25 °C, 1000 LUX)

ANEXO 16

Resultados de la evaluación del índice de acidez

Análisis de Varianza para INDICE DE ACIDEZ

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TEMPERATURA	0,0003289	1	0,0003289	231,52	0,0043
B:ILUMINACION	0,00182472	1	0,00182472	1284,48	0,0008
AA	0,00029232	1	0,00029232	205,77	0,0048
AB	0,0002834	1	0,0002834	199,49	0,005
BB	0,00012379	1	0,00012379	87,14	0,0113
Falta de ajuste	0,0001828	3	6,0935E-05	42,89	0,0229
Error puro	2,8412E-06	2	1,4206E-06		
Total (corr.)	0,00320066	10			

R-cuadrada = 94,1998 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 88,3995 por ciento

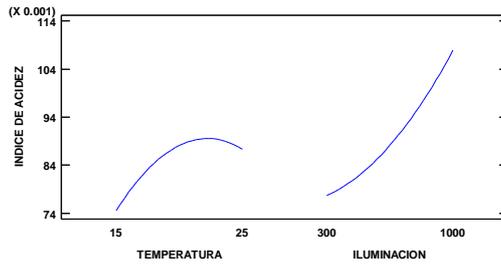
Error estándar del est. = 0,00119189

Error absoluto medio = 0,00334336

Estadístico Durbin-Watson = 2,7722 (P=0,9034)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,388448

Gráfica de Efectos Principales para INDICE DE ACIDEZ



Superficie de Respuesta Estimada

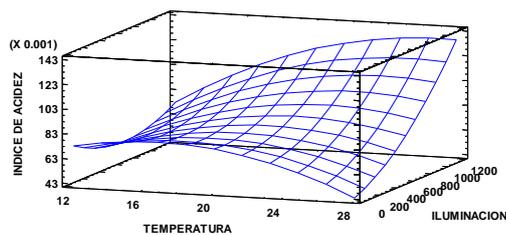
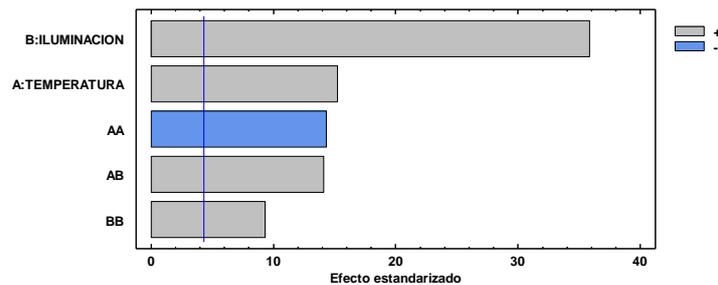


Diagrama de Pareto Estandarizada para INDICE DE ACIDEZ



ANEXO 17

Resultados de la evaluación del índice de peróxidos

Análisis de Varianza para INDICE DE PEROXIDOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TEMPERATURA	0,211904	1	0,211904	53,23	0,0183
B:ILUMINACION	699,688	1	699,688	175756,2	0
AA	4,80263	1	4,80263	1206,38	0,0008
AB	0,241744	1	0,241744	60,72	0,0161
BB	71,5546	1	71,5546	17973,96	0,0001
Falta de ajuste	30,2937	3	10,0979	2536,51	0,0004
Error puro	0,00796203	2	0,00398102		
Total (corr,)	802,09	10			

R-cuadrada = 96,2222 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92,4443 por ciento

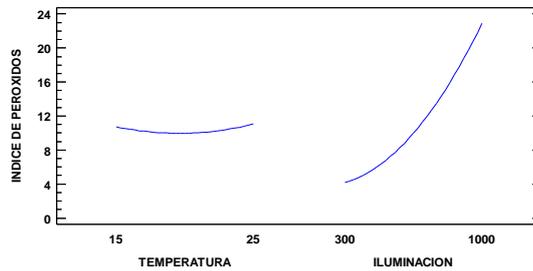
Error estándar del est. = 0,0630953

Error absoluto medio = 1,17839

Estadístico Durbin-Watson = 1,41764 (P=0,1395)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,290411

Gráfica de Efectos Principales para INDICE DE PEROXIDOS



Superficie de Respuesta Estimada

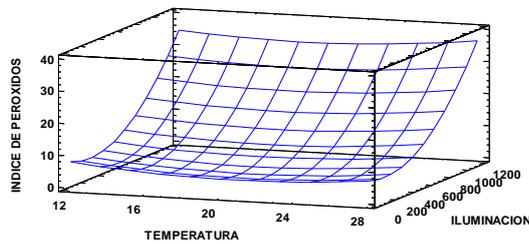
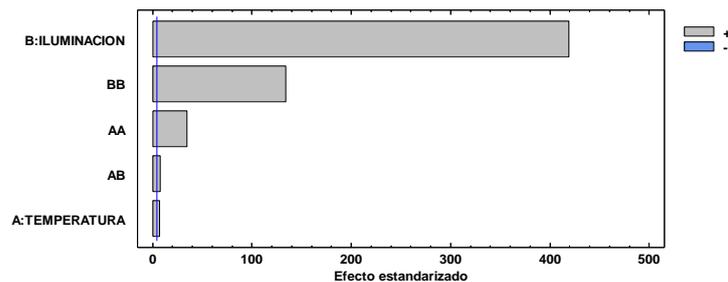


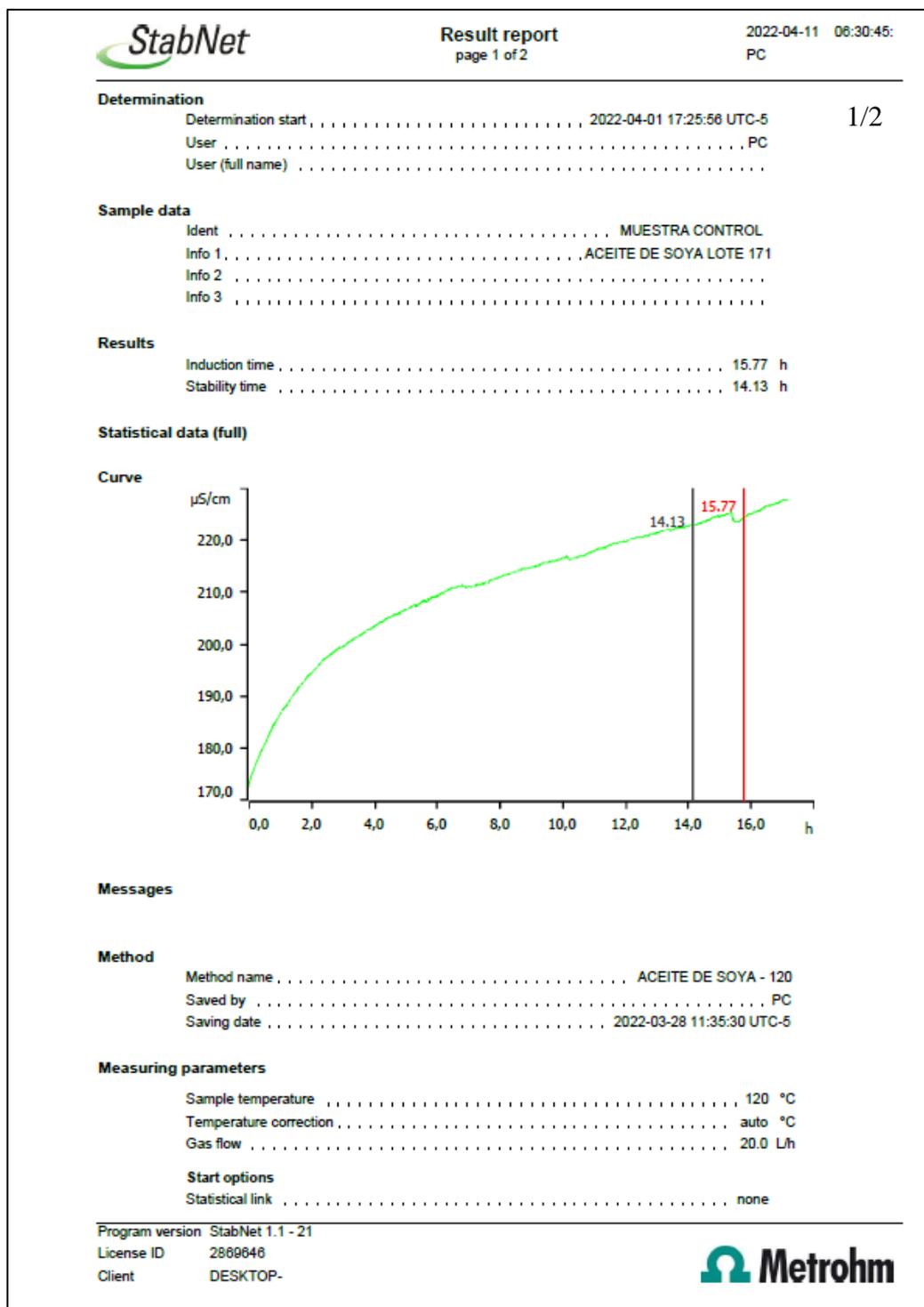
Diagrama de Pareto Estandarizada para INDICE DE PEROXIDOS



ANEXO 18

Resultados de la evaluación del índice de estabilidad oxidativa de todos los tratamientos

a. Muestra testigo



Start delay 0 min
Max. start conductivity off

Stop criteria

Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.5 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

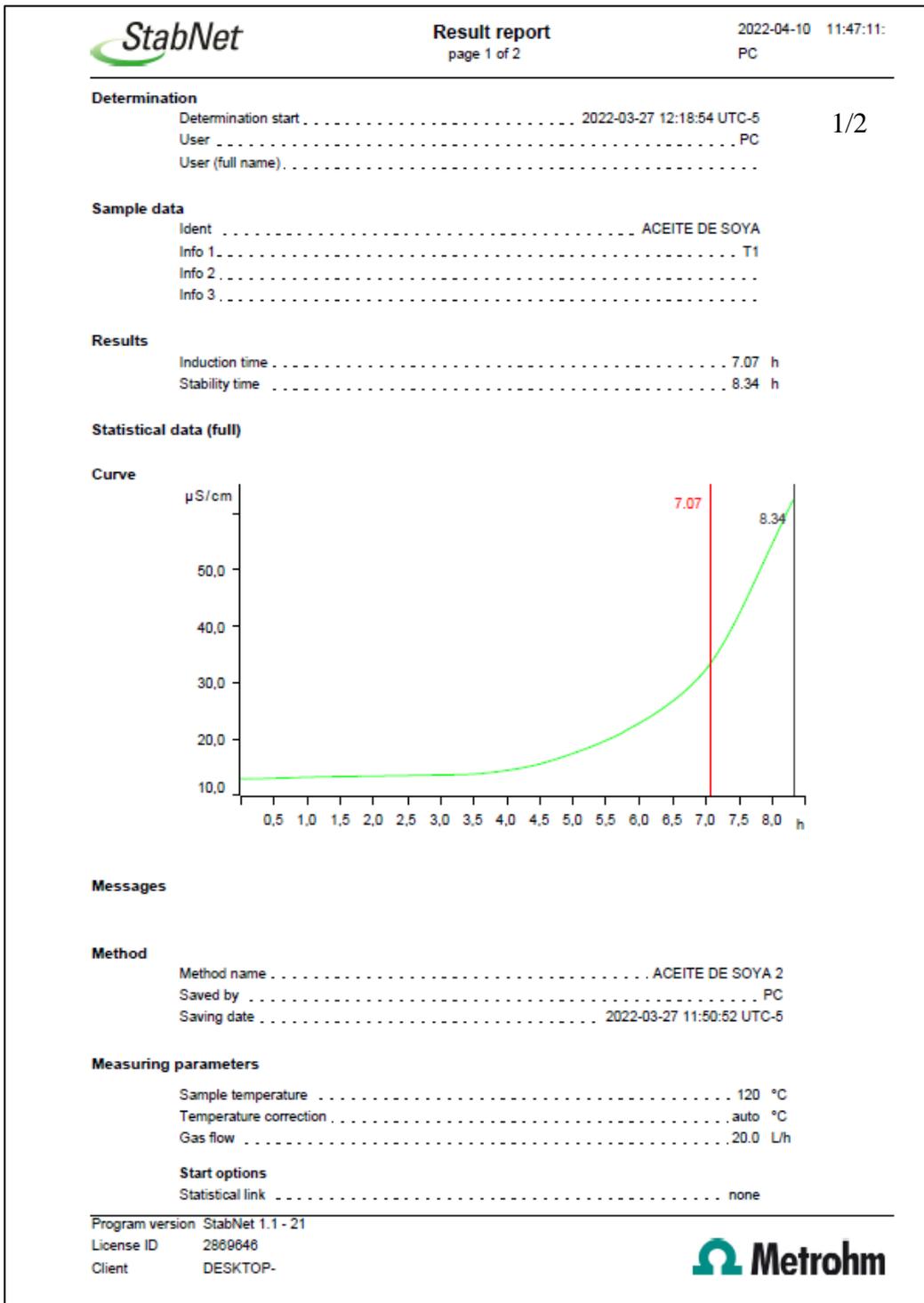
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block B
Measuring position 1

B1

Cell constant 1.10

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2809048
Client DESKTOP-

b. Tratamiento T1



Start delay 0 min 2/2
Max. start conductivity off
Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on
Sensors
Conductivity sensor assignment on
Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

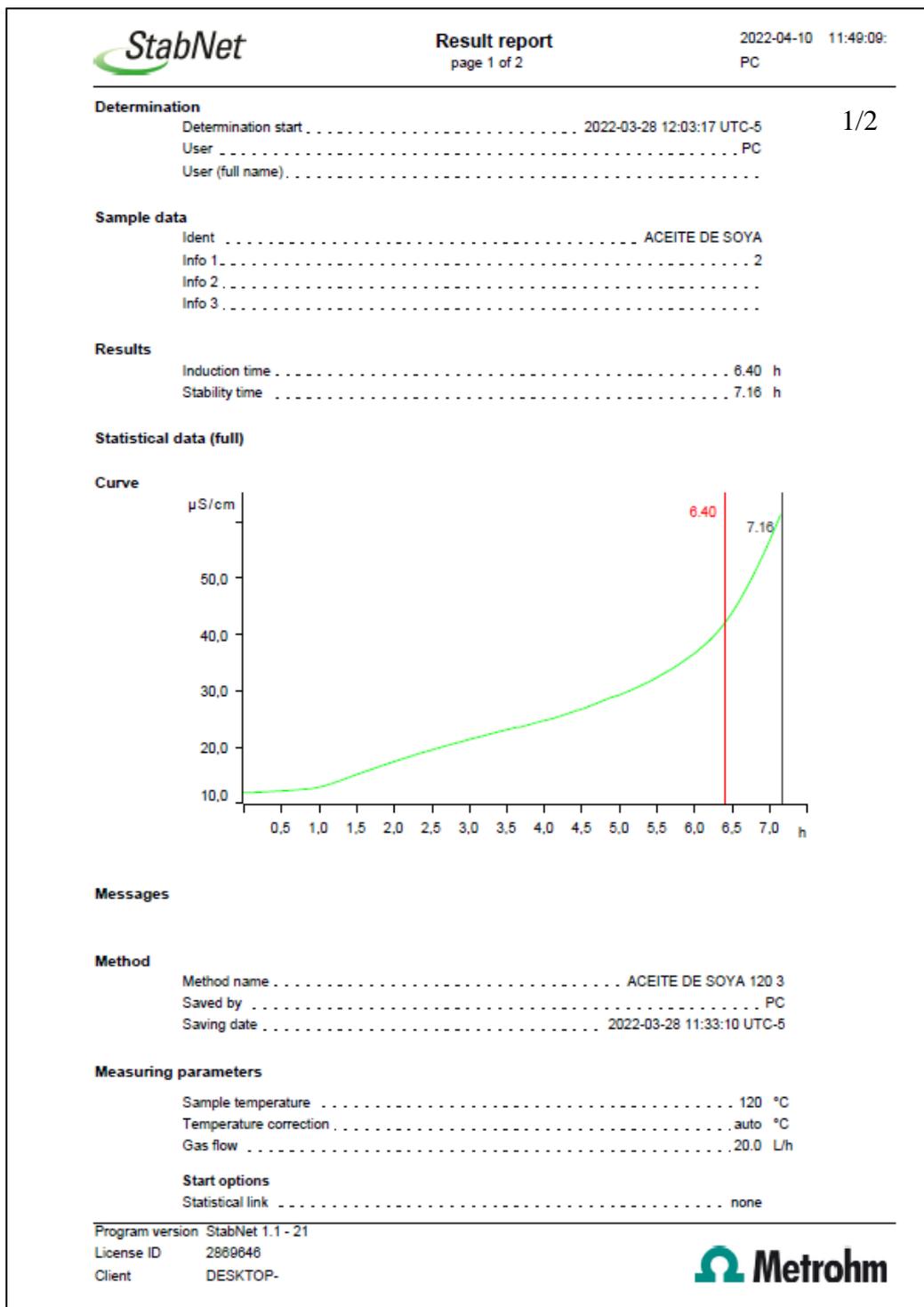
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 1

A1

Cell constant 1.24

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2889648
Client DESKTOP-

c. Tratamiento T2



Start delay 0 min 2/2
Max. start conductivity off
Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on
Sensors
Conductivity sensor assignment on
Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database _____

StabNet _____

Used configuration

Rancimat 1

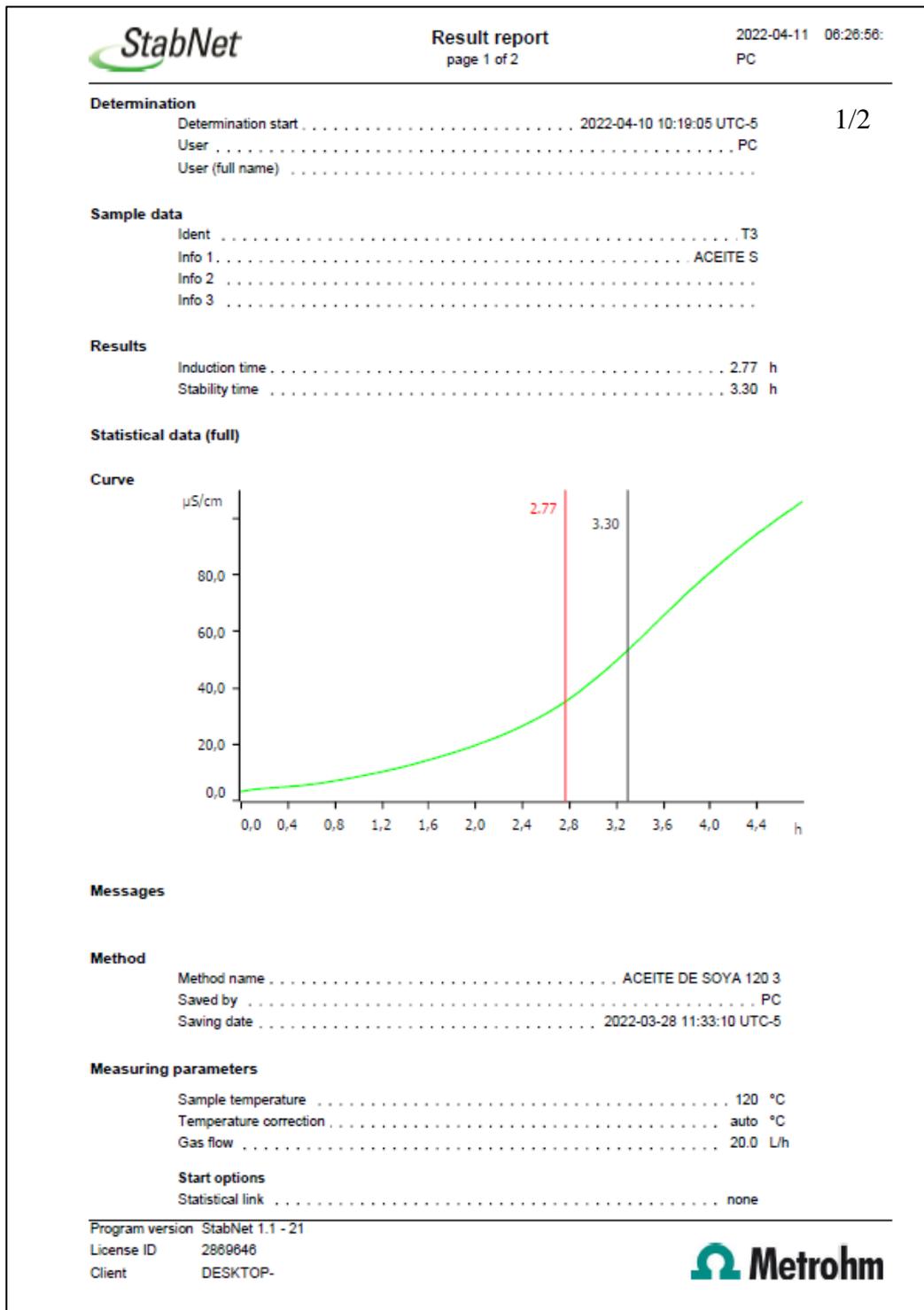
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 3

A3

Cell constant 1.09

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2889648
Client DESKTOP-

d. Tratamiento T3



Start delay 0 min
Max. start conductivity off

Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors
Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

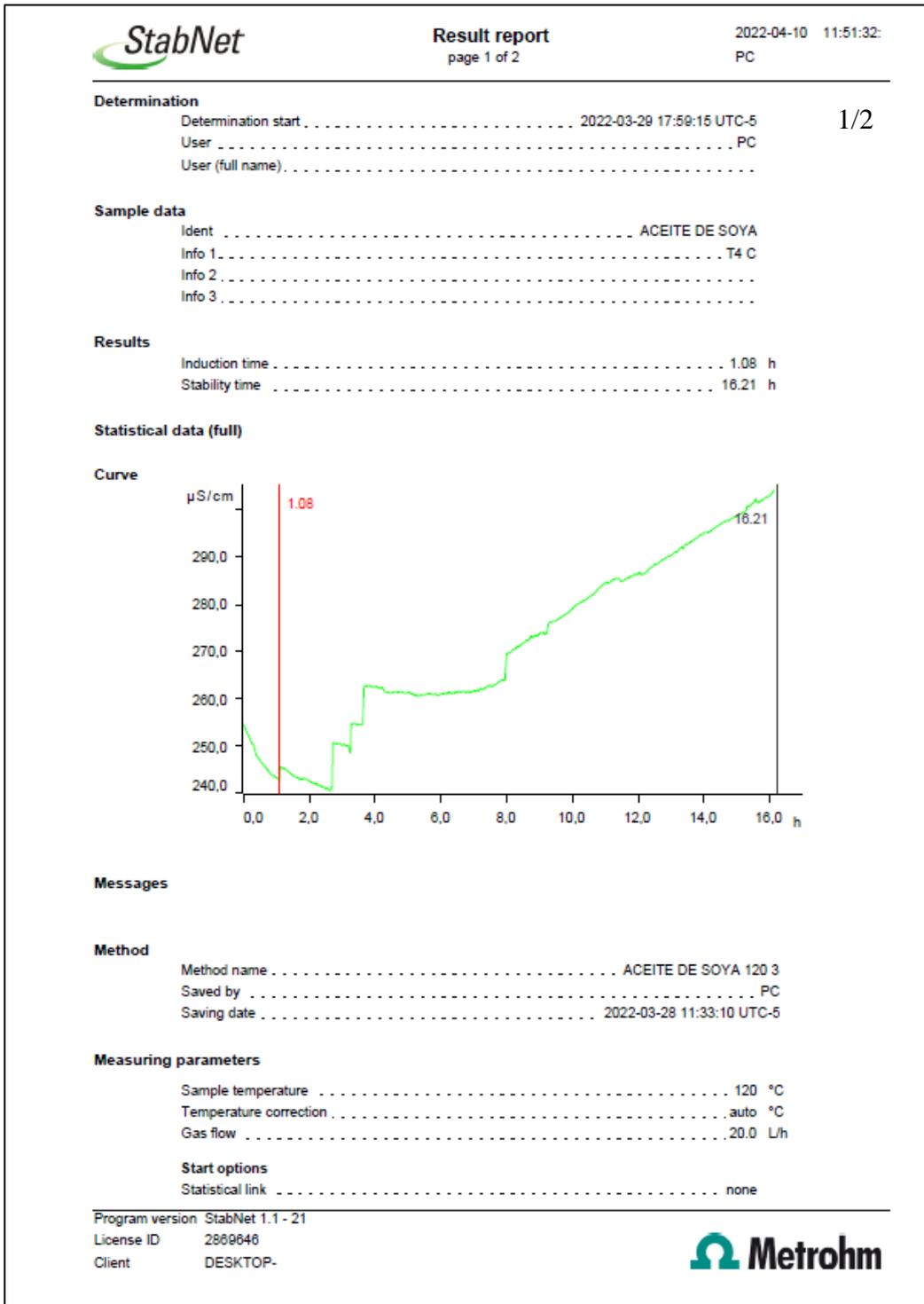
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 2

A2

Cell constant 1.24

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2809048
Client DESKTOP-

e. Tratamiento T4



Start delay 0 min
Max. start conductivity off

Stop criteria

Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database _____

StabNet _____

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 3

A3

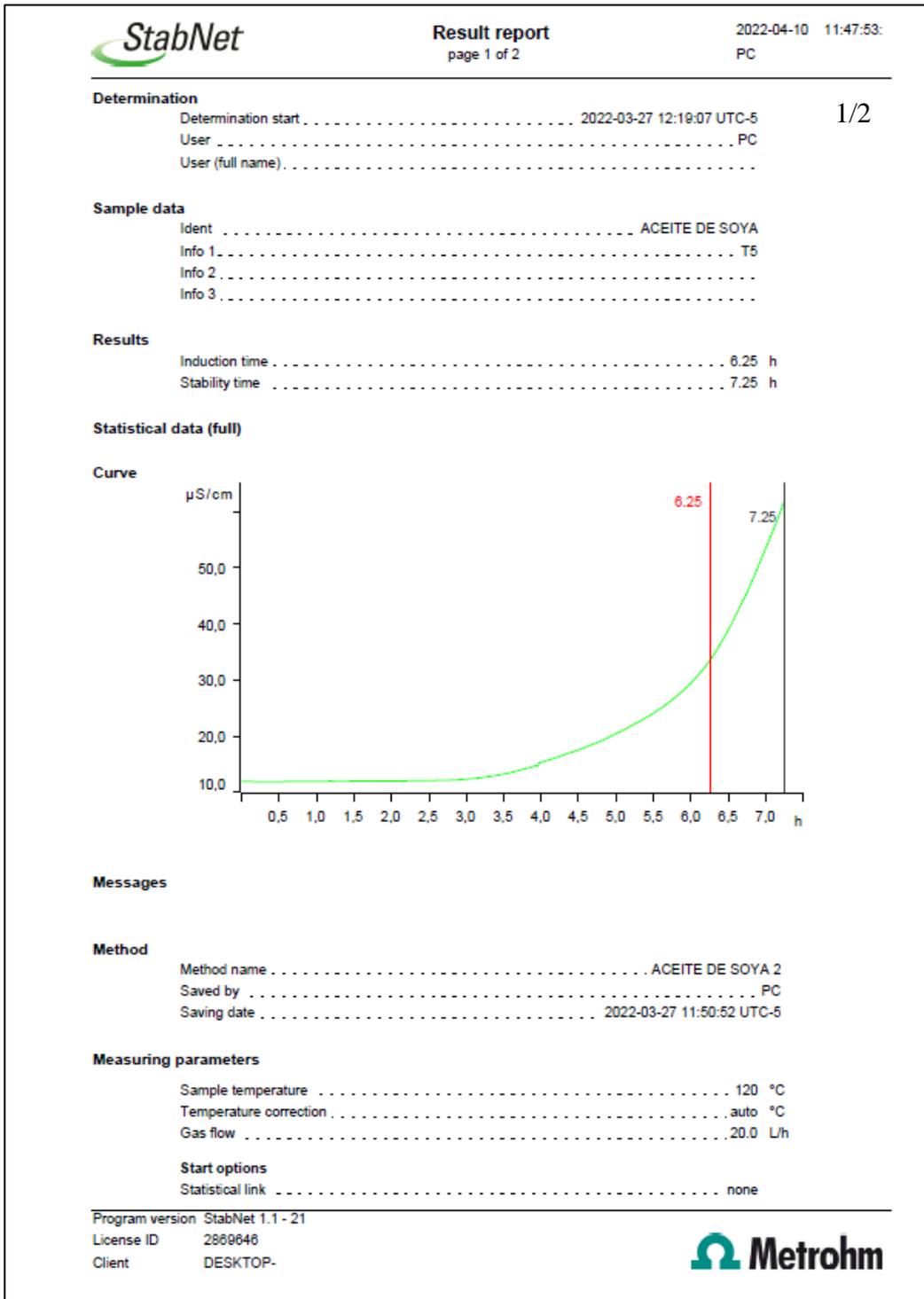
Cell constant 1.09

Program version StabNet 1.1 - 21

License ID 2809646

Client DESKTOP-

f. Tratamiento T5



Start delay 0 min **2/2**
Max. start conductivity off

Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors
Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

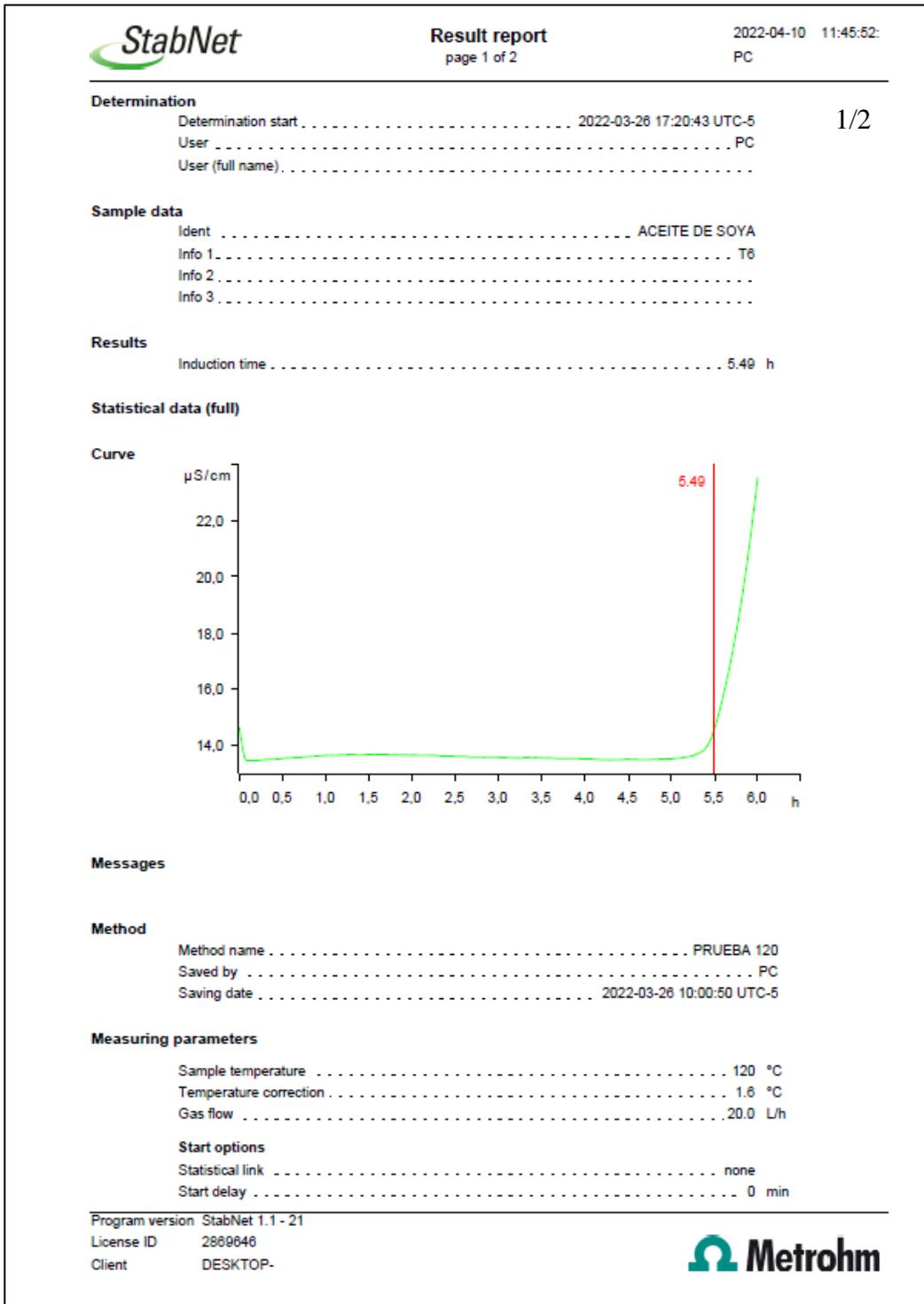
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 3

A3

Cell constant 1.09

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2889646
Client DESKTOP-

g. Tratamiento T6



Max. start conductivity off 2/2

Stop criteria

Time off

Conductivity off

Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.8 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on

Evaluation suppression Start 0.0 h

Evaluation suppression End 0.0 h

Evaluation sensitivity 1.0

Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time off

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat

Program version 5.893.0014

Device serial number 10149

Measuring block Block A

Measuring position 2

A2

Cell constant 1.24

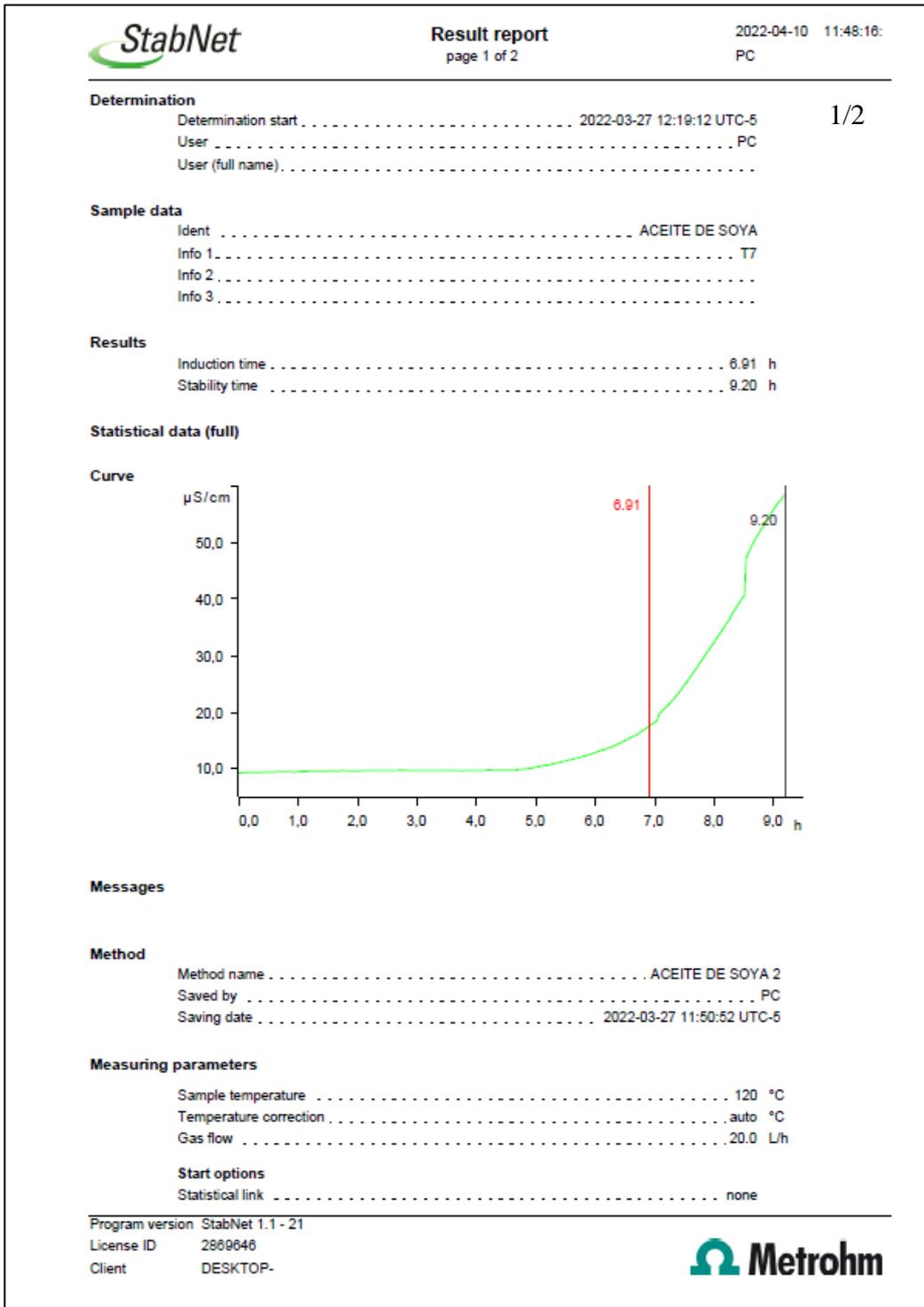
Program version StabNet 1.1 - 21

License ID 2889648

Client DESKTOP-



h. Tratamiento T7



Start delay 0 min
Max. start conductivity off

Stop criteria

Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 4

A4

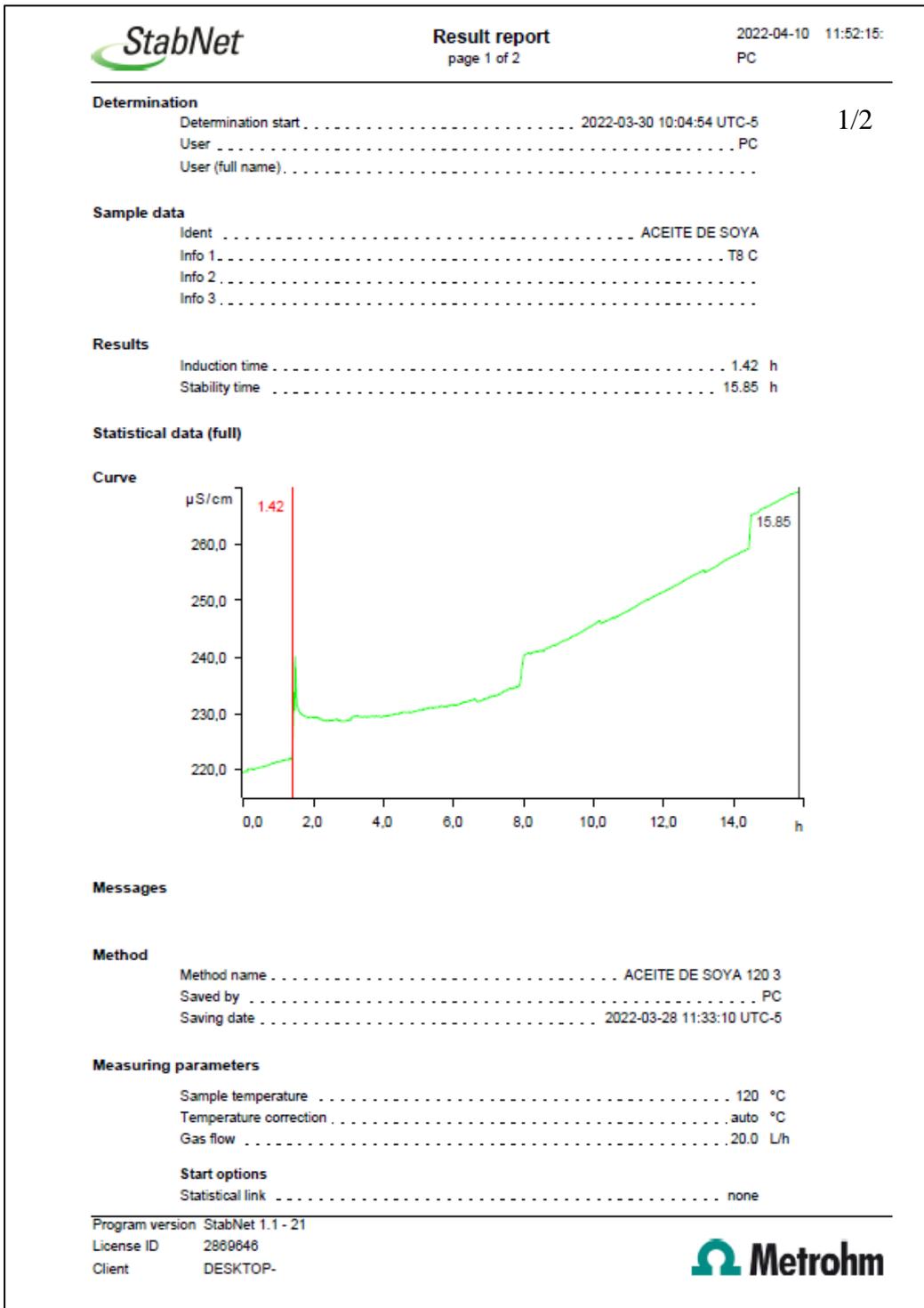
Cell constant 1.12

Program version StabNet 1.1 - 21

License ID 2889048

Client DESKTOP-

i. Tratamiento T8



Start delay 0 min 2/2
Max. start conductivity off
Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on
Sensors
Conductivity sensor assignment on
Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

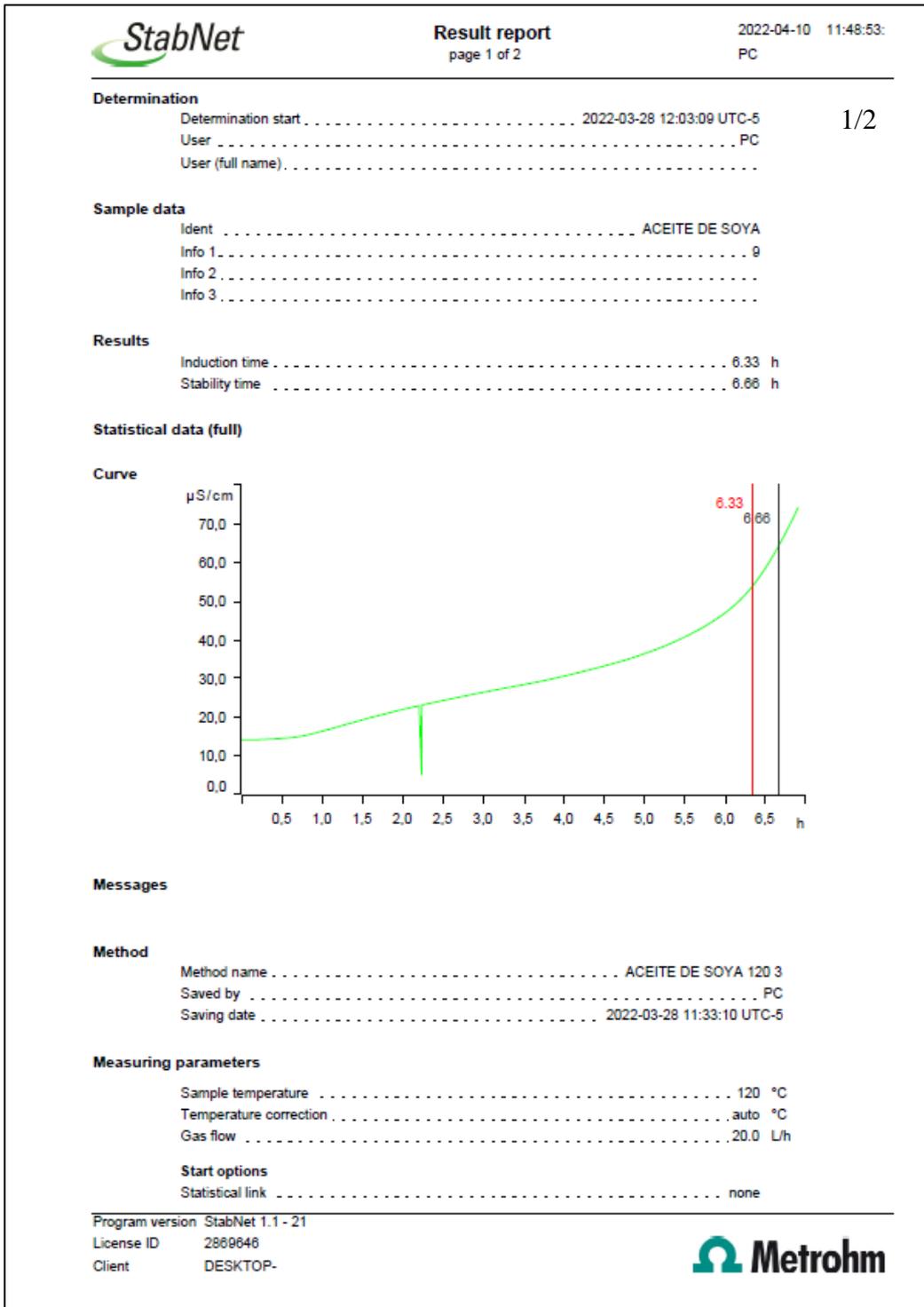
Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 1

A1

Cell constant 1.24

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2889048
Client DESKTOP-

j. Tratamiento T9



Start delay 0 min 2/2
Max. start conductivity off
Stop criteria
Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on
Sensors
Conductivity sensor assignment on
Used temperature correction
Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 2

A2

Cell constant 1.24

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2869646
Client DESKTOP-

k. Tratamiento T10



Result report
 page 1 of 2

2022-04-10 11:46:48
 PC

Determination

Determination start 2022-03-28 17:20:55 UTC-5

User PC

User (full name)

Sample data

Ident ACEITE CE SOYA

Info 1 T10

Info 2

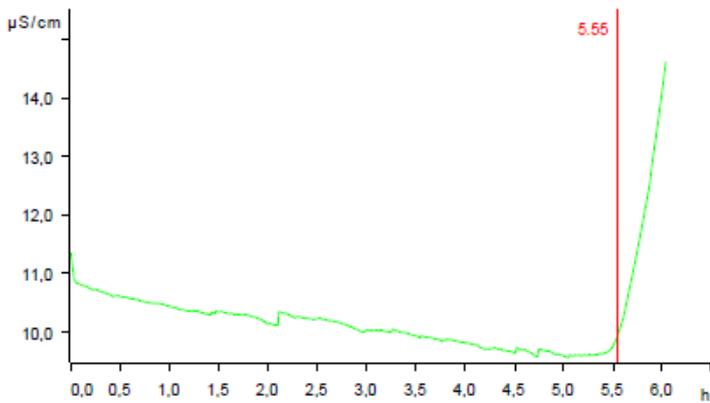
Info 3

Results

Induction time 5.55 h

Statistical data (full)

Curve



Messages

Method

Method name PRUEBA 120

Saved by PC

Saving date 2022-03-28 10:00:50 UTC-5

Measuring parameters

Sample temperature 120 °C

Temperature correction 1.6 °C

Gas flow 20.0 L/h

Start options

Statistical link none

Start delay 0 min

1/2

Program version StabNet 1.1 - 21

License ID 2809046

Client DESKTOP-



Max. start conductivity off 2/2

Stop criteria

Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.6 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time off

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 4

A4

Cell constant 1.12

Program version StabNet 1.1 - 21
License ID 2889848
Client DESKTOP-



1. Tratamiento T11



Result report
page 1 of 2

2022-04-10 11:48:35:
PC

Determination
Determination start 2022-03-28 12:03:05 UTC-5
User PC
User (full name)

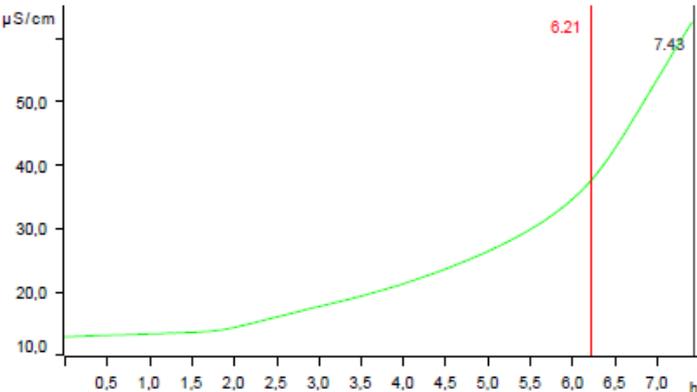
1/2

Sample data
Ident ACEITE DE SOYA
Info 1 11
Info 2
Info 3

Results
Induction time 6.21 h
Stability time 7.43 h

Statistical data (full)

Curve



Time (h)	Conductivity (µS/cm)
0.5	10.0
1.0	10.5
1.5	11.5
2.0	13.0
2.5	15.5
3.0	18.5
3.5	22.0
4.0	26.0
4.5	30.5
5.0	35.5
5.5	41.0
6.0	47.0
6.21	48.5
6.5	52.0
7.0	58.0
7.43	62.0

Messages

Method
Method name ACEITE DE SOYA 120 3
Saved by PC
Saving date 2022-03-28 11:33:10 UTC-5

Measuring parameters
Sample temperature 120 °C
Temperature correction auto °C
Gas flow 20.0 L/h

Start options
Statistical link none

Program version: StabNet 1.1 - 21
License ID: 2869646
Client: DESKTOP-



Start delay 0 min
Max. start conductivity off

Stop criteria

Time off
Conductivity off
Endpoint(s) on

Sensors

Conductivity sensor assignment on

Used temperature correction

Temperature correction 1.1 °C

Evaluation

Parameters

Induction time

Evaluate induction time on
Evaluation suppression Start 0.0 h
Evaluation suppression End 0.0 h
Evaluation sensitivity 1.0
Calculate standard time off

Stability time

Evaluate stability time on
Conductivity change 50 µS/cm

Results

Documentation

Database

Name database

StabNet

Used configuration

Rancimat 1

Device type 892 Professional Rancimat
Program version 5.893.0014
Device serial number 10149
Measuring block Block A
Measuring position 1

A1

Cell constant 1.24

Program version StabNet 1.1 - 21

License ID 2889646

Client DESKTOP-



ANEXO 19

Conservación de energía

Por conservación de energía:

$$\Delta q_{CC} = q_{\text{aire entrada}} - q_{\text{aire salida}} - q_{\text{perdidas}}$$

$$q_{\text{aire entrada}} = q_{\text{aire entrada}} + q_{\text{resistencia}}$$

Donde:

Δq_{CC} : calor absorbido por el aire dentro de la Caja Control

$q_{\text{aire entrada}}$: calor del aire que ingresa a la Caja Control

$q_{\text{aire salida}}$: calor del aire que sale de la caja control

q_{perdidas} : calor perdido a través de las paredes y el techo de la caja control

$q_{\text{resistencia}}$: calor entregado por la resistencia

$$\Delta q_{CC} = q_{\text{aire entrada}} + q_{\text{resistencia}} + q_{\text{aire salida}} - q_{\text{perdidas}}$$

Entonces:

$$\Delta q_{CC} = C_e m_{CC} (T - T_0)$$

T: temperatura del aire dentro de la cámara

T₀: temperatura inicial del aire dentro de la cámara

m_{CC}: masa del aire dentro de la cámara

C_e: calor específico del aire

$$\Delta q_{CC} = C_e m_{CC} \frac{d}{dt} (T - T_0)$$

$$q_{\text{aire entrada}} = C_e m (T_{\text{aire de entrada}} - T_r)$$

Donde:

M: flujo másico del aire circulante

T_{aire entrada}: temperatura del aire que ingresa a la caja control

T_r: temperatura del aire para una entalpia igual a cero

$$q_{\text{aire salida}} = C_e m (T_{\text{aire de salida}} - T_r)$$

Con respecto a la suministración de energía

$$q_{\text{resistencia}} = K * Pot$$

Donde:

K: factor de conversión de energía eléctrica en calorífica (K=0,95)

Pot: potencia eléctrica

$$C_e m_{CC} \frac{d}{dt} (T - T_0) = C_e m (T_{\text{aire entrada}} - T_r) C_e m (T_{\text{aire salida}} - T_r) + K * Pot - \frac{(T - T_{amb})}{R}$$

$$C_e m_{CC} \frac{d}{dt} (T - T_0) = C_e m (T_{\text{aire entrada}} - T_{\text{aire de salida}}) + K * Pot - \frac{(T - T_{amb})}{R}$$

Donde:

T aire entrada: T0

T aire de salida: T

Se continua

$$C_e m C C \frac{d}{dt}(T - T_0) = C_e m (T - T_0) - \frac{(T - T_0)}{R} + K * Pot$$

Despejando: K*Pot

$$K * Pot = C_e m C C - \frac{d}{dt}(T - T_0) + C_e m (T - T_0) + \frac{(T - T_0)}{R}$$

$$K * Pot = C_e m C C - \frac{d}{dt}(T - T_0) + (C_e m + \frac{1}{R})(T - T_0)$$

$$K * Pot(t) = C_e m C C - \frac{d}{dt}(\Delta T)(t) + (C_e m + \frac{1}{R})(\Delta T)(t)$$

Aplicando Laplace:

$$K * Pot(s) = C_e m C C s(\Delta T)(s) + (C_e m + \frac{1}{R})(\Delta T)(s)$$

$$\frac{\Delta T(s)}{Pot(s)} = \frac{K}{C_e m C C s + C_e m + \frac{1}{R}}$$

$$\frac{\Delta T(s)}{Pot(s)} = \frac{\frac{K}{C_e m + \frac{1}{R}}}{\frac{C_e m C C}{C_e m + \frac{1}{R}} * s + 1}$$

Considerando $R \rightarrow \infty$ (caso general)

$$\frac{\Delta T(s)}{Pot(s)} = \frac{\frac{K}{C_e m + \frac{1}{R}}}{(\frac{m C C}{m}) * s + 1}$$

La temperatura dentro de la caja control se considerará uniforme, y la temperatura del exterior constante e igual a la temperatura ambiente.

$$VRMS(\alpha)^2 = (\frac{1}{2\pi} \int V_o(\beta)^2 d\beta)$$

Donde:

V s: voltaje de alimentación de 220 VC

V o: voltaje de salida de la etapa de potencia

V RMS: voltaje eficaz de salida de la etapa de potencia

VRMS_s: voltaje eficaz de Alimentación

$$V_o(\beta) = \begin{cases} 0; & 0 < \beta < \alpha \\ \sqrt{2} VRMS(S) \sin\beta; & \alpha < \beta < \pi \\ 0; & \pi < \beta < \pi + \alpha \\ \sqrt{2} VRMS(S) \sin\beta; & \pi + \alpha < \beta < 2\pi \end{cases}$$

$$VRMS(\alpha)^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2V RMSs^2 \sin\beta \, d\beta + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} 2V RMSs^2 \sin^2\beta \, d\beta$$

$$VRMS(\alpha)^2 = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} 2V RMSs^2 \sin\beta \, d\beta + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} 2V RMSs^2 \sin^2\beta \, d\beta \right]$$

$$VRMS(\alpha)^2 = \frac{2VRMSs^2}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} \sin\beta \, d\beta + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sin^2\beta \, d\beta \right]$$

$$VRMS(\alpha)^2 = \frac{VRMSs^2}{\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} \sin\beta \, d\beta + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sin^2\beta \, d\beta \right]$$

$$I_1 = \int_{\alpha}^{\pi} \sin\beta \, d\beta$$

$$I_2 = \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} \sin^2\beta \, d\beta$$

Por propiedades trigonométricas:

$$\frac{1 - \cos 2\beta}{2} = \sin^2 \beta$$

$$I_1 = \int_{\alpha}^{\pi} \frac{1 - \cos 2\beta}{2} \, d\beta$$

$$I_1 = \int_{\alpha}^{\pi} \frac{d\beta}{2} - \int_{\alpha}^{\pi} \frac{\cos 2\beta}{2} \, d\beta$$

$$I_1 = \int_{\alpha}^{\pi} \frac{d\beta}{2} - \int_{\alpha}^{\pi} \frac{\cos 2\beta}{4} \, d2\beta$$

$$I_1 = \frac{\beta}{2} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{\cos 2\beta}{2} \, d\beta$$

ANEXO 20

Datos experimentales

DIA 1		Índice de Acidez			% Ácidos Grasos Libres			Índice de Peróxido		
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4127	0,21	0,04146	28,4190	0,22	0,02183	5,0012	0,06	0,1999
T-2	25-300	28,4400	0,22	0,04339	28,4155	0,22	0,02183	5,0305	0,06	0,1987
T-3	15-1000	28,4042	0,23	0,04542	28,4340	0,22	0,02181	5,0069	0,06	0,1997
T-4	25-1000	28,4093	0,23	0,04541	28,4091	0,21	0,02084	5,0423	0,06	0,1983
T-5	13-650	28,4059	0,22	0,04344	28,4325	0,22	0,02182	5,0073	0,06	0,1997
T-6	27-650	28,4345	0,21	0,04143	28,4442	0,22	0,02181	5,0777	0,06	0,1969
T-7	20-155	28,4425	0,22	0,04339	28,4281	0,22	0,02182	5,0069	0,06	0,1997
T-8	20-1145	28,4066	0,23	0,04542	28,4325	0,22	0,02182	5,0260	0,06	0,1989
T-9	20-650	28,4059	0,22	0,04344	28,4325	0,21	0,02082	5,0073	0,06	0,1997
T-10	20-650	28,4007	0,22	0,04345	28,4067	0,22	0,02183	5,0001	0,06	0,1999
T-11	20-650	28,4012	0,22	0,04345	28,4133	0,21	0,02084	5,0118	0,06	0,1995
DIA 3		Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
Muestra	Temperatura – Lux									
T-1	15-300	28,4047	0,24	0,04740	28,4297	0,25	0,02479	5,0229	0,08	0,5972
T-2	25-300	28,4247	0,25	0,04934	28,4250	0,25	0,02480	5,0200	0,1	0,9960
T-3	15-1000	28,4296	0,28	0,05525	28,4164	0,3	0,02977	5,0209	0,3	4,9791
T-4	25-1000	28,4021	0,32	0,06320	28,4173	0,3	0,02977	5,0484	0,18	2,5750
T-5	13-650	28,4004	0,23	0,04543	28,4260	0,22	0,02182	5,0122	0,07	0,3990
T-6	27-650	28,4467	0,24	0,04733	28,4050	0,25	0,02481	5,0045	0,14	1,7983

T-7	20-155	28,4465	0,22	0,04338	28,4164	0,22	0,02183	5,0102	0,06	0,1995
T-8	20-1145	28,4003	0,35	0,06913	28,4225	0,32	0,03174	5,0171	0,3	4,9829
T-9	20-650	28,4004	0,23	0,04543	28,4006	0,23	0,02283	5,0100	0,07	0,3992
T-10	20-650	28,40211	0,23	0,04542	28,4626	0,22	0,02179	5,0977	0,073	0,4413
T-11	20-650	28,4004	0,23	0,04543	28,426	0,23	0,02281	5,0073	0,085	0,6989
DIA 5		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4275	0,24	0,04736	28,4467	0,25	0,02478	5,0486	0,12	1,3865
T-2	25-300	28,4083	0,27	0,05331	28,4172	0,26	0,02580	5,0472	0,15	1,9812
T-3	15-1000	28,4125	0,3	0,05923	28,408	0,3	0,02978	5,0069	0,15	1,9972
T-4	25-1000	28,4290	0,34	0,06709	28,4047	0,32	0,03176	5,0114	0,23	3,5918
T-5	13-650	28,4206	0,235	0,04638	28,4089	0,23	0,02283	5,0448	0,19	2,7751
T-6	27-650	28,4212	0,26	0,05132	28,4183	0,26	0,02580	5,0443	0,17	2,3789
T-7	20-155	28,4078	0,23	0,04542	28,4335	0,23	0,02281	5,022	0,08	0,5973
T-8	20-1145	28,4413	0,37	0,07298	28,4498	0,35	0,03469	5,027	0,39	6,7634
T-9	20-650	28,4003	0,31	0,06123	28,4121	0,3	0,02977	5,0234	0,1	0,9953
T-10	20-650	28,4123	0,3	0,05923	28,4201	0,3	0,02976	5,002	0,12	1,3994
T-11	20-650	28,4220	0,29	0,05724	28,4216	0,29	0,02877	5,0892	0,1	0,9824
DIA 7		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4141	0,24	0,04738	28,4194	0,24	0,02381	5,092	0,15	1,9638
T-2	25-300	28,4073	0,3	0,05924	28,4323	0,31	0,03074	5,0177	0,2	2,9894
T-3	15-1000	28,4432	0,33	0,06508	28,4476	0,33	0,03271	5,0009	0,18	2,5995
T-4	25-1000	28,4022	0,36	0,07110	28,4134	0,35	0,03473	5,084	0,28	4,5239

T-5	13-650	28,4411	0,24	0,04733	28,4433	0,24	0,02379	5,0115	0,24	3,7912
T-6	27-650	28,4190	0,28	0,05527	28,4765	0,3	0,02970	5,008	0,26	4,1932
T-7	20-155	28,4276	0,23	0,04538	28,4212	0,23	0,02282	5,013	0,13	1,5958
T-8	20-1145	28,4151	0,4	0,07897	28,4453	0,44	0,04362	5,0266	0,46	8,1566
T-9	20-650	28,4412	0,33	0,06509	28,4336	0,3	0,02975	5,0233	0,18	2,5879
T-10	20-650	28,4762	0,33	0,06501	28,4116	0,33	0,03275	5,0010	0,21	3,1993
T-11	20-650	28,4102	0,34	0,06713	28,4003	0,33	0,03276	5,0900	0,22	3,3398
DIA 9		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4438	0,3	0,05916	28,4411	0,31	0,03073	5,0200	0,2	2,9880
T-2	25-300	28,4412	0,32	0,06311	28,4237	0,33	0,03274	5,0134	0,21	3,1914
T-3	15-1000	28,4036	0,35	0,06912	28,4084	0,35	0,03474	5,0450	0,21	3,1714
T-4	25-1000	28,4430	0,4	0,07889	28,4041	0,38	0,03772	5,0312	0,35	5,9627
T-5	13-650	28,4232	0,24	0,04736	28,4248	0,24	0,02381	5,0443	0,26	4,1631
T-6	27-650	28,4280	0,28	0,05525	28,4437	0,29	0,02875	5,0405	0,28	4,5630
T-7	20-155	28,4250	0,25	0,04934	28,4006	0,24	0,02383	5,0003	0,15	1,9998
T-8	20-1145	28,4471	0,47	0,09268	28,4116	0,45	0,04466	5,0443	0,48	8,5244
T-9	20-650	28,4401	0,38	0,07495	28,4036	0,38	0,03772	5,0423	0,27	4,3630
T-10	20-650	28,4336	0,38	0,07497	28,4012	0,38	0,0377308	5,0033	0,25	3,9973
T-11	20-650	28,4239	0,38	0,07500	28,4411	0,38	0,037677868	5,0023	0,28	4,5978
DIA 11		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4490	0,27	0,05324	28,4117	0,3	0,02977	5,0268	0,22	3,3818
T-2	25-300	28,4529	0,3	0,05915	28,4003	0,32	0,03177	5,0613	0,23	3,5563

T-3	15-1000	28,4223	0,35	0,06908	28,4337	0,32	0,03173	5,0040	0,26	4,1966
T-4	25-1000	28,4211	0,42	0,08290	28,4282	0,4	0,03967	5,0668	0,36	6,1182
T-5	13-650	28,4107	0,23	0,04541	28,4136	0,25	0,02481	5,0007	0,29	4,7993
T-6	27-650	28,4164	0,275	0,05429	28,4273	0,29	0,02876	5,0037	0,3	4,9963
T-7	20-155	28,4083	0,27	0,05331	28,4003	0,24	0,02383	5,0229	0,18	2,5881
T-8	20-1145	28,4020	0,5	0,09876	28,4437	0,45	0,04461	5,0030	0,48	8,5948
T-9	20-650	28,4409	0,38	0,07495	28,4346	0,4	0,03966	5,093	0,3	4,9086
T-10	20-650	28,4022	0,37	0,07308	28,4002	0,38	0,03773	5,0242	0,3	4,9759
T-11	20-650	28,4280	0,385	0,07597	28,4753	0,38	0,03763	5,0575	0,3	4,9431
DIA 13										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4028	0,28	0,05530	28,4428	0,3	0,02974	5,0628	0,24	3,7528
T-2	25-300	28,4212	0,3	0,05921	28,4216	0,32	0,03175	5,0448	0,27	4,3609
T-3	15-1000	28,4344	0,38	0,07497	28,4333	0,32	0,03173	5,0356	0,49	8,7377
T-4	25-1000	28,4243	0,425	0,08388	28,4088	0,23	0,02283	5,002	0,37	6,3974
T-5	13-650	28,4314	0,25	0,04932	28,4288	0,235	0,02331	5,0268	0,39	6,7637
T-6	27-650	28,4009	0,275	0,05432	28,4096	0,21	0,02084	5,0272	0,36	6,1664
T-7	20-155	28,4045	0,27	0,05332	28,4382	0,25	0,02479	5,0207	0,18	2,5892
T-8	20-1145	28,429	0,5	0,09866	28,4297	0,23	0,02281	5,044	0,49	8,7232
T-9	20-650	28,4544	0,38	0,07491	28,4260	0,38	0,03769	5,0046	0,33	5,5948
T-10	20-650	28,4397	0,39	0,07693	28,4323	0,38	0,03768	5,0051	0,35	5,9938
T-11	20-650	28,4173	0,38	0,07501	28,4178	0,38	0,03770	5,0296	0,35	5,9646
DIA 15										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido

T-1	15-300	28,4078	0,28	0,05529	28,4042	0,3	0,02978	5,0000	0,24	3,8000
T-2	25-300	28,423	0,3	0,05921	28,4285	0,32	0,03174	5,0762	0,27	4,3339
T-3	15-1000	28,433	0,38	0,07497	28,4275	0,32	0,03174	5,0071	0,49	8,7875
T-4	25-1000	28,4109	0,425	0,08392	28,4016	0,23	0,02283	5,0189	0,37	6,3758
T-5	13-650	28,4117	0,25	0,04936	28,4161	0,235	0,02332	5,0317	0,39	6,7571
T-6	27-650	28,4486	0,275	0,05422	28,4034	0,21	0,02084	5,017	0,36	6,1789
T-7	20-155	28,4087	0,28	0,05529	28,4106	0,25	0,02481	5,0228	0,18	2,5881
T-8	20-1145	28,4203	0,5	0,09869	28,4300	0,23	0,02281	5,0264	0,6	10,9422
T-9	20-650	28,4091	0,38	0,07503	28,4326	0,4	0,03967	5,0073	0,33	5,5918
T-10	20-650	28,4453	0,38	0,07494	28,4098	0,4	0,03970	5,0696	0,35	5,9176
T-11	20-650	28,4003	0,38	0,07506	28,4003	0,4	0,03971	5,0304	0,35	5,9637
DIA 17										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4282	0,32	0,06314	28,426	0,28	0,02777	5,0002	0,27	4,3998
T-2	25-300	28,4149	0,32	0,06317	28,4314	0,35	0,03471	5,0057	0,3	4,9943
T-3	15-1000	28,4078	0,36	0,07109	28,426	0,35	0,03472	5,0581	0,52	9,2920
T-4	25-1000	28,438	0,45	0,08877	28,4380	0,46	0,04561	5,0784	0,56	10,0425
T-5	13-650	28,4088	0,28	0,05529	28,4307	0,3	0,02975	5,0056	0,4	6,9921
T-6	27-650	28,4064	0,3	0,05924	28,4387	0,28	0,02776	5,0299	0,36	6,1631
T-7	20-155	28,4152	0,32	0,06317	28,4044	0,28	0,02779	5,0382	0,23	3,5727
T-8	20-1145	28,4249	0,5	0,09868	28,4091	0,28	0,02779	5,0039	0,6	10,9914
T-9	20-650	28,4372	0,4	0,07891	28,4122	0,4	0,03970	5,0784	0,42	7,2857
T-10	20-650	28,459	0,41	0,08082	28,4051	0,4	0,03971	5,0034	0,4	6,9952

T-11	20-650	28,4501	0,4	0,07887	28,409	0,4	0,03970	5,1003	0,41	7,0584
DIA 19		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4094	0,33	0,0651	28,426	0,32	0,03174	5,0016	0,27	4,3985
T-2	25-300	28,4217	0,34	0,0671	28,4152	0,32	0,03175	5,0046	0,3	4,9954
T-3	15-1000	28,4288	0,36	0,0710	28,4177	0,36	0,03572	5,0259	0,55	9,9484
T-4	25-1000	28,4001	0,46	0,0908	28,4150	0,45	0,04465	5,0449	0,56	10,1092
T-5	13-650	28,4478	0,29	0,0571	28,426	0,28	0,02777	5,0219	0,4	6,9694
T-6	27-650	28,4532	0,31	0,0611	28,4265	0,3	0,02976	5,0696	0,47	8,2846
T-7	20-155	28,4005	0,32	0,0632	28,43	0,32	0,03174	5,0466	0,23	3,5667
T-8	20-1145	28,4288	0,51	0,1006	28,4037	0,5	0,04964	5,0088	0,66	12,1785
T-9	20-650	28,4022	0,42	0,0829	28,4006	0,4	0,03971	5,0134	0,43	7,5796
T-10	20-650	28,45	0,42	0,0828	28,4034	0,4	0,03971	5,0324	0,43	7,5510
T-11	20-650	28,411	0,42	0,0829	28,4022	0,4	0,03971	5,0023	0,43	7,5965
DIA 21		Peso de	Gasto	Índice de	Peso de la	Gasto	% Ácidos	Peso de	Gasto de	Índice de
Muestra	Temperatura – Lux	muestra	KOH	acidez	muestra	NAOH	grasos libres	muestra	Na2S2O3	peróxido
T-1	15-300	28,4095	0,33	0,06516	28,4326	0,32	0,03173	5,4622	0,27	4,0276
T-2	25-300	28,4216	0,34	0,06711	28,4252	0,32	0,03174	5,0316	0,3	4,9685
T-3	15-1000	28,4289	0,36	0,07104	28,4701	0,36	0,03565	5,0259	0,55	9,9484
T-4	25-1000	28,4002	0,46	0,09086	28,4170	0,45	0,04465	5,0149	0,56	10,1696
T-5	13-650	28,4479	0,29	0,05718	28,428	0,28	0,02777	5,0122	0,4	6,9829
T-6	27-650	28,4533	0,31	0,06112	28,4645	0,3	0,02972	5,0036	0,47	8,3939
T-7	20-155	28,4006	0,32	0,06320	28,4403	0,32	0,03172	5,0126	0,23	3,5909
T-8	20-1145	28,429	0,51	0,10064	28,4327	0,5	0,04959	5,0318	0,66	12,1228

T-9	20-650	28,4021	0,42	0,08295	28,4622	0,4	0,03963	5,0274	0,43	7,5585
T-10	20-650	28,4501	0,42	0,08281	28,4314	0,4	0,03967	5,0405	0,43	7,5389
T-11	20-650	28,412	0,42	0,08292	28,4422	0,4	0,03965	5,0028	0,43	7,5957
DIA 23										
Muestra	Temperatura – Lux	peso de muestra	gasto KOH	índice de acidez	peso de la muestra	gasto NAOH	% ácidos grasos libres	peso de muestra	gasto de Na2S2O3	índice de peróxido
T-1	15-300	28,4175	0,34	0,06712	28,4921	0,35	0,03464	5,0092	0,27	4,3919
T-2	25-300	28,43	0,35	0,06906	28,4832	0,34	0,03366	5,0017	0,31	5,1982
T-3	15-1000	28,422	0,37	0,07303	28,4491	0,37	0,03667	5,0032	0,61	11,1928
T-4	25-1000	28,4766	0,5	0,09850	28,4902	0,52	0,05147	5,0125	0,63	11,5710
T-5	13-650	28,44	0,32	0,06312	28,472	0,33	0,03268	5,0279	0,48	8,5522
T-6	27-650	28,4501	0,35	0,06901	28,4803	0,36	0,03564	5,008	0,52	9,3849
T-7	20-155	28,416	0,35	0,06909	28,4426	0,35	0,03470	5,045	0,25	3,9643
T-8	20-1145	28,4211	0,56	0,11053	28,4988	0,55	0,05442	5,4486	0,855	14,7744
T-9	20-650	28,449	0,42	0,08282	28,4615	0,43	0,04260	5,1032	0,49	8,6220
T-10	20-650	28,401	0,43	0,08493	28,4074	0,43	0,04268	5,3001	0,51	8,6790
T-11	20-650	28,4099	0,43	0,08491	28,4506	0,4	0,03964	5,2130	0,5	8,6322
DIA 25										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4703	0,34	0,066996133	28,4955	0,35	0,03463	5,0911	0,26	4,1248
T-2	25-300	28,4903	0,35	0,06891	28,4842	0,34	0,03366	5,847	0,31	4,44672
T-3	15-1000	28,4231	0,37	0,07302	28,4601	0,37	0,03666	5,0342	0,61	11,1239
T-4	25-1000	28,4917	0,5	0,09844	28,4800	0,52	0,05148	5,2005	0,63	11,15277
T-5	13-650	28,4547	0,32	0,06308	28,4852	0,33	0,03266	5,2961	0,48	8,11918
T-6	27-650	28,495	0,35	0,06890	28,4843	0,36	0,03564	5,1011	0,52	9,21369

T-7	20-155	28,4423	0,35	0,06903	28,4726	0,35	0,03466	5,25	0,25	3,80952
T-8	20-1145	28,4601	0,56	0,11038	28,4894	0,55	0,05444	5,2201	0,855	15,42116
T-9	20-650	28,4701	0,42	0,08276	28,4724	0,43	0,04258	5,0123	0,49	8,77840
T-10	20-650	28,4901	0,43	0,08467	28,4164	0,43	0,04267	5,0302	0,51	9,14476
T-11	20-650	28,4911	0,43	0,08466	28,4616	0,4	0,03963	5,3001	0,5	8,49040
DIA 27										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4173	0,34	0,06712	28,426	0,35	0,03472	5,0869	0,26	4,1282
T-2	25-300	28,4293	0,35	0,06906	28,4038	0,34	0,03375	5,387	0,31	4,8264
T-3	15-1000	28,402	0,37	0,07308	28,4301	0,37	0,03670	5,0132	0,61	11,1705
T-4	25-1000	28,4417	0,5	0,09862	28,4120	0,52	0,05161	5,0295	0,63	11,5319
T-5	13-650	28,4347	0,32	0,06313	28,42	0,33	0,03274	5,0799	0,48	8,4647
T-6	27-650	28,4465	0,35	0,06902	28,4180	0,36	0,03572	5,0118	0,52	9,3778
T-7	20-155	28,4143	0,35	0,06910	28,426	0,35	0,03472	5,0245	0,25	3,9804
T-8	20-1145	28,4116	0,56	0,11057	28,4109	0,55	0,054591724	5,1486	0,855	15,6353
T-9	20-650	28,4401	0,42	0,08284	28,4047	0,43	0,042690193	5,0052	0,49	8,7908
T-10	20-650	28,4001	0,43	0,08493	28,4064	0,43	0,042687563	5,0002	0,51	9,1996
T-11	20-650	28,4000	0,43	0,08494	28,406	0,4	0,03970992	5,2300	0,5	8,6042
DIA 29										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4227	0,35	0,06908	28,4122	0,35	0,03473	5,0026	0,3	4,99740
T-2	25-300	28,4085	0,37	0,07306	28,4200	0,36	0,03572	5,0198	0,34	5,7771
T-3	15-1000	28,4000	0,38	0,07506	28,4006	0,38	0,03773	5,0030	1,07	20,3877
T-4	25-1000	28,4212	0,59	0,11645	28,4149	0,54	0,05359	5,061	1,13	21,3396

T-5	13-650	28,4024	0,34	0,06715	28,4136	0,34	0,03374	5,0118	0,57	10,3755
T-6	27-650	28,4230	0,38	0,07500	28,4209	0,38	0,03770	5,0207	0,56	10,1579
T-7	20-155	28,4183	0,36	0,07106	28,402	0,35	0,03475	5,0216	0,26	4,1819
T-8	20-1145	28,4309	0,58	0,11444	28,4316	0,54	0,05356	5,025	1,18	22,4875
T-9	20-650	28,4041	0,43	0,08492	28,4236	0,44	0,04365	5,0154	0,53	9,5705
T-10	20-650	28,4033	0,43	0,08493	28,4126	0,42	0,04168	5,1004	0,53	9,411
T-11	20-650	28,4002	0,43	0,08493	28,4015	0,44	0,04368	5,0032	0,52	9,3939
DIA 30										
Muestra	Temperatura – Lux	Peso de muestra	Gasto KOH	Índice de acidez	Peso de la muestra	Gasto NAOH	% Ácidos grasos libres	Peso de muestra	Gasto de Na2S2O3	Índice de peróxido
T-1	15-300	28,4008	0,37	0,07308	28,4216	0,36	0,03571	5,0076	0,32	5,3918
T-2	25-300	28,4523	0,38	0,07492	28,4136	0,37	0,03672	5,0554	0,35	5,9342
T-3	15-1000	28,436	0,4	0,07891	28,4121	0,4	0,03970	5,0209	1,34	25,6926
T-4	25-1000	28,4368	0,58	0,11442	28,4225	0,59	0,05853	5,0701	1,43	27,2183
T-5	13-650	28,4313	0,35	0,06906	28,4005	0,35	0,03475	5,0544	0,58	10,4859
T-6	27-650	28,4325	0,4	0,07892	28,4003	0,38	0,03773	5,0281	0,55	9,9441
T-7	20-155	28,4234	0,36	0,07105	28,4126	0,36	0,03573	5,0792	0,24	3,7407
T-8	20-1145	28,4021	0,63	0,12443	28,4031	0,35	0,03474	5,0663	1,43	27,2388
T-9	20-650	28,4573	0,44	0,08674	28,4242	0,45	0,04464	5,008	0,55	9,9840
T-10	20-650	28,4421	0,45	0,08875	28,4222	0,45	0,04464	5,084	0,56	10,0314
T-11	20-650	28,4138	0,45	0,08884	28,4007	0,45	0,04468	5,0472	0,55	9,9064

ANEXO 21

Índice de acidez del aceite de soya refinado a distintas condiciones de temperatura e iluminación

Día	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11	
	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX
	15	300	25	300	15	1000	25	1000	13	650	27	650	20	155	20	1145	20	650	20	650	20	650
1	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
3	0,04148		0,04146		0,04543		0,04542		0,04542		0,04345		0,04143		0,04339		0,04345		0,04346		0,04346	
5	0,04740		0,04934		0,05525		0,06321		0,04543		0,04733		0,04339		0,06914		0,04543		0,04346		0,04346	
8	0,04736		0,05332		0,05923		0,06709		0,04639		0,05132		0,04542		0,07298		0,06124		0,05923		0,05724	
10	0,04738		0,05925		0,06509		0,07111		0,04734		0,05527		0,04539		0,07897		0,06509		0,06501		0,06714	
12	0,05917		0,06312		0,06913		0,07889		0,04737		0,05526		0,04934		0,09269		0,07496		0,07497		0,07500	
15	0,05324		0,05915		0,06908		0,08290		0,04542		0,05429		0,05332		0,09876		0,07496		0,07497		0,07598	
17	0,05530		0,05922		0,07497		0,08388		0,04933		0,05432		0,05333		0,09867		0,07492		0,07693		0,07502	
19	0,05529		0,05921		0,07498		0,08392		0,04936		0,05423		0,05529		0,09867		0,07492		0,07693		0,07502	
22	0,06315		0,06318		0,07109		0,08877		0,04933		0,05423		0,05529		0,09868		0,07891		0,07494		0,07506	
24	0,06517		0,06711		0,07104		0,09087		0,05719		0,06112		0,06321		0,10064		0,08296		0,08282		0,08293	
26	0,06712		0,06907		0,07308		0,09862		0,06313		0,06902		0,06910		0,11057		0,08285		0,08494		0,08494	
29	0,06908		0,07307		0,07506		0,11646		0,06716		0,07500		0,07107		0,11445		0,08493		0,08493		0,08494	
30	0,07309		0,07493		0,07891		0,11442		0,06906		0,07892		0,07105		0,12444		0,08674		0,08876		0,08885	

ANEXO 22

Índice de peróxidos del aceite de soya refinado a distintas condiciones de temperatura e iluminación

Día	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11		
	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	°C	LUX	
	15	300	25	300	15	1000	25	1000	13	650	27	650	20	155	20	1145	20	650	20	650	20	650	
1	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
3	0,200		0,200		0,199		0,200		0,198		0,200		0,197		0,200		0,199		0,200		0,200		5,965
5	0,597		0,996		4,979		2,575		0,399		1,798		0,200		4,983		0,399		0,441				0,699
8	1,387		1,981		1,997		3,592		2,775		2,379		0,597		6,763		0,995		1,399				0,982
10	1,964		2,989		2,600		4,524		3,791		4,193		1,596		8,157		2,588		3,199				3,340
12	2,988		3,191		3,171		5,963		4,163		4,563		2,000		8,524		4,363		3,997				4,598
15	3,382		3,556		4,197		6,118		4,799		4,996		2,588		8,595		4,909		5,994				4,943
17	3,753		4,361		8,738		6,397		6,764		6,166		2,589		8,723		5,595		5,994				5,965
19	3,800		4,334		8,788		0,200		6,757		6,179		3,573		10,942		5,592		5,918				5,964
22	4,400		4,994		9,292		10,043		6,992		6,163		3,573		10,991		7,286		6,995				7,058
24	4,399		4,995		9,948		10,109		6,969		8,285		3,567		12,179		7,580		7,551				7,597
26	4,128		4,826		11,171		11,532		8,465		9,378		3,980		15,635		8,791		9,200				8,604
29	4,997		5,777		20,388		21,340		10,376		10,158		4,182		22,488		9,571		9,411				9,394
30	5,392		5,934		25,693		27,218		10,486		9,944		3,741		27,239		9,984		10,031				9,906

UWA