UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Elaboración de un aislado proteico a partir de la torta de soya residual obtenida en el proceso mecánico de extracción de aceite

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: John Alexander Pérez Toasa

Tutora: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato – Ecuador

Agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 1 de julio del 2024



Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar
0501873954
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, John Alexander Pérez Toasa, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



John Alexander Pérez Toasa

1805481056

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



John Alexander Pérez Toasa

1805481056

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción proyecto de investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO CASADO ROJO

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON

Dr. Fredy Geovanny Del Pozo León
1802446276

Firmado electrónicamente por:
LILIANA PATRICIA ACURIO ARCOS

Mg. Liliana Patricia Acurio Arcos
1804067088

Ambato, 31 de julio del 2024

DEDICATORIA

A Dios, mi guía y fortaleza, a quien debo todo logro en mi carrera universitaria y en la realización de esta tesis. Su presencia en mi vida me ha brindado el coraje y la perseverancia necesarios para superar cada obstáculo que se presentó en mi camino. Su amor y su sabiduría me han acompañado en cada momento, dándome la certeza de que siempre hay una luz en medio de la oscuridad.

A mi querida familia, que ha sido mi pilar fundamental a lo largo de esta travesía. A mi madre Paulina, cuyo amor incondicional y constante apoyo han sido mi mayor fuente de motivación. Su sacrificio y dedicación me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia y la entrega. A mis hermanos Darío y Diana, por su compañerismo, comprensión y por siempre estar dispuestos a ayudarme y apoyarme en cada momento. Y a mi abuelo Víctor, cuyo cariño y respaldo han sido invaluables, actuando no solo como abuelo, sino también como una figura paterna que me ha guiado con sabiduría y afecto.

Esta tesis también está dedicada a todos aquellos que, de una u otra manera, han sido parte de mi formación académica y personal. A mis profesores y compañeros, quienes han contribuido a mi crecimiento intelectual y profesional. A todos, les debo un profundo agradecimiento por su apoyo y enseñanzas, que me han permitido llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fuerza y la sabiduría para continuar, incluso cuando las circunstancias parecían imposibles. Su guía ha sido esencial en cada paso de mi camino académico, brindándome consuelo y claridad en los momentos de incertidumbre. Sin Su presencia, este logro no habría sido posible.

A mi familia, por su apoyo incondicional tanto económico como emocional. A mi mamá, Paulina, por luchar siempre por mi propósito, por su incansable esfuerzo y dedicación, que han sido una fuente constante de inspiración y fortaleza. A mis hermanos, Darío y Diana, por estar siempre a mi lado, por su comprensión y por respaldar cada decisión que he tomado. Su amor y apoyo me han dado la confianza necesaria para seguir adelante. A mi abuelo Víctor, por ser una figura paterna y un constante apoyo en mi vida. Su cariño, sabiduría y consejos han sido fundamentales para alcanzar este objetivo.

También quiero agradecer a mis amigos Diego, Rafa, Johan, Paty y David, quienes han sido un apoyo invaluable durante todo este proceso. Gracias por estar ahí en los momentos de desestrés, por las salidas, las risas y los juegos. Su amistad ha sido un refugio y una fuente de alegría, permitiéndome mantener el equilibrio y la felicidad durante estos años. Además, a la Dra. Johana Ortiz, docente de la Universidad de Cuenca, por su apoyo fundamental en el proceso experimental del proyecto de investigación. A todos ustedes, gracias por su compañía y por hacer de este viaje una experiencia inolvidable.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todos los profesores y compañeros de la universidad, cuyos conocimientos y experiencias han contribuido significativamente a mi formación. Su dedicación y apoyo han sido clave en mi desarrollo académico y personal, y por ello, les estoy eternamente agradecido.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN III
DERECHOS DE AUTOR IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS VIII
ÍNDICE DE TABLAS XI
ÍNDICE DE FIGURAS XII
ÍNDICE DE ANEXOS XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES XIV
RESUMEN EJECUTIVO XV
ABSTRACT XVI
CAPÍTULO I 1
1. MARCO TEÓRICO 1
1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 1
1.1.1 Soya 2
1.1.1.1 Taxonomía de la soya 2
1.1.1.2 Composición química de la soya 2
1.1.1.3 Propiedades de la soya 3
1.1.1.4 Producción de soya 3
1.1.1.4.1 Producción mundial de soya 3
1.1.1.4.2 Producción de soya en América Latina 4
1.1.1.4.3 Producción de soya en Ecuador 4
1.1.2 Extracción de Aceite de Soya 4
1.1.2.1 Métodos de extracción de aceite 4
1.1.2.1.1 Extracción por solvente 4
1.1.2.1.2 Extracción mecánica 5
1.1.2.2 Composición química del aceite de soya 6
1.1.3 Torta de Soya 6
1.1.3.1 Definición y características de la torta de soya. 6

1.1.3.2 Composición química de la torta de soya. 7
1.1.3.3 Usos tradicionales de la torta de soya. 7
1.1.3.4 Innovaciones en el uso de la torta de soya. 7
1.1.3.5 Definición y características de la harina de soya 8
1.1.3.6 Composición química de la harina de soya desgrasada 9
1.1.4 Aislado Proteico 9
1.1.4.1 Definición y características del aislado proteico de origen vegetal 9
1.1.4.2 Importancia del aislado proteico 9
1.1.4.3 Procesos de obtención del aislado proteico 10
1.1.4.4 Composición química del aislado proteico de la torta de soya 10
1.1.4.5 Calidad nutricional 10
1.1.5 Digestibilidad del Aislado Proteico 11
1.1.5.1 Concepto de digestibilidad de las proteínas 11
1.1.5.2 Factores que afectan la digestibilidad de proteínas 11
1.1.6 Composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya 12
1.1.7 Importancia de los aminoácidos en la nutrición humana 12
1.1.8 Métodos para determinar la composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya 13
1.2 OBJETIVOS 13
1.2.1 Objetivo general 13
1.2.2 Objetivos específicos 13
CAPÍTULO II 14
2. METODOLOGÍA. 14
2.1 MATERIALES 14
2.2 MÉTODOS 15
2.2.1 Producción de la fracción residual no grasa a partir de un proceso de extracción de aceite de soya. 15
2.2.1.1 Acondicionamiento de la materia prima. 15
2.2.1.2 Obtención de la torta de soya desgrasada. 16
2.2.1.3 Proceso de elaboración de la harina de soya a partir de la torta. 16
2.2.2 Aislamiento y purificación de la proteína a partir de la torta de soya. 16
2.2.3 Determinación del perfil de aminoácidos. 17
CAPITULO III 19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 19
3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. 19

3.1.1 Producción de la fracción residual no grasa a partir de un proceso de extracción de aceite de soya. 19
3.1.1.1 Selección del mejor pretratamiento aplicado a los granos de soya. 19
3.1.1.2 Rendimiento expresado en porcentaje del proceso de extracción de aceite. 21
3.1.1.2.1 Análisis estadístico Chi cuadrado 22
3.1.1.3 Rendimiento del proceso de molienda. 22
3.1.2 Obtención del aislado y purificación de la proteína a partir de la torta de soya aplicando metodologías que garanticen un producto funcional. 23
3.1.3 Evaluación del perfil de aminoácidos del aislado proteico derivado de la torta de soya empleando técnicas analíticas. 29
3.1.3.1 Análisis proximal de la harina y del aislado de proteína de soya. 34
CAPITULO IV 37
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
4.1 CONCLUSIONES 37
4.2 RECOMENDACIONES 38
MATERIAL DE REFERENCIA 39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39
ANEXOS 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la soya 2
Tabla 2. Composición química del aceite de soya 6
Tabla 3. Composición química de la torta de soya 7
Tabla 4. Composición química de la harina de soya desgrasada 9
Tabla 5. Composición química del aislado proteico de la torta de soya 10
Tabla 6. Composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya (mg/g de proteínas) ... 12
Tabla 7. Materiales, material fungible y equipos que se utilizaron en la investigación 14
Tabla 8. Diseño experimental 2x2 17
Tabla 9. Simbología empleada en el proyecto de investigación 19
Tabla 10. Pretratamientos del grano de soya antes del proceso de tostado 20
Tabla 11. Condiciones del proceso de tostado del grano de soya 20
Tabla 12. Rendimiento de la extracción del aceite 21
Tabla 13. Rendimiento del proceso de molienda 23
Tabla 14. Porcentaje de rendimiento del aislado proteico a diferentes pH 23
Tabla 15. Porcentaje de proteína del aislado proteico determinado por Dumas 26
Tabla 16. Repetición del conteo de proteína medido por Dumas en muestras extraídas con el pH de mejor rendimiento 28
Tabla 17. Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 10 – 4,5 29
Tabla 18. Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 10 – 5 30
Tabla 19. Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 8,5 - 4,5 31
Tabla 20. Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 8,5 - 5 31
Tabla 21. Análisis proximal de la harina de soya desgrasada 34
Tabla 22. Análisis proximal del aislado de proteína de soya 35
Tabla 23. Análisis proximal corregido del aislado de proteína de soya 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento del asilado proteico de soya expresado en porcentaje.....24
Figura 2. Medición del contenido de proteína del aislado de proteico de soya expresado en porcentaje. 26
Figura 3. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 49
Figura 4. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 49
Figura 5. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 50
Figura 6. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 50
Figura 7. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 51
Figura 8. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 51
Figura 9. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 52
Figura 10. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 52
Figura 11. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 53
Figura 12. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 53
Figura 13. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 54
Figura 14. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 54
Figura 15. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 55
Figura 16. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 55
Figura 17. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 56
Figura 18. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 56
Figura 19. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 57
Figura 20. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 57
Figura 21. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 58
Figura 22. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 58
Figura 23. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 59
Figura 24. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 59
Figura 25. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 60
Figura 26. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 60
Figura 27. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 61
Figura 28. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 61
Figura 29. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 62
Figura 30. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 62
Figura 31. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 63
Figura 32. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 63
Figura 33. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 64
Figura 34. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 64

Figura 35. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 65
Figura 36. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 65
Figura 37. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 66
Figura 38. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 66
Figura 39. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 67
Figura 40. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 67
Figura 41. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 68
Figura 42. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 68
Figura 43. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 69
Figura 44. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 69
Figura 45. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 70
Figura 46. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 70
Figura 47. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 71
Figura 48. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 71
Figura 49. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 72
Figura 50. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 72
Figura 51. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 73
Figura 52. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 73
Figura 53. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya 74
Figura 54. Cromatograma del análisis de detección de AA 1

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Balance de costos de la harina de soya 45
Anexo 2. Balance de costos del aislado de soya 45
Anexo 3. Obtención de la harina y aislado de proteína de soya 46
Anexo 4. Cuantificación de proteína medido por Dumas 49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 11
Ecuación 2 17
Ecuación 3 22

RESUMEN EJECUTIVO

El consumo de proteína vegetal ha ganado relevancia en la industria alimentaria debido a diversos factores, como la creciente población mundial, el impacto ambiental de la ganadería y la demanda de alimentos más saludables. En Ecuador, donde la malnutrición infantil es un desafío significativo, el desarrollo de un aislado proteico a partir de la torta residual de soya representa una solución prometedora para mejorar la disponibilidad de proteínas de alta calidad a bajo costo. La metodología empleada en este estudio incluyó la extracción mecánica del aceite de soya para obtener la torta residual, seguida de un proceso de aislamiento y purificación de proteínas. Se realizaron etapas de molienda y tamizado de la torta, seguidas de la solubilización y precipitación de la proteína en condiciones específicas de pH. Se implementó un diseño experimental dos por dos para optimizar las condiciones de pH durante la solubilización (pH 8, 8.5 y 10) y precipitación (pH 4, 4.5 y 5) de las proteínas, evaluando su impacto en el rendimiento y la pureza del aislado proteico. Los resultados demostraron que el proceso de extracción de aceite es eficiente para producir una fracción residual rica en proteínas. El aislado proteico obtenido presentó un perfil de aminoácidos completo, con treonina, lisina e isoleucina de 0,60 ; 0,61 y 0,61 gramos de aminoácido por cien gramos de proteína respectivamente como los aminoácidos predominantes. Estos hallazgos subrayan el potencial del aislado proteico de soya como suplemento nutricional, resaltando la importancia de las condiciones de procesamiento en la calidad final del producto.

Palabras clave:

Aceite de soya – Torta de soya – asilados proteicos – perfil de aminoácidos – residuos agroindustriales

ABSTRACT

The consumption of plant-based protein has gained relevance in the food industry due to various factors, such as the growing global population, the environmental impact of livestock farming, and the demand for healthier foods. In Ecuador, where child malnutrition is a significant challenge, the development of a protein isolate from residual soybean cake represents a promising solution to improve the availability of high-quality, low-cost proteins. The methodology employed in this study included the mechanical extraction of soybean oil to obtain the residual cake, followed by a process of protein isolation and purification. Stages of milling and sieving of the soybean meal were performed, followed by the solubilization and precipitation of the protein under specific pH conditions. A two by two experimental design was implemented to optimize the pH conditions during protein solubilization (pH 8, 8.5, and 10) and precipitation (pH 4, 4.5, and 5), evaluating their impact on the yield and purity of the protein isolate. The results demonstrated that the oil extraction process is efficient in producing a protein-rich residual fraction. The obtained protein isolate exhibited a complete amino acid profile, with threonine, lysine, and isoleucine at 0.60, 0.61, and 0.61 grams of amino acids per one hundred grams of protein respectively as the predominant amino acids. These findings highlight the potential of soybean protein isolate as a nutritional supplement, underscoring the importance of processing conditions in the final product's quality.

Key words:

Soybean oil – Soybean meal – Protein isolates – Amino acid profile – Agro-industrial residues

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

La malnutrición es un problema de salud global que afecta a millones de personas en todo el mundo, incluido Ecuador **(Larrea, 2006)**. Este problema de salud pública tiene un impacto devastador en la calidad de vida, especialmente de niños y comunidades marginadas. De acuerdo con un estudio realizado por las **Naciones Unidas Ecuador (2022)**, se estima que 2,7 millones de ecuatorianos carecen de un acceso apropiado a alimentos lo que equivale al 15,4 % de la población total del país.

Además, otro análisis desarrollado por el **INEC (2023)** determinó que el 24% de niños menores de 2 años sufren desnutrición crónica infantil, destacando que un 33,4 % de este porcentaje corresponde a niños de comunidades indígenas. Estos datos sitúan al país como el segundo de América del Sur que presenta problemas de hambre mayormente acentuados **(Naciones Unidas Ecuador, 2022)**.

La desnutrición crónica y hábitos alimenticios impropios generan lamentables consecuencias para la calidad de vida de la población. La falta de proteínas en la dieta puede provocar un crecimiento deficiente, fragilidad y enfermedades como hipertensión o diabetes **(UNICEF Ecuador, 2021)**. Por lo que, en busca de soluciones se ha visto en la soya una alternativa prometedora, debido a su excelente calidad proteica con aminoácidos esenciales y propiedades funcionales, convirtiéndose en un complemento de alta calidad que brinde a las comunidades ecuatorianas medios sostenibles para mejorar su estado nutricional **(Oyarvide et al., 2022)**.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo desarrollar un suplemento alimenticio basado en un aislado de proteína de soya, cuya calidad será evaluada a través del nivel de pureza de la proteína y un análisis del perfil de aminoácidos. Además, se realizará una comparación nutricional con la torta de soya importada al país, la cual se destina únicamente a la elaboración de balanceados y atraviesa un proceso de extrusión previa **(Sánchez et al., 2014)**.

La hipótesis que sustenta este proyecto postula la posibilidad de ofertar al mercado un aislado proteico de alta calidad, accesible y de fácil digestión, obtenido a partir de un producto residual en el proceso de extracción de aceite. Proyectando ir más allá del uso tradicional de la torta de soya como materia prima en la alimentación animal y proponiendo la elaboración de derivados proteicos económicos y de alta calidad para alimentación humana.

1.1.1 Soya

1.1.1.1 Taxonomía de la soya

La soya, reconocida taxonómicamente con su nombre botánico Glycine max, se registra dentro de la familia leguminosae, perteneciendo al género *Glycine* L. y al subgénero Glycinesubg. Soja (Moench). La mencionada clasificación ha sido aceptada ampliamente por la literatura científica desde el año 1948 estandarizándose en la identificación de especies vegetales **(Pimentel, 2015)**.

1.1.1.2 Composición química de la soya

Tabla 1.

Composición química de la soya

	Por cada 100 gramos de porción comestible
Energía (Kcal)	406
Proteínas (g)	35,9
Lípidos totales (g)	18,6
Carbohidratos (g)	15,8
Fibra (g)	15,7
Agua (g)	14
Calcio (mg)	240
Hierro (mg)	9,7
Yodo (µg)	6
Magnesio (mg)	250
Zinc (mg)	4,3
Sodio (mg)	5
Potasio (mg)	1.730
Fósforo (mg)	660
Selenio (µg)	14
Tiamina (mg)	0,61
Riboflavina (mg)	0,27
Equivalente niacina (mg)	7,7
Vitamina B6 (mg)	0,38
Folatos (µg)	370
Vitamina B12 (µg)	0
Vitamina C (mg)	Tr
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	2
Vitamina D (µg)	0

Vitamina E (mg)	2,9

Nota: Información obtenida de **Valero et al. (2018).**

1.1.1.3 Propiedades de la soya

A lo largo de la historia, la soya desempeñó un papel importante en la alimentación de comunidades orientales, siendo un componente fundamental en varias de sus comidas. Notables propiedades funcionales como, la capacidad para formar espumas, emulsiones y retención de agua han contribuido a su versatilidad culinaria e integración en la gastronomía **(Jiménez, 2006)**. Así mismo, la soya consiguió un importante reconocimiento gracias a su significativo aporte nutricional, por lo que es considerado como uno de los alimentos vegetales con mayor contenido proteico, minerales, vitaminas y el único que presenta los aminoácidos esenciales para una correcta nutrición humana **(Samtiya et al., 2020)**. Este alimento vegetal, se ha sido utilizado ampliamente en una variedad de productos alimenticios, incluyéndose en fórmulas infantiles, galletas, aperitivos, pastas, bebidas, queso, tofu e incluso sustitutos de carnes vegetarianas, recibiendo una creciente atención debido a su composición química, aplicaciones en la industria de alimentos y propiedades funcionales **(Astawan & Prayudani, 2020)**. Además, es uno de los cultivos más importantes que son empleados para extraer aceite comestible, asumiendo en su composición alrededor del 20% del mismo **(Samtiya et al., 2020)**. Este perfil nutricional completo contribuye a la prevención de enfermedades óseas, correctos niveles de colesterol en la sangre y, además, prevención de diversas enfermedades asociadas a la malnutrición crónica como la deficiencia en el desarrollo físico e intelectual de la población **(Munive, 2009)**. De acuerdo con el Codex Standard, la soya puede ser clasificada en función a su contenido proteico en base seca, siendo estos, harina de soya con 40 – 50 % de proteína, concentrados de soya con 70 – 89 % y asilados de soya con 90 – 99%, donde cada sistematización tiene diferentes aplicaciones en la industria de acuerdo con sus propiedades funcionales **(Astawan & Prayudani, 2020)**.

1.1.1.4 Producción de soya

1.1.1.4.1 Producción mundial de soya

El escenario internacional en la producción de soya ha experimentado transformaciones a lo largo de los años, influenciada por una serie de factores como posibles cambios climáticos, políticas gubernamentales específicas de cada país y condiciones económicas **(Merino, 2020)**. Estos elementos han generado fluctuaciones en la producción de soya a nivel mundial, definiendo la participación de diferentes países en el mercado internacional de este cultivo **(USDA, 2023)**.

A partir del año 2018, 5 países lideran el mercado de exportaciones: EE. UU., Brasil, Argentina, China y la India ordenados de acuerdo con su capacidad productiva **(Merino, 2020)**. En el periodo comprendido entre 2022 y 2023, Brasil asumió el liderato con un total de producción de 163 millones de toneladas métricas, seguido de Estados Unidos con 111 millones, Argentina con 48 millones, China con 20 millones y la India con 11 millones **(Producción Agrícola Mundial, 2023)**.

1.1.1.4.2 Producción de soya en América Latina

En cuanto a la producción de soya en América Latina en el periodo 2022 y 2023 los principales países productores fueron, Brasil con 163 millones de toneladas métricas, Argentina con 48 millones, Paraguay con 10 millones, Bolivia con 3,3 millones y Uruguay con 2,9 millones **(Producción Agrícola Mundial, 2023)**.

1.1.1.4.3 Producción de soya en Ecuador

La producción nacional de soya en el Ecuador se agrupa principalmente en la altillanura, abarcando provincias como Los Ríos, Guayas, Santa Elena, Bolívar, Loja y Morona Santiago, con una actividad agrícola interna reducida que no logra satisfacer la demanda doméstica y representa el 10% del consumo aparente **(Oyarvide et al., 2022)**. La escasez en la producción obliga al país a depender en gran medida de las importaciones de soya, donde la mayor parte se destina como materia prima para el consumo animal y una pequeña proporción dirigida al consumo de la población **(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022)**.

En el año 2018, la producción total de soya en el Ecuador alcanzó las 62 mil toneladas métricas, mientras que se importaron 650 mil TM, reflejando un marcado contraste entre ambos. La producción local contribuyó con un 9,5% al consumo aparente en ese año. Del mismo modo, en el año 2019, las importaciones de aceite de soya fueron de 112 mil toneladas, contrastando con una producción nacional de 7 toneladas **(Oyarvide et al., 2022)**. Similar situación se observa en la importación de torta de soya, pues resulta ser favorable para las industrias de balanceados adquirirla en el extranjero ya que el costo promedio en Ecuador por tonelada métrica alcanza los 600 dólares, mientras que una tonelada métrica de torta de soya importada se sitúa en torno a los 400 dólares **(Sánchez et al., 2014)**.

Esta alta dependencia de importaciones de soya es impulsada por costos de producción elevados, pérdidas de cultivos debido a eventos climáticos como sequías, falta de capacitación adecuada para los productores, ausencia de seguros agrícolas para proteger los cultivos y la avanzada edad de los agricultores, situada a un promedio de 52 años **(Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022)**. No obstante, la producción de soya en el Ecuador ofrece espacios para la innovación y el desarrollo de productos de alto valor agregado, así como la reutilización de subproductos que puede contribuir a la economía circular, la diversificación en la industria y la seguridad alimentaria.

1.1.2 Extracción de Aceite de Soya

1.1.2.1 Métodos de extracción de aceite

1.1.2.1.1 Extracción por solvente

Conocido también como extracción sólido-líquido, o lixiviación, es un método eficaz comúnmente utilizado para la separación de compuestos antioxidantes a partir de residuos sólidos que presentan bajos contenidos de aceite **(Giraldo et al., 2010)**. En cuanto a los solventes utilizados en este procedimiento,

se pueden mencionar el etanol, tolueno, agua acidificada, hexano, metanol, isopropanol, entre otros. Siendo el hexano el solvente mayormente utilizado. Compuestos clorados y el benceno, son excluidos de este grupo debido a sus riesgos potenciales para la salud humana **(Tabio et al., 2017)**.

El método analítico empleado en esta operación es el conocido método Soxhlet, llevándose a cabo un proceso de transferencia de masa donde el disolvente selecciona uno o varios solutos de la matriz sólida deseada y los extrae. La eficacia de este proceso depende de ciertas consideraciones como el tiempo de extracción, la cantidad de muestra, la temperatura y naturaleza del solvente, así como el tamaño de las partículas **(Tabio et al., 2017)**.

Aunque el rendimiento de este método es destacable en la escala de laboratorio, su aplicación a nivel industrial presenta ciertas desventajas, ya que se requieren volúmenes substanciales de solvente en relación con la cantidad de aceite extraído. La eliminación del solvente implica costos adicionales y, en ocasiones, la separación no es completa, lo que afecta negativamente la calidad del aceite. Por ende, su implementación a escala industrial demanda consideraciones adicionales para optimizar la relación costo-beneficio y garantizar la pureza y calidad del producto final **(Cefla, 2015)**.

1.1.2.1.2 Extracción mecánica

En el proceso de extracción de aceite mediante prensado mecánico, es importante llevar a cabo un acondicionamiento previo de la semilla, recurriendo, en algunas instancias, a la molienda con la finalidad de provocar el colapso de las estructuras vegetales y liberar el contenido de aceite **(Giraldo et al., 2010)**. La semilla molida se introduce en una prensa tornillo, la cual separa de manera eficiente el aceite y la denominada "torta proteica". Posteriormente, el aceite extraído se somete a un proceso de filtración, mientras que la torta proteica resultante puede destinarse tanto a la alimentación animal como humana **(Cefla, 2015)**.

En un contexto más amplio, se describe una variante de prensado denominado "prensado continuo", el cual hace uso de prensas tornillo o expellers capaces de soportar elevadas presiones. Dentro de las técnicas empleadas en este método, se destaca el prensado de tornillo que incorpora un proceso de calentamiento. El aceite derivado de esta propiedad de extracción presenta la característica de conservar componentes antioxidantes, como la quercetina y la miricetina **(Cefla, 2015)**. No obstante, es importante señalar que este proceso exhibe un rendimiento relativamente bajo en cuanto a la producción de aceite, lo que podría influir en su viabilidad económica y en la elección de alternativas más eficientes en términos de rendimiento en la industria de extracción de aceite **(Tabio et al., 2017)**.

1.1.2.2 Composición química del aceite de soya

Tabla 2.

Composición química del aceite de soya

	Por cada 100 g
Energía (Kcal)	900
Proteínas (g)	0
Lípidos totales (g)	100
Carbohidratos (g)	0
Fibra (g)	0
Ácidos grasos saturados (g)	14,3
Ácidos grasos monoinsaturados	22
Ácidos grasos poliinsaturados (g)	55
Colesterol (mg)	0
Sodio (mg)	0
Potasio (mg)	0
Calcio (mg)	0
Magnesio (mg)	0
Hierro (mg)	0
Zinc (mg)	0

Nota: Información obtenida de **Calvo (2003).**

1.1.3 Torta de Soya

1.1.3.1 Definición y características de la torta de soya.

La torta de soya, un subproducto derivado del proceso de extracción de aceite se obtiene mediante la aplicación de técnicas como la extracción por solventes o la extracción mecánica **(Oyarvide et al., 2022)**. Este subproducto se presenta en forma de una pasta seca con tonalidades amarillentas, presentando un olor y sabor característicos del producto. En cuanto a su composición se distingue gracias a un elevado contenido proteico, así como de aminoácidos esenciales, que la convierten en una gran fuente nutritiva tanto para animales como para humanos **(Vásquez, 2023)**.

Naturalmente la torta de soya no incorpora aditivos químicos por lo que su método de conservación requiere de condiciones específicas, tales como, almacenamiento en un entorno fresco, libre de posibles fuentes de calor y protegido de posibles contaminaciones que puedan transmitirle olores o sabores indeseados. Del mismo modo, prevenir la presencia de insectos y roedores, factores potenciales que comprometen la calidad del producto **(Vásquez, 2023)**.

La implementación de dichas precauciones va a permitir que la torta de soya conserve su estabilidad y extienda su vida útil hasta 90 días **(Vásquez, 2023)**. Además, no solo preservarán su calidad nutricional, sino que también asegurarán su idoneidad para que pueda ser aplicado en diversos escenarios, por ejemplo, en la suplementación animal y humana **(Itacol, 2023)**.

1.1.3.2 Composición química de la torta de soya.

Tabla 3.

Composición química de la torta de soya

Nutriente	Valor (%)
Materia seca	89
Proteína bruta	45,6
Fibra cruda	6
Materia grasa	4
Humedad	11

Nota: Información obtenida de **Barahona (2010).**

1.1.3.3 Usos tradicionales de la torta de soya.

La torta de soya es comúnmente utilizada en la dieta para la alimentación animal, siendo un producto destacable por su elevado contenido proteico y aminoácidos esenciales. Debido a estas características su empleo se ha direccionado a la crianza de aves y cerdos, convirtiéndose en una de las principales materias primas en la formulación de balanceados para el sector ganadero **(Oyarvide et al., 2022)**.

En el estado ecuatoriano gran parte de la soya y torta de soya importada y procedente del país se dirige al mismo contexto, mientras que el uso de la torta de soya en la gastronomía humana es reducido debido a su sabor peculiar y percepciones nutricionales arraigadas en la sociedad de que su consumo puedo ocasionar problemas de salud, particularmente en mujeres **(Rosón, 2017)**. Así mismo, estudios médicos han abordado la relación entre la pérdida de peso y el consumo de soya demostrando que el empleo de este alimento no contribuye positivamente en programas de adelgazamiento, por lo que su consumo se ha visto condicionado notablemente **(Suárez, 2013)**.

1.1.3.4 Innovaciones en el uso de la torta de soya.

Una de las principales innovaciones asociadas a la torta de soya reside en su aplicación en la nutrición humana, particularmente en la elaboración de harinas, concentrados y aislados proteicos destinados a la suplementación o fortificación de productos carentes de proteína **(O'Flynn et al., 2021)**. En un esfuerzo por adoptar hábitos alimenticios saludables, evitar la comida chatarra y acceder a productos apropiados para personas con enfermedades celíacas, la harina de soya desgrasada, derivada de la torta, ha ganado popularidad en varios países extranjeros. Esta harina se ha incorporado ampliamente en

distintos alimentos debido a su alto contenido proteico, nutricional y energético, así también como su bajo contenido en grasa y buena tolerancia digestiva. **(Obasi et al., 2023)**

No obstante, pese a sus beneficios nutricionales, la harina de soya destaca por sus propiedades funcionales, pues, al ser incorporada en diferentes formulaciones de alimentos tiene la capacidad de retener mayor humedad, aumentar el rendimiento, extender la vida útil, absorber una menor cantidad de aceite en panificación, disminuir la velocidad del envejecimiento, entre otros beneficios que la convierten en un gran aliado para la diversificación de productos culinarios e industriales **(Jadhav & Nirval, 2021)**.

Ahora bien, los concentrados y aislados de proteína de soya, considerados las formas más puras de proteínas de esta oleaginosa se utilizan comúnmente en la industria alimentaria en tecnologías que impliquen mejorar la calidad del producto, por ejemplo, fórmulas infantiles, especialmente diseñadas para bebés que no toleren formulaciones a base de leche de vaca. Así mismo, son utilizados como ingredientes en otros alimentos para enriquecer su contenido nutricional, ofrecer ventajas económicas y mejorar propiedades como la emulsificación, textura y retención de agua **(Taghdir et al., 2017)**.

Sin embargo, existen desafíos que deben superarse para ofertar productos de calidad que garanticen la seguridad alimentaria. Uno de estos, es la presencia de compuestos anti nutricionales tales como, rafinosa, estaquiosa, goitrógenos, inhibidores de tripsina y demás, presentes en cereales y oleaginosas, que comprometen la biodisponibilidad nutricional del alimento. Razón por la cual se han abarcado estudios que analizan diferentes metodologías o tecnologías que reduzcan dichos compuestos **(Oliver et al., 2007)**. Obteniendo prometedores resultados en procesos de fermentación, remojo, cocción, tostado, germinación, autoclave y demás tratamientos térmicos que precisan temperaturas, tiempos y presiones específicas para cada uno de estos **(Ukwuru, 2003)**.

1.1.3.5 Definición y características de la harina de soya

La harina de soya es un producto conocido por su alto contenido proteico que ha desempeñado un papel importante en la nutrición humana. Su producción implica moler y procesar la soya después de desgrasarla para eliminar la mayor parte de su contenido de aceite, lo que da como resultado un polvo fino y de color marrón que conserva muchas de las propiedades nutricionales del grano **(Neira, 2021)**.

Destaca por su contenido proteico de entre un 40 – 50 %, lo que la convierte en una excelente fuente de proteína de origen vegetal. Además, es rico en fibra dietética, vitamina B, calcio, hierro, magnesio y otros nutrientes, siendo un ingrediente popular en la industria alimentaria para la fortificación de productos **(Astawan & Prayudani, 2020)**.

Dentro de sus propiedades funcionales destacan la capacidad para mejorar la textura y humedad de los productos horneados, reteniendo más humedad que la harina de trigo, lo que hace que el producto final

sea más jugoso y suave. Del mismo modo, es empleado por su capacidad de absorber menos aceite durante la cocción, lo que lo hace ideal para productos horneados y fritos **(Ukwuru, 2003)**.

1.1.3.6 Composición química de la harina de soya desgrasada

Tabla 4.

Composición química de la harina de soya desgrasada

Determinación	Porcentaje
Proteína	40 – 54
Grasa	05 – 2,6
Fibra cruda	2,5 – 5,1
Cenizas	4,7 – 6
Humedad	6 – 9,8
Carbohidratos	30 – 32

Nota: Información obtenida de **Munive (2009); Neira (2021).**

1.1.4 Aislado Proteico

1.1.4.1 Definición y características del aislado proteico de origen vegetal

Las proteínas de origen vegetal provienen en su mayoría de semillas trituradas y de harinas desgrasadas, las cuales son sometidas a diferentes técnicas que involucran el uso de alcoholes o solventes orgánicos. Estos facilitan la eliminación de compuestos activos, como, lípidos, carbohidratos y fibra, dando lugar a un concentrado de proteínas **(Bonino et al., 2016)**.

Ahora bien, en la producción de aislados proteicos el objetivo es obtener proteínas de mayor pureza, lo que implica establecer métodos de extracción alcalina y posteriormente una precipitación ácida, ajustando el pH al punto isoeléctrico de las proteínas. De modo, que el empleo de estos métodos maximice la concentración de proteínas y garanticen un producto digerible sin la presencia de componentes indeseables **(Cárdenas, 2016)**.

1.1.4.2 Importancia del aislado proteico

A pesar de que las harinas desgrasadas y los concentrados proteicos presentan bondades nutricionales esenciales aún exhiben contenidos significativos de compuestos indeseados, entre los que pueden destacar, fenoles, azucares reductores, fibra y lípidos, por lo que la pureza proteica del producto se ve comprometida **(Vioque et al., 2001)**. Para conseguir niveles de contenido proteico ideales que oscilan entre el 80 y 90% y mejorar la digestibilidad del producto es crucial proceder con la eliminación de estos **(Cárdenas, 2016)**.

La supresión de estos componentes no solo favorece al mejoramiento del contenido proteico, sino que también evita problemas de calidad en el producto terminado, por ejemplo, con la presencia de azucares

reductores podrían causar una reacción de Maillard al reaccionar con las proteínas lo que conlleva a la reducción del contenido de aminoácidos como triptófano, lisina y metionina **(Vioque et al., 2001)**.

1.1.4.3 Procesos de obtención del aislado proteico

Como lo menciona **Vioque et al. (2001)** el proceso de obtención de aislados proteicos ostenta dos operaciones fundamentales. La primera tiene como objetivo principal solubilizar las proteínas con la finalidad de separarlas de los compuestos no solubles. De este modo, el extracto resultante presenta proteínas y compuestos solubles. Ahora bien, para la extracción proteica, una práctica común es utilizar pH alcalinos ya que estos favorecen la solubilidad de las mismas.

La segunda operación se enfoca en concentrar y purificar las proteínas eliminando los compuestos indeseados del medio. Con la finalidad de conseguir este objetivo se proponen varios procedimientos, tales como, precipitación isoeléctrica, micelización, proteínas solubilizadas en medios de fuerzas iónicas elevadas y concentración de proteínas por ultrafiltración **(Bonino et al., 2016)**.

De las metodologías mencionadas, la precipitación isoeléctrica de las proteínas es una de las alternativas más recurrentes. En este método, el medio se acidifica hasta alcanzar el punto isoeléctrico de las proteínas mediante una disolución ácida provocando que las proteínas precipiten en forma de cuajo, el cual deberá ser centrifugado, lavado con agua y secado por aspersión.

1.1.4.4 Composición química del aislado proteico de la torta de soya

Tabla 5.

Composición química del aislado proteico de la torta de soya

	Base húmeda (%)	**Base seca (%)**
Proteína	86 – 87	90 – 92
Grasa	05 – 1	0,5 – 1
Fibra cruda	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2
Cenizas	3,8 – 4,8	4 – 5
Humedad	4 – 6	0
Carbohidratos	3 – 4	3 – 4

Nota: Información obtenida de **Munive (2009)**.

1.1.4.5 Calidad nutricional

De acuerdo con **Munive (2009)** para evaluar la calidad nutricional de los alimentos se empleaba antiguamente la Razón de Eficiencia de Proteína (PER), sin embargo, este método resultó ser ineficiente debido a que se ocupaban ratas para ser alimentadas y los requerimientos con los humanos son sumamente diferentes, por lo que la FDA en 1990 adopto el método de Puntuación de Aminoácidos

corregido por la Digestibilidad de la Proteína (PDCAAS). Aquí se basaba en los requerimientos de los aminoácidos del ser humano y la digestibilidad de la proteína expresándose como:

$$PDCAAS = \frac{requerimiento\ de\ aminoácidos}{patrón\ de\ aminoácidos} * digestibilidad \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

Entonces, para evaluar la calidad nutricional se deben considerar ausencia de componentes biológicamente activos, composición de aminoácidos y digestibilidad de los mismos **(Jiménez, 2006)**.

1.1.5 Digestibilidad del Aislado Proteico

1.1.5.1 Concepto de digestibilidad de las proteínas

La digestibilidad de las proteínas establece un parámetro crucial que valora la eficacia con la cual el organismo asimila el nitrógeno que proviene de la ingesta de alimentos, en relación, con la cantidad total ingerida. Este indicador puede ser expresado en términos porcentuales, tomando un valor de 100 o igual a 100 cuando el nitrógeno ha sido asimilado por el organismo en su totalidad **(Quesada & Gómez, 2019)**.

1.1.5.2 Factores que afectan la digestibilidad de proteínas

Existen ciertos factores que inciden significativamente en la digestibilidad de las proteínas, destacando reacciones químicas, inhibidores de enzimas digestivas o presencia de factores anti nutricionales tales como, fibra dietética o polifenoles **(Quesada & Gómez, 2019)**. Asimismo, factores externos que pueden ser tratamientos térmicos y procedimientos de purificación pueden tener un impacto negativo en la digestibilidad de la proteína **(Munive, 2009)**.

La soya, en su estado natural muestra varios de estos factores entre los que se incluyen, inhibidores de tripsina, lectinas, goitrógenos y anti-vitaminas. Sin embargo, mediante la aplicación de tratamientos térmicos o procesos de acondicionado, estos componentes pueden ser reducidos significativamente **(Avila, 2011)**. Estas etapas forman parte del procedimiento para la elaboración del aislado proteico a partir de la torta de soya desgrasada. Lo cual ayudará a que el aislado presente una digestibilidad del 93 al 97 % **(Avila, 2011)**.

1.1.6 Composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya

Tabla 6.

Composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya (mg/g de proteínas)

Aminoácido	Semilla	Harina	Concentrado	Aislado
Isoleucina	35	51	48	49
Leucina	79	77	79	82
Lisina	62	69	64	64
Metionina y Cisteína	21	32	28	26
Fenilalanina y Tirosina	87	89	89	92
Treoina	41	43	45	38
Triptófano	n/a	13	16	14
Valina	37	54	50	50
Histidina	-	26	26	28

Nota: Información obtenida de **Munive (2009)**.

1.1.7 Importancia de los aminoácidos en la nutrición humana

La naturaleza alberga más de 300 tipos de aminoácidos, siendo 20 aquellos que forman parte de las proteínas y representan estructuras fundamentales en diversos tejidos biológicos, hormonas de la sangre, enzimas, anticuerpos, entre otros **(Zea et al., 2017)**. Este conjunto de aminoácidos se divide en dos categorías, esenciales y no esenciales. Siendo nueve los aminoácidos esenciales que el cuerpo humano no puede sintetizar por lo que deben ser adquiridos a través de la dieta **(Quesada & Gómez, 2019)**.

Su función abarca diferentes aspectos, destacando su intervención en el metabolismo energético y componentes estructurales de tejidos de células y músculos, promoviendo tanto el crecimiento como la recuperación de los mismos. Asimismo, contribuyen a funciones sanguíneas, en procesos de síntesis de enzimas digestivas y pueden llegar a constituir hormonas esenciales para los procesos reproductivos **(Zea et al., 2017)**.

La presencia de proteínas en el organismo es crucial para un correcto funcionamiento biológico, más aún, cuando se trata de los aminoácidos esenciales. Su carencia puede dar lugar a una serie de problemas como, retraso del crecimiento, problemas de indigestión, depresión, trastornos, etc. Sin embargo, una ingesta excesiva de proteínas puede acarrear consecuencias negativas a nivel del hígado y riñones, por lo que, es importante asumir una dieta equilibrada con un moderado consumo de proteínas **(Zea et al., 2017)**.

1.1.8 Métodos para determinar la composición de aminoácidos en el aislado proteico de soya

En los últimos años el análisis del perfil de aminoácidos ha progresado considerablemente, siendo objeto de aceptación desde diferentes enfoques científicos. Estos, al encontrarse libres en los alimentos exigen una serie de operaciones específicas: liberación de los aminoácidos de la matriz alimentaria, separación de los mismos y cuantificación a través de métodos de calibración **(FAO & FINUT, 2017)**.

Cada una de las etapas mencionadas en este proceso ostenta características particulares, requiriendo, por ejemplo, condiciones de hidrólisis específicas para la liberación de ciertos aminoácidos, así como de adaptaciones de acuerdo con la matriz alimentaria. De las técnicas más comunes están cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y espectrometría de masas acoplada a cromatografía de gases (GCMS) **(FAO & FINUT, 2017)**.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollo de un aislado proteico a partir de la torta de soya residual obtenida en el proceso mecánico de extracción de aceite.

1.2.2 Objetivos específicos

- Producir la fracción residual no grasa a partir de un proceso de extracción de aceite de soya.
- Generar el aislamiento y purificación de la proteína a partir de la torta de soya aplicando metodologías de procesamiento que garanticen un producto funcional.
- Evaluar el perfil de aminoácidos del aislado proteico derivado de la torta de soya empleando técnicas analíticas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

Todos los materiales empleados en la investigación, así como materia prima, reactivos y equipos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7.

Materiales, material fungible y equipos que se utilizaron en la investigación

Materia prima	**Cantidad**
Soya nacional	60 kg
Torta de soya importada	1,5 kg
Materiales	**Cantidad**
Pipetas	2
Parafilm	1
Rotuladores	1
Mortero	1
Brocha	1
Vasos de precipitación	10
Tubos falcon	50
Imanes de agitación	3
Toallas de papel	1
Cuchara	1
Piseta	1
Reactivos	**Cantidad**
Hidróxido de sodio 2N (NaOH)	1000 mL
Ácido clorhídrico 2N (HCl)	1000 mL
Hidróxido de sodio 6N (NaOH)	1000 mL
Ácido clorhídrico 6N (HCl)	1000 mL
Agua destilada	5000 mL
Metanol	1000 mL
Acetonitrilo	1000 mL
Azida de sodio	100 mL
orto – ftalaldehído (OPA)	0.5 mL
9-fluorenilmetilo cloroformiato (FMOC)	0.5 mL

Equipos	Cantidad
Flora power	1
Plancha Isotemp	2
Centrifuga	1
Molido de piedra	1
Horno	1
Tamizador mesh 60 y 40	2
pHmetro	1
Ultracogenlador	1
Liofilizador	1
Refrigerador	1
Balanza de infrarrojo	1
Balanza analítica	1
Estufa	1
Mufla	1
Desecador	1

2.2 Métodos

2.2.1 Producción de la fracción residual no grasa a partir de un proceso de extracción de aceite de soya.

2.2.1.1 Acondicionamiento de la materia prima.

La soya utilizada en el estudio fue adquirida en el mercado local de Ventanas – Los Ríos, la misma que fue descontaminada mediante separación del material extraño, granos dañados, residuos, entre otros, antes de su utilización en los procesos experimentales posteriores. El proceso de acondicionado se llevó a cabo en dos etapas principales. En la etapa inicial una porción de soya se remojó durante 6 h a temperatura ambiente y la otra porción del grano se cocinó durante 20 min a temperatura de ebullición del agua.

En la segunda etapa del proceso de acondicionado se ajustó la humedad del grano, para lo cual se determinó su contenido de humedad inicial con ayuda de la balanza de infrarrojo Citizen MB50. La humedad final fue ajustada a un valor de 6 a 8% a través de un tostado en horno de la soya remojada, cocida y cruda a una temperatura de 150 °C por un tiempo aproximado de 1 h siguiendo la metodología de **Willard et al. (2017)**. El porcentaje de humedad fue medido cada 30 minutos hasta obtener el valor deseado.

2.2.1.2 Obtención de la torta de soya desgrasada.

Para la extracción de aceite y obtención de la torta de soya se empleó el equipo Regenerative Flora Power GmbH, disponible en el laboratorio de canje de deuda de la FCIAB, siguiendo las indicaciones del manual de instrucción del equipo de la guía del laboratorio de procesamiento de oleaginosas **(Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, 2022)**. Se ubicó en la tolva de alimentación aproximadamente 15 kg de producto, luego el material fue transportado mediante un tornillo a través de la cámara de pre-acondicionamiento y posteriormente al expeller. Así mismo, se realizó un control de la temperatura de salida del aceite, la cual debía encontrarse en un rango de 30 – 49 °C y de la torta de soya en un rango de 78 – 80 °C. Se revisó constantemente la presión y temperatura de la prensa y el dosificador del equipo, con el objetivo de evitar un deterioro térmico de la materia prima. Una vez finalizado el proceso se dejó reposar de 10 a 20 min para apagar y limpiar el equipo.

2.2.1.3 Proceso de elaboración de la harina de soya a partir de la torta.

Para la producción de harinas o sémolas, se adaptó la metodología de **Bolarinwa et al. (2016)**, donde la torta de soya desgrasada experimentó un proceso de trituración con ayuda del molino de discos de piedra disponible en el laboratorio de cereales de la FCIAB, el cual opera a 2750 rpm y tiene una capacidad de procesamiento 5 kg/h cuando se considera una carga pesada y 20 kg/h cuando es una carga liviana. El sobrecalentamiento de la harina fue controlado, realizando pausas cada 5 minutos hasta que la harina tenga la mayor finura. También, por medio de tamices de mesh 60 y 40 y un tiempo de agitación de 20 min se realizó la clasificación granulométrica hasta conseguir un tamaño de partícula adecuado para la extracción de la proteína.

2.2.2 Aislamiento y purificación de la proteína a partir de la torta de soya.

Para el proceso de obtención del aislado de proteína de soya por precipitación isoeléctrica se siguió el método de **Martínez & Añón (1996)** con ciertas adaptaciones. Con una relación 1:10 se pesaron 20 gramos de la harina de torta de soya previamente tamizada, dispensados en 200 mL de agua destilada. Para determinar el proceso con mayor eficacia de extracción se estableció un diseño experimental 2x2, en el cual los factores son los mostrados en la Tabla 8

Tabla 8.

Diseño experimental 2x2

		B	
		B1	B2
A	A1	8,5 – 4,5	8,5 – 5
	A2	10 – 4,5	10 – 5

Nota: Diseño experimental de dos factores A y B. Siendo A el factor de pH de solubilidad (8,5 – 10) y B el factor de pH de precipitación (4,5 – 5).

Para el ajuste del pH de solubilización (8,5 – 10) se empleó hidróxido de sodio 2 N, se agitó constantemente por un tiempo de 1 h en la plancha de calentamiento VWR para luego ser centrifugado durante 45 minutos a 4400 rpm en la centrifuga Eppendorf. Luego de la centrifugación se desechó el precipitado, mientras que el pH del sobrenadante se ajustó al punto isoeléctrico de precipitación de las proteínas de 4,5 y 5 de acuerdo con el diseño experimental planteado en la Tabla 8. Este ajuste se realizó con ácido clorhídrico 2N se agitó la muestra con ayuda de una plancha de calentamiento VWR por un tiempo estimado de 10 min. Posteriormente, se almacenó el producto en refrigeración, durante 24 h a 4 °C. Una vez conseguida la precipitación de la proteína se realizó una centrifugación donde el sobrenadante fue desechado y el precipitado pasó a la etapa de congelación a -80 °C en el ultracogenlador. Finalmente, fue sometido a un proceso de liofilización en un equipo Bench top pro bajo condiciones de temperatura y presión respectivamente de - 50 °C y 0,2 Pa. El rendimiento del producto final se calculó por medio de la fórmula:

$$\%Rendimiento = \frac{Pf}{Po} * 100 \qquad \textbf{Ecuación 2}$$

2.2.3 Determinación del perfil de aminoácidos.

Se determinaron los aminoácidos libres siguiendo la metodología descrita por **Kerkaert et al. (2012)**. En este procedimiento, se sometió a hidrólisis ácida 0.5 g de la muestra digerida y liofilizada con 4 mL de HCl 6N, mientras que otra porción de 0.5 g de la muestra experimentó hidrólisis alcalina con 4 mL de NaOH 6N. Ambas porciones fueron agitadas manualmente por separado durante 1 minuto y luego secadas a 105°C durante 24 horas en la estufa. Los extractos resultantes se combinaron con 20 mL de agua de calidad HPLC, se neutralizaron usando un medidor de pH con una solución de NaOH o HCl 1N, y se filtraron mediante una membrana de 0.45 µm.

La muestra filtrada se derivatizó con orto-ftalaldehído (OPA) para los aminoácidos primarios, y con cloroformiato de 9-fluorenilemetilo (FMOC) para los aminoácidos secundarios en el inyector de un

sistema de HPLC (Agilent Technologies). Los aminoácidos derivatizados se separaron en una columna Zorbax Eclipse AAA (4.6 x 150 mm, 3.5µm, Agilent Tech) a un flujo de 2 mL/min, a una temperatura de 40°C, utilizando un gradiente de solventes compuesto por A: 45% metanol, 45% acetonitrilo y 10% agua, y B: 45 mL NaH2PO4 H2O, 0.02% NaN3, pH 7.8. Se empleó un detector de fluorescencia a 340/450 nm y 266/305 nm. Norvalina y sarcosina empleados como estándares internos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

3.1.1 Producción de la fracción residual no grasa a partir de un proceso de extracción de aceite de soya.

3.1.1.1 Selección del mejor pretratamiento aplicado a los granos de soya.

Esta sección dedicada al análisis e interpretación de datos detalla los resultados obtenidos durante la elaboración del aislado proteico a partir de la torta de soya. La materia prima utilizada en la investigación, aunque es una fuente alta en proteínas y nutrientes, contiene compuestos anti-nutricionales como inhibidores de tripsina, lecitinas y fitatos, que pueden tener efectos adversos en el valor nutricional de la soya reduciendo su biodisponibilidad e incluso volverse tóxicos para la salud cuando se presentan en altas concentraciones **(Samtiya et al., 2020)**. Iniciamos el trabajo codificando la soya empleada en la tabla 9 se muestra la codificación utilizada en el estudio, especificando las variedades y tratamientos aplicados a las muestras.

Tabla 9.

Codificación empleada en el proyecto de investigación

Código	Muestra
SST	Soya solo tostada
SA	Soya acondicionada
SC	Soya cocida
SI	Soya importada
SSTR2	Soya solo tostada 2da repetición
SAR2	Soya acondicionada 2da repetición
SCR2	Soya cocida 2da repetición

La reducción de los compuestos anti-nutricionales se ha convertido en un área de investigación de interés en la ciencia moderna. Desarrollando así pretratamientos como fermentación, germinación, remojo, cocción, autoclave y tostado, para reducir significativamente el contenido de estos antinutrientes en la soya y sus derivados **(Jadhav & Nirval, 2021)**. En la tabla 10 se muestran dos de los tratamientos existentes en la industria de procesamiento de soya con sus respectivas condiciones de tiempo y temperatura los cuales han sido elegidos para el presente estudio.

Tabla 10.

Pretratamientos del grano de soya antes del proceso de tostado

Tratamiento	Tiempo	Temperatura
Acondicionado	6 h	Ambiente
Cocido	20 min	Ebullición

Para establecer los tiempos y temperaturas del proceso de acondicionado y cocido se tomaron en consideración los estudios de **Samtiya et al. (2020)**, **De Carvalho et al. (2013)** y **Willard et al. (2017)**. Donde se menciona que el tiempo tradicional de remojo es de 12 h y de cocción 30 minutos, condiciones comúnmente aplicadas a productos derivados de la soya como el tofu y la leche de soya. Sin embargo, el estudio realizado por **Willard et al. (2017)** también reveló que al someter los granos de soya a un proceso similar al tostado a una temperatura baja y durante 30 minutos se obtuvo un mayor contenido de proteína en comparación con granos de soya cocidos a 98°C por un tiempo de 30 minutos. Esto se debe a que el calor seco tiene un efecto menos perjudicial sobre las proteínas que el calor húmedo.

Las referencias bibliográficas mencionadas permitieron seleccionar un tiempo de remojo de 6h y un tiempo de cocción de 20 min a temperatura de ambiente y de ebullición respectivamente para lograr una condición intermedia.

Tabla 11.

Condiciones del proceso de tostado del grano de soya

Tostado			
Tratamiento	**Tiempo**	**Temperatura**	**Humedad**
SA	1h 15min	150 °C	5,79 %
SC	1h	150 °C	5,87%
SST	40 min	150 °C	5,96 %

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Los granos de soya acondicionados, cocidos y sin tratamiento fueron sometidos a un proceso de deshidratación empleando la técnica de calor en seco o también conocido como tostado en horno. La Tabla 11 indica las condiciones de los pretratamientos aplicados para alcanzar una humedad cercana al 6%. Esta humedad baja se establece como necesaria debido a que una de las condiciones requeridas para el procesamiento de la soya en el extractor de aceite Flora Power, es el porcentaje de humedad del grano, el cual debe oscilar entre 6 a 8 % **(Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y**

Biotecnología, 2022). Valor diferente al que contiene el grano almacenado adquirido que presentó una humedad del 12%, este último valor concuerda con el reportado por **Iowa State University (2008)** que menciona en su artículo valores entre 13 y 15% para evitar pérdidas por deterioro y contaminación durante su almacenamiento. Es preciso mencionar que el tiempo de tostado se evaluó en base al contenido de humedad, tomando muestras en intervalos de 30 minutos hasta conseguir el valor adecuado para la extracción. De este modo se obtuvieron valores de 1h15min para SA, 1h para SC y 40 min para SST.

La temperatura de tostado fue de 150°C basada en la metodología de **De Carvalho et al. (2013)**, el cual menciona que al tostar los granos de soya a esta temperatura por 30 minutos se reduce considerablemente compuestos anti-nutricionales, especialmente la ureasa y la actividad inhibidora de tripsina. Así mismo, **Willard et al. (2017)** indica que emplear esta técnica de calor en seco mejora las propiedades organolépticas y sensoriales de la soya y productos derivados como, por ejemplo, la vida útil, sabor, olor, color, digestibilidad proteica entre otros. Atribuyéndole una doble función al proceso aplicado en el estudio.

3.1.1.2 Rendimiento expresado en porcentaje del proceso de extracción de aceite.

El rendimiento del proceso de extracción de aceite es un indicador clave de la eficiencia y efectividad del método empleado **(Gasparetto et al., 2022)**. Por lo que es esencial evaluar la cantidad de aceite extraído con el contenido inicial de la materia prima.

Tabla 12.

Rendimiento de la extracción del aceite

Rendimiento de la extracción de aceite			
Muestra	**Peso inicial**	**Aceite**	**Rendimiento**
SST	22,52 kg	3,86 kg	17,14 %
SA	15 kg	2,51 kg	16,73 %
SC	15 kg	2,51 kg	16,73 %
SI	1,5 kg	-	-

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Llevado a cabo el proceso de extracción de aceite a partir del grano tostado, se obtuvieron los datos presentes en la Tabla 12 donde podemos encontrar el rendimiento expresado en porcentaje. Los datos muestran un ligero incremento en el rendimiento de la extracción de aceite de soya solo tostada (SST) con un 17,14 % en comparación con la soya acondicionada (SA) y cocida (SC) que presentan un 16,73

%. Según lo menciona **Tulashie et al (2018)** esto se debe a la hidrolisis y ruptura de las células de aceite junto a sus paredes celulares, alcanzada por los pretratamientos además de la coagulación de las proteínas y ajuste del contenido de humedad, que mejoraron el movimiento de las grasas dando como resultado un incremento en el contenido de aceite. Además, demuestra que rendimiento y la estabilidad dependen del proceso de tratamiento por el cual atraviesa la soya antes de su extracción. El artículo muestra 2 técnicas muy utilizadas en la industria, cocción y tostado, donde el rendimiento es mayor en ambos casos a medida que aumenta el tiempo y temperatura del tratamiento, sin embargo, la soya tostada presenta mínimamente un mejor rendimiento que la soya cocida. Esto concuerda con los valores obtenidos en el presente estudio en donde se evidencia que, a mayor tiempo y temperatura del pretratamiento el porcentaje de extracción es mayor.

En cuanto a la soya acondicionada o soya remojada, no se encuentra literatura científica que mencione sus posibles efectos en la extracción de aceite, sin embargo, en base a conocimientos generales de procesamiento y química de aceites, el acondicionado de la soya modifica la composición química del grano lo que podría estar afectando a sus propiedades fisicoquímicas como la estabilidad o capacidad oxidativa del mismo **(Pan & Tangratanavalee, 2003)**.

A través de la prueba estadística chi cuadrado se determinó que no existe un efecto significativo de los tratamientos en el rendimiento de extracción de aceite, pues el valor chi - calculado es menor al valor tabulado, como se muestra a continuación.

3.1.1.2.1 Análisis estadístico Chi cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe} + \frac{(fo - fe)^2}{fe} + \frac{(fo - fe)^2}{fe} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

$$X^2 = \sum \frac{(17{,}140 - 18{,}6)^2}{18{,}6} + \frac{(16{,}733 - 18{,}6)^2}{18{,}6} + \frac{(16{,}733 - 18{,}6)^2}{18{,}6}$$

$X^2\text{calculado} = 0{,}49$

$X^2\text{tabla} = 3{,}84$

Respuesta: $X^2\text{calculado} < X^2\text{tabla}$ por lo que no existe efecto significativo de los tratamientos en la extracción de aceite.

3.1.1.3 Rendimiento del proceso de molienda.

En la tabla 13 se puede observar el rendimiento del proceso de molienda de la torta de soya resultante del proceso de extracción de aceite. Los resultados obtenidos varían entre 86,7% a 92%, observándose el mejor valor para la muestra SST. La diferencia puede deberse a problemas de procesamiento debido al volumen muerto que se queda dentro del molino y trazas empleadas para evitar la contaminación entre muestras.

Tabla 13.

Rendimiento del proceso de molienda

Rendimiento del proceso de molienda			
Muestra	**Torta de soya**	**Harina**	**Rendimiento**
SST	18,42 kg	16,95 kg	92,02 %
SA	11,6 kg	10,63 kg	91,64 %
SC	11,8 kg	10,35 kg	87,71 %
SI	1,5 kg	1,3 kg	86,67 %

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

3.1.2 Obtención del aislado y purificación de la proteína a partir de la torta de soya aplicando metodologías que garanticen un producto funcional.

Los rendimientos del aislado proteico obtenidos a dos diferentes pH de solubilización y dos de precipitación son mostrados en la Tabla 14 y en la Figura 1. Los cuales indican valores mayores en la muestra soya acondicionada a todos los pH analizados. El análisis ANOVA aplicado demostró una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, evidenciando el mejor a aquel con pH de solubilización de 10 y pH de precipitación de 4,5. Seguidamente está la combinación 10 – 5, mientras que las combinaciones 8,5 – 4,5 y 8,5 – 5 muestran valores de rendimientos bajos y bastante cercanos entre sí (ver Figura 1). Además, los análisis estadísticos aplicados demostraron que tanto el pretratamiento como el pH de solubilidad de la soya tienen un impacto significativo en el rendimiento de la proteína. Por otro lado, el pH de precipitación, aunque no menos importante, tiene un menor impacto estadísticamente hablando.

Tabla 14.

Porcentaje de rendimiento del aislado proteico a diferentes pH

Rendimiento del aislado proteico (%)					
pH de solubilización	**pH de precipitación**	**SST**	**SI**	**SA**	**SC**
8,5	4,5	$11,5^{c} \pm 0,10$	$12,9^{c} \pm 0,46$	$27,1^{c} \pm 0,60$	$7,1^{b} \pm 0,17$
10,0	4,5	$39,9^{a} \pm 1,06$	$42,8^{a} \pm 1,41$	$44^{a} \pm 0,17$	$22,7^{a} \pm 0,60$
8,5	5,0	$14,3^{c} \pm 0,28$	$13,4^{c} \pm 0,14$	$19,6^{d} \pm 1,02$	$6,4^{b} \pm 0,42$
10,0	5,0	$33,4^{b} \pm 0,60$	$32,1^{b} \pm 0,14$	$38,1^{b} \pm 0,77$	$22,2^{a} \pm 0,60$

Nota. La desviación estándar está representada por el ±. Las letras minúsculas denotan superíndices comunes que señalan las diferencias significativas entre tratamientos (p >0.05, prueba de Tukey). La relación utilizada fue de 20:200 muestra – agua.

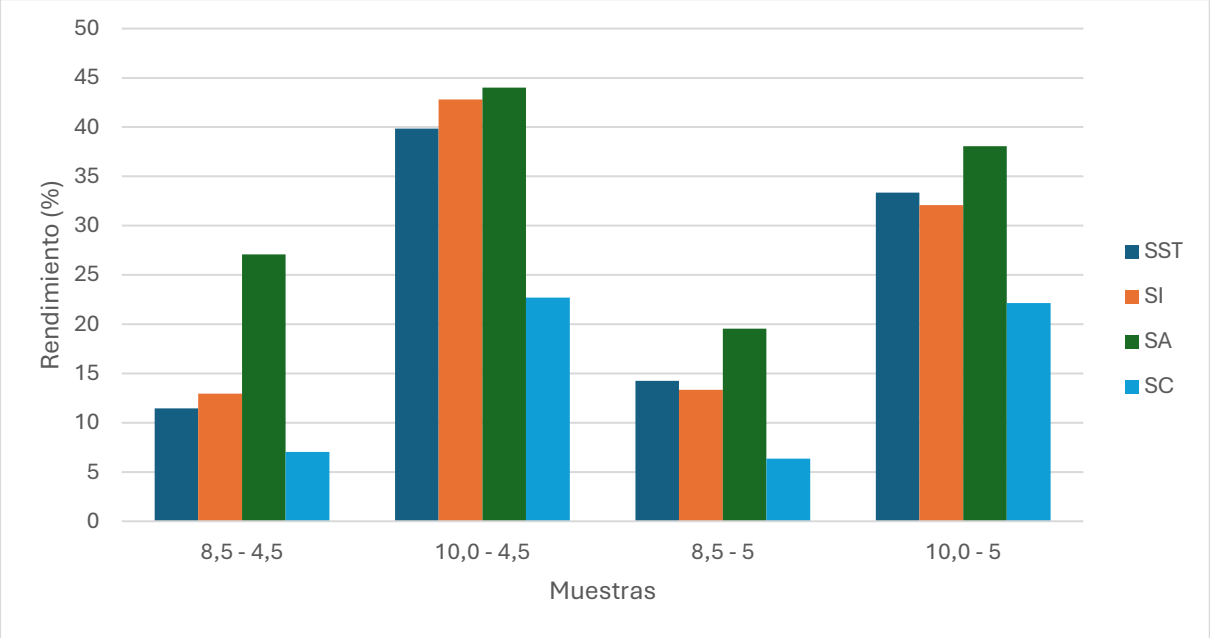


Figura 1. Rendimiento del asilado proteico de soya expresado en porcentaje.

Nota: Los pH utilizados fueron de solubilización: (8,5 ; 10) y pH de precipitación: (4,5 ; 5)

El efecto del pH en el rendimiento proteico se debe principalmente a la solubilización de las proteínas y como lo menciona **Preece et al. (2017)** la solubilidad de las proteínas de soya depende de su punto isoeléctrico de 4,5, por lo que la mayoría de las proteínas serán solubles en valores de pH inferiores a 3 y superiores a 6. Mientras que valores cercanos al PI presentan una menor solubilidad. Generalmente se elige un pH de extracción alrededor de 8 y 8,5 ya que un pH más alto podría afectar a la desagregación e hidrólisis de las proteínas. Sin embargo, existe una manera de mejorar el rendimiento utilizando bicarbonato de sodio (NaHCO3) ya que el medio alcalino aumenta la fuerza iónica y mejora la solubilidad de la proteína **(Preece et al., 2017)**.

En cuanto al pH de precipitación de las proteínas **Vargas (2019)**, menciona que al acidificar el extracto proteico a un valor cercano a su PI precipitará gran parte de la fracción proteica, efecto que se evidencia en la Tabla 14 y la Figura 1 con el pH de 4,5 con mejor rendimiento.

Los resultados obtenidos concuerdan con aquellos reportados por varios autores, por ejemplo, **Kusumah et al. (2020)** menciona que el NaOH actúa como una base fuerte, lo que permitirá una mayor solubilidad proteica en el medio mejorando así el rendimiento y la extracción. No obstante, **Momen et al. (2021)** también sugiere que el empleo de pH muy alcalinos puede desnaturalizar las proteínas, al

romper las interacciones no covalentes de su estructura. En cuanto al pH de acidificación **Nolsøe & Undeland (2009)** mencionan que su uso interfiere en la carga de la proteína, ya sea positiva o negativamente. Esto provoca una mínima interacción entre estas y una mejora en la solubilidad. Sin embargo, un pH muy ácido puede provocar una alteración en la estructura debido a la interrupción de los enlaces no covalentes. Por lo tanto, es importante decidir entre tener un buen rendimiento o una mejor calidad proteica.

En cuanto a los pretratamientos, el rendimiento de cada una de las muestras también presentó valores estadísticamente diferentes, teniendo a la soya acondicionada (SA) como la muestra con mejor rendimiento en todas las combinaciones de pH, seguido de la soya importada (SI), soya solo tostada (SST) y finalmente la soya cocida (SC) como se evidencia en la Tabla 14.

La razón por la que ocurren estas diferencias entre las muestras se debe a la modificación física y química que sufren en los pretratamientos antes mencionados. En el caso de la SA, el 90 % de las proteínas de la soya son solubles lo cual podría deberse al proceso de remojo que ayuda a una mejor absorción de agua por parte de la proteína, lo que modifica su estructura y facilita su proceso de extracción y separación de los demás compuestos **(Zhang et al., 2021)**. Por el contrario, la muestra de SC tuvo un rendimiento mínimo en todos los análisis, esto podría deberse a la temperatura aplicada, valor por encima de 70 °C, donde inicia la desnaturalización de las proteínas de la soya **(Preece et al., 2017)**. Además, como lo indica **Jiménez (2007)** las proteínas presentes en la soya se desnaturalizan con mayor facilidad en un tratamiento con calor húmedo tornándolas insolubles, llegando a tener un índice de dispensabilidad (IDP) de 10 – 20 % cuando es cocida completamente.

Ahora bien, la SST y la SI fueron muestras de comparación para evaluar el impacto del proceso de remojo y cocción en el rendimiento proteico. De este modo la SI tuvo un rendimiento mayor al de la SST, pero sin tener una diferencia significativa entre los datos. Esto demuestra que la soya importada ostenta tratamientos similares al del tostado donde influye el tratamiento térmico en seco, ya que como lo menciona en su página **Itacol (2023)** la soya extranjera generalmente atraviesa procesos de extrusión y extracción de aceite por solvente (hexano). De este modo podemos decir que el proceso de extracción mecánico de aceite y el tostado tienen rendimientos similares siendo procesos más amigables con el medio ambiente y con la materia prima. E incluso con ayuda de un proceso de acondicionado de la soya podemos superar el rendimiento de la soya importada con un 1,2 % extra de proteína.

Tabla 15.

Porcentaje de proteína del aislado proteico determinado por Dumas

Contenido de proteína (%)					
pH de solubilización	**pH de precipitación**	**SST**	**SI**	**SA**	**SC**
8,5	4,5	$50,5^{c} \pm 0,50$	$66,1^{a} \pm 0,57$	$48,4^{b} \pm 0,93$	$47,6^{ab} \pm 0,59$
10,0	4,5	$61,1^{a} \pm 0,99$	$65,7^{a} \pm 0,17$	$59,8^{a} \pm 1,03$	$50,9^{a} \pm 1,34$
8,5	5,0	$57,9^{b} \pm 0,88$	$62,1^{b} \pm 1,51$	$46,2^{b} \pm 2,66$	$46,5^{b} \pm 0,64$
10,0	5,0	$59,1^{ab} \pm 0,43$	$67,6^{a} \pm 0,15$	$60,5^{a} \pm 0,90$	$50,9^{a} \pm 0,92$

Nota. La desviación estándar está representada por el ±. Las letras minúsculas denotan superíndices comunes que señalan las diferencias significativas entre tratamientos (p >0.05, prueba de Tukey). La relación utilizada fue de 20:200 muestra – agua.

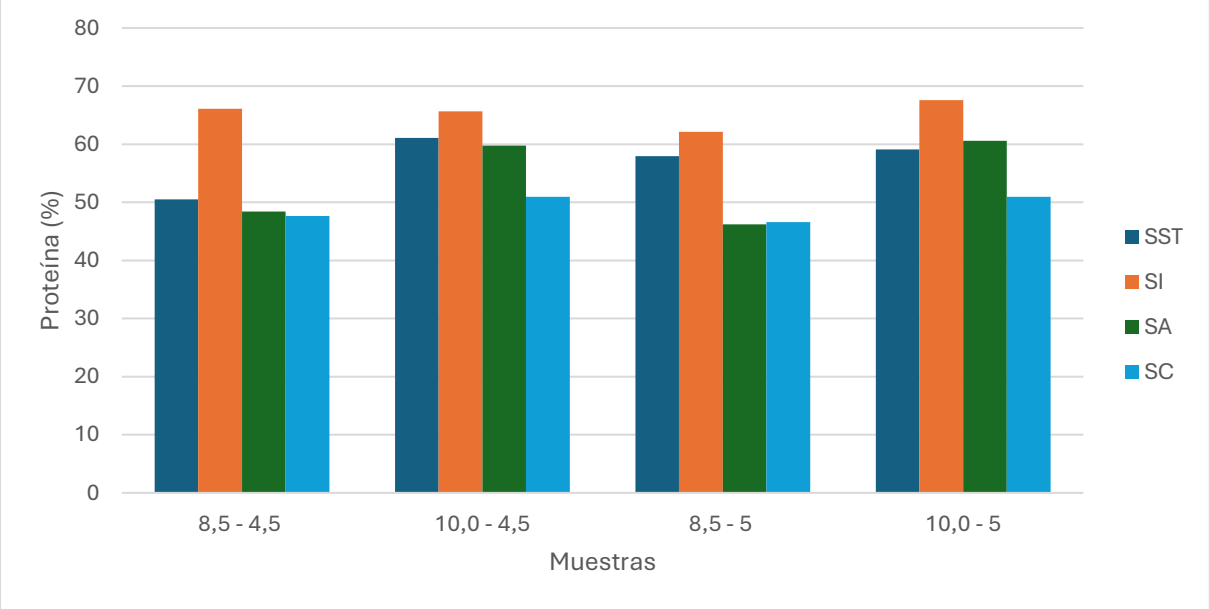


Figura 2. Medición del contenido de proteína del aislado de proteico de soya expresado en porcentaje.

Nota: Los pH utilizados fueron de solubilización: (8,5 ; 10) y pH de precipitación: (4,5 ; 5)

La cuantificación de proteína se llevó a cabo por el método Dumas donde se realizó un análisis por duplicado y se expresó el valor en porcentaje. Del mismo modo se realizó una validación estadística a través de un ANOVA y una prueba Tukey al 95 % de nivel de confianza. Esto se puede visualizar en la Tabla 15 y la Figura 2. Donde la combinación de pH 10 – 4,5 y 10 – 5 fueron aquellas que presentaron mayor porcentaje de proteína en (SST ; SC) y (SI ; SA) respectivamente con valores de 61,1%; 50,9% y 67,6%; 60,5% en el mismo orden. Por otro lado, el contenido mínimo de proteína se dio en la

combinación de pH de 8,5 – 4,5 para SST con 50,5 % y para 8,5 – 5 la SI, SA y SC tuvieron valores de 62,1 %; 46,2 % y 46,5% respectivamente.

Los resultados obtenidos demuestran que no existe una relación proporcional entre el pH con el mejor rendimiento y el pH con el mayor contenido proteico. Sin embargo, es evidente que, con un menor pH de solubilidad, el rendimiento y contenido de proteína es relativamente menor (ver Figura 2). Las diferencias entre los datos mostrados en la Tabla 15 pueden atribuirse a la interacción entre proteínas y carbohidratos, fenómeno que conduce a la formación de geles, lo que influye en que el porcentaje de rendimiento no sea proporcional al contenido de proteína medido **(Jaramillo et al., 2011)**. Esta interacción mencionada se debe a la presencia de residuos de carbohidratos en el medio, los cuales, a través de cargas de repulsión a pH alcalinos y cargas de atracción a pH ácidos, promueven el hinchamiento del almidón, facilitando así su interacción con la proteína y la formación de geles **(Bravo et al., 2019)**.

Iowa State University (2008) menciona que los granos de soya son bastante susceptibles al calor y temperaturas por encima de los 60 °C pueden ocasionar graves daños si no se controla adecuadamente la duración del tratamiento térmico. Razón por la que los niveles de proteína en la soya procesada, SST, SA y SC no alcanzaron los valores esperados para un producto alto en contenido nutricional (ver Tabla 15).

El bajo contenido proteico para todos los grupos analizados determinados pudo haber ocurrido por el proceso de tostado del grano, pues como se indicó inicialmente, el tiempo de exposición a la temperatura de 150°C se mantuvo hasta alcanzar el rango adecuado de humedad para el proceso de extracción de aceite, llegando así a tiempos de 40 min, 1 h y 1h 15 min para SST, SC y SA respectivamente. lo cual resultó ser tiempos bastante extensos en comparación con los estudios realizados por **Suryana et al. (2022)** y **De Carvalho et al. (2013)** donde la relación tiempo – temperatura no es proporcional, es decir, que a mayor temperatura el tiempo es menor y viceversa. De tal modo que el tiempo prolongado de exposición al calor pudo haber sobrecalentado el cotiledón del grano de soya y desnaturalizado las proteínas, ocasionando un rompimiento de los enlaces peptídicos, alteración de estructura tridimensional y pérdida de funcionabilidad y solubilidad, lo que provocó una reducción significativa del contenido nutricional, especialmente contenido proteico **(Suryana et al., 2022)**

Suryana et al. (2022) en su investigación somete a la soya a un proceso de deshidratación a 50 °C por 3 h, 70 °C por 2,5 h y 100 °C por 1 h y posteriormente un tostado de 2 min. En el estudio se muestra como el contenido de proteína y de grasa aumentan a medida que aumenta la temperatura del horno, de modo que los macronutrientes no llegan a hidrolizarse ni a perderse durante el proceso como suele pasar a condiciones más extremas (>150°C). Sin embargo, se evidencia la perdida de propiedades sensoriales como el aroma, y sabor, por lo que se obtiene un producto con mayor aceptabilidad, alto valor nutricional, aroma agradable y sabor dulce en el grano secado en un horno a 50 °C.

Por otro lado, **De Carvalho et al. (2013)** realiza un proceso de tostado a 150 °C por un tiempo de 30 minutos para inactivar compuestos anti-nutricionales, principalmente la ureasa, una enzima que puede ocasionar graves impactos digestivos y de absorción de nutrientes. Generalmente se inactiva a una temperatura de 100 °C o superiores, por lo que, para verificar esta hipótesis se repitió el experimento considerando una temperatura de 100 °C y un tiempo de 1 h sugerido por **Suryana et al. (2022)**.

Entonces, replicando estas condiciones y evaluando únicamente el contenido proteico medido por Dumas en muestras de SA, SC y SST con el pH de mejor rendimiento, se obtuvieron resultados que mostraron una mejora notable en los niveles de proteína. Como puede visualizarse en la Tabla 16, para SA un valor de 77,362 %; SST con 76,793% y SC con 61,159 %. Confirmando que un control adecuado del tiempo y de temperatura de tostado es crucial para preservar el contenido proteico de la soya.

Tabla 16.

Repetición del conteo de proteína medido por Dumas en muestras extraídas con el pH de mejor rendimiento

Determinación	Aislado			
	SSTR2	**SI**	**SCR2**	**SAR2**
Proteína	76,8 ^{a} ± 0,5	67,7 ^{b} ± 0,2	51,6 ^{c} ± 1	77,4 ^{a} ± 0,9

Nota. La desviación estándar está representada por el ±. Las letras minúsculas denotan superíndices comunes que señalan las diferencias significativas entre tratamientos (p >0.05, prueba de Tukey). La relación utilizada fue de 20:200 muestra – agua. La simbología SSTR2, SCR2 y SAR2 corresponde a soya solo tostada repetición 2, soya cocida repetición 2 y soya acondicionada repetición 2.

El contenido de proteína de soya cocida sigue siendo inferior al igual que en análisis anteriores, lo que puede ser explicado y comparado a través de un estudio publicado por **Ukwuru (2003)** donde el contenido proteico de soya cocida durante 30 minutos fue menor en comparación con los otros tratamientos de germinación y autoclavado debido a la desnaturalización de las proteínas por el exceso de calor y tiempo prolongado. Sin embargo, se menciona que propiedades como la capacidad de formar espumas y capacidad de absorción de agua aumentan con este tratamiento, por lo que su aplicación en productos derivados de la soya sigue siendo excelente. Esto se debe a la gelatinización de los carbohidratos y al hinchamiento de la fibra cruda. Incluso mejora la capacidad de absorción de aceite debido a la modificación estructural del almidón residual y proteína durante la cocción. Esta última característica mejora la retención de sabor y sensación en boca del alimento.

Esto también se puede comparar con el análisis realizado por **Jadhav & Nirval (2021)** donde los análisis de proteína demostraron que la soya cocida tuvo un contenido proteico bajo a comparación con la soya tostada. Del mismo modo se mostró un aumento en el contenido de grasa en la soya tostada sin

embargo el contenido de fibra y cenizas no tuvo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos, lo que puede ser comparado con los resultados obtenidos en el presente estudio en la Tabla 17.

3.1.3 Evaluación del perfil de aminoácidos del aislado proteico derivado de la torta de soya empleando técnicas analíticas.

El análisis del perfil de aminoácidos es fundamental para evaluar la calidad nutricional y funcional del aislado proteico, ya que estos constituyen la estructura esencial de la proteína **(Campbell, 2022)**. El presente análisis se realizó a través de la técnica analítica, cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), permitiendo determinar la cantidad y proporción de cada aminoácido. En la Tabla 17, se muestra el contenido de cada uno de los aminoácidos detectados al mejor pH de rendimiento (10 – 4,5), se presentan un total de 17 aminoácidos. Además, con la finalidad de realizar una comparación del contenido de aminoácidos respecto al pH de extracción se presentan los resultados de aminoácidos en las Tablas 18, 19 y 20, donde corresponde al pH de extracción, 10 – 5; 8,5 – 4,5 y 8,5 – 5 respectivamente.

Tabla 17.

Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 10 – 4,5

pH de extracción 10 - 4,5					
	59,75% de proteína	50,92% de proteína	65,67% de proteína	61,09% de proteína	90,5 % de proteína
Aminoácido	**Muestra SA**	**Muestra SC**	**Muestra SI**	**Muestra SST**	**Muestra SPI**
Aspartato	0,37	0,43	0,42	0,37	12,10
Glutamato	0,89	0,91	0,98	0,88	20,40
Serina	0,05	0,04	0,05	0,06	5,70
Histidina	**0,15**	**0,10**	**0,09**	**0,13**	**2,70**
Treonina	**0,41**	**0,53**	**0,36**	**0,42**	**3,60**
Arginina	0,13	0,05	0,07	0,13	8,00
Alanina	0,26	0,28	0,29	0,25	4,20
Glicina	0,54	0,69	0,51	0,53	4,20
Tirosina	0,24	0,19	0,22	0,24	4,10
Valina	**0,02**	**0,02**	**0,01**	**0,01**	**4,50**
Metionina	**0,08**	**0,15**	**0,05**	**0,08**	**1,40**
Triptófano	**0,03**	**0,02**	**0,04**	**0,04**	**1,00**
Fenilalanina	**0,24**	**0,18**	**0,26**	**0,26**	**5,40**
Isoleucina	**0,37**	**0,08**	**0,10**	**0,38**	**4,30**
Leucina	**0,13**	**0,36**	**0,43**	**0,14**	**7,80**

Lisina	**0,18**	**0,20**	**0,61**	**0,18**	**6,50**
Prolina	0,77	0,33	1,26	0,73	5,30

Nota: Información obtenida de **Mohsen et al., (2009)** La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Tabla 18.

Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 10 – 5

pH de extracción pH 10 - 5				
	60,57% de proteína	50,92% de proteína	67,61% de proteína	59,07% de proteína
Aminoácido	**Muestra SA**	**Muestra SC**	**Muestra SI**	**Muestra SST**
Aspartato	0,32	0,43	0,27	0,38
Glutamato	0,69	0,91	0,63	0,88
Serina	0,04	0,04	0,05	0,06
Histidina	**0,09**	**0,10**	**0,11**	**0,11**
Treonina	**0,34**	**0,53**	**0,37**	**0,40**
Arginina	0,04	0,05	0,10	0,11
Alanina	0,22	0,28	0,19	0,26
Glicina	0,56	0,69	0,47	0,51
Tirosina	0,14	0,19	0,18	0,23
Valina	**0,01**	**0,02**	**0,01**	**0,02**
Metionina	**0,11**	**0,15**	**0,04**	**0,07**
Triptófano	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,03**
Fenilalanina	**0,15**	**0,18**	**0,31**	**0,25**
Isoleucina	**0,05**	**0,08**	**0,29**	**0,37**
Leucina	**0,29**	**0,36**	**0,10**	**0,12**
Lisina	**0,14**	**0,20**	**0,15**	**0,12**
Prolina	0,33	0,33	0,75	0,67

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Tabla 19.

Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 8,5 – 4,5

pH de extracción pH 8.5 - 4,5				
	48,42% de proteína	47,61% de proteína	66,08% de proteína	50,49% de proteína
Aminoácido	**Concentración SA**	**Concentración SC**	**Concentración SI**	**Concentración SST**
Aspartato	0,39	0,46	0,36	0,38
Glutamato	1,09	0,97	0,87	0,92
Serina	0,05	0,05	0,05	0,07
Histidina	**0,17**	**0,11**	**0,10**	**0,15**
Treonina	**0,47**	**0,56**	**0,36**	**0,04**
Arginina	0,15	0,05	0,07	0,11
Alanina	0,31	0,30	0,27	0,28
Glicina	0,65	0,73	0,50	0,70
Tirosina	0,29	0,20	0,20	0,23
Valina	**0,02**	**0,02**	**0,01**	**0,02**
Metionina	**0,12**	**0,16**	**0,05**	**0,08**
Triptófano	**0,04**	**0,02**	**0,03**	**0,04**
Fenilalanina	**0,30**	**0,19**	**0,23**	**0,25**
Isoleucina	**0,45**	**0,09**	**0,08**	**0,39**
Leucina	**0,16**	**0,39**	**0,37**	**0,13**
Lisina	**0,25**	**0,22**	**0,50**	**0,06**
Prolina	0,87	0,36	1,01	0,97

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Tabla 20.

Contenido de aminoácidos expresados en concentración (g AA/100g proteína) a pH 8,5 - 5

pH de extracción pH 8,5 -5				
	46,20% de proteína	46,59% de proteína	62,11% de proteína	57,97% de proteína
Aminoácido	**Concentración SA**	**Concentración SC**	**Concentración SI**	**Concentración SST**
Aspartato	0,36	0,47	0,29	0,32
Glutamato	0,89	1,00	0,72	0,77
Serina	0,05	0,05	0,05	0,07

Histidina	**0,10**	**0,11**	**0,13**	**0,14**
Treonina	**0,60**	**0,58**	**0,35**	**0,04**
Arginina	0,05	0,06	0,08	0,08
Alanina	0,27	0,31	0,21	0,23
Glicina	0,68	0,75	0,53	0,60
Tirosina	0,18	0,21	0,19	0,20
Valina	**0,03**	**0,02**	**0,01**	**0,02**
Metionina	**0,15**	**0,16**	**0,05**	**0,07**
Triptófano	**0,02**	**0,02**	**0,03**	**0,03**
Fenilalanina	**0,19**	**0,19**	**0,33**	**0,23**
Isoleucina	**0,06**	**0,09**	**0,31**	**0,34**
Leucina	**0,38**	**0,40**	**0,10**	**0,12**
Lisina	**0,20**	**0,22**	**0,10**	**0,15**
Prolina	0,36	0,36	0,81	0,89

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

De los aminoácidos detectados 9 son considerados esenciales, es decir que deben ser ingeridos a través de la dieta. Estos son histidina, treonina, valina, metionina, triptófano, fenilalanina, isoleucina, leucina y lisina. Mientras que los 8 restantes son los no esenciales generados por el organismo **(Campbell, 2022)**.

En la tabla 17, se muestran los resultados del contenido de aminoácidos de la muestra de aislado de soya acondicionada (SA), se puede observar el mayor valor para treonina, con una concentración de 0,41 g AA/100 g de proteína seguido de la isoleucina con 0,37 g AA/100 g de proteína, fenilalanina con 0,24 mg/g de proteína, lisina con 0,18 g AA/100 g de proteína, histidina con 0,15 g AA/100 g de proteína y leucina con 0,13 g AA/100 g de proteína. El resto de los aminoácidos esenciales presentaron valores entre 0,02 y 0,09 g AA/100 g de proteína.

Los resultados de los aminoácidos del asilado de soya cocida (SC) (Tabla 17) son similares a los obtenidos por SA, se muestran que predomina la treonina con 0,53 g AA/100 g de proteína, luego leucina con 0,36 g AA/100 g de proteína, lisina con 0,2 g AA/100 g de proteína y fenilalanina con 0,18 g AA/100 g de proteína. La histidina e isoleucina tienen valores de 0,1 y 0,08 g AA/100 g de proteína respectivamente.

Respecto al asilado de soya importada (Tabla 17), se presenta a la lisina como el aminoácido de mayor concentración con 0,61 g AA/100 g de proteína, seguidamente la leucina con 0,43 g AA/100 g de proteína, treonina con 0,36 g AA/100 g de proteína y fenilalanina con 0,26 g AA/100 g de proteína. Isoleucina e histidina tienen valores de 0,1 y 0,09 g AA/100 g de proteína respectivamente.

Finalmente, respecto al aislado de soya solo tostada (SST) (Tabla 17), podemos observar que nuevamente predomina la treonina con 0,42 g AA/100 g de proteína, seguido de la isoleucina con 0,38 g AA/100 g de proteína, fenilalanina con 0,26 g AA/100 g de proteína, lisina con 0,18 g AA/100 g de proteína, leucina con 0,14 g AA/100 g de proteína e histidina con 0,13 g AA/100 g de proteína.

Estos valores son menores a los reportados por **Mohsen et al. (2009)** en el aislado de proteína de soya con un 90,5 % de contenido proteico (ver Tabla 17), pero son superiores a los mencionados por **Cervantes et al., (2002)** en harinas de trigo, indicando que es una buena fuente de aminoácidos esenciales para ser utilizado en suplementación alimentaria.

En la Tabla 18, 19 y 20, se pueden visualizar datos similares, pues de igual manera la treonina predomina en la mayoría de los tratamientos, variando el segundo aminoácido entre la lisina isoleucina y fenilalanina. Mientras que los valores más bajos son generalmente histidina. Mostrando de este modo que el pH de extracción tiene un impacto significativo en la concentración de aminoácidos. Esto se debe a que como lo menciona **Kudełka et al. (2021)** los aminoácidos en los alimentos son muy susceptibles a cambios durante su procesamiento, especialmente tratamientos térmicos y de remojo a condiciones extremas de temperatura y tiempo respectivamente. En el presente estudio, el pH de extracción influye en el contenido final de proteína en el aislado, por lo que, si este es mayor, el contenido de aminoácidos también lo será **(Kudełka et al., 2021)**.

En lo que respecta a los aminoácidos glutamato, prolina y glicina, son los más abundantes en todas las tablas mostradas (ver Tabla 17, 18, 19, 20) concordando así con lo mencionado por **Singer et al. (2019)**, pues este autor alude que estos aminoácidos por cumplir con funciones estructurales, y fisiológicas dentro del grano son abundantes, por lo que su contenido evidentemente es mayor. Por otro lado, los aminoácidos con menor concentración son la valina en la mayoría de los casos y el triptófano únicamente en la muestra de SA y SC a pH de 8,5 – 5, esto puede deberse a las rutas metabólicas del aminoácido valina, condiciones de cultivo y variedad del grano **(Singer et al., 2019)**. En el caso del bajo contenido del triptófano puede explicarse por la degradación que sufre al hidrolizar la muestra antes de su detección en el equipo HPLC (**Kudełka et al., 2021)**.

Existen aminoácidos específicos que son más susceptibles a degradarse por tratamientos de procesamiento, por ejemplo, la lisina es uno de los aminoácidos donde es más evidente su reducción por temperatura, pues como lo menciona **Hemetsberger et al. (2021)** la lisina se ve más afectada por el tiempo de calentamiento que por la temperatura, concluyendo que los tratamientos térmicos más drásticos deben durar tiempos más cortos.

Los resultados obtenidos evidencian que las condiciones de procesamiento afectaron el contenido final de los aminoácidos en general como se puede visualizar en las Tablas 17, 18, 19 y 20. Lo cual puede deberse principalmente al extenso tiempo de calor que atravesó el grano de soya al momento de tostarlo.

3.1.3.1 Análisis proximal de la harina y del aislado de proteína de soya.

Un estudio adicional presentado, es el análisis proximal de la harina de soya y del aislado de proteína, para evaluar el comportamiento de los tratamientos en los demás componentes nutricionales de esta materia prima (ver Tabla 21 y Tabla 22).

Tabla 21.

Análisis proximal de la harina de soya desgrasada

Determinación	Harina desgrasada			
	SST	**SI**	**SC**	**SA**
Proteína	48,3	51,6	47,3	50,8
Grasa	8,7	3,5	8,8	8,5
Fibra cruda	4,7	3,5	2,9	3,3
Cenizas	6,9	6,8	6	6,1
Humedad	7,1	9,1	6,9	9,1
Carbohidratos	24,2	25,5	27,9	22,1

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Los resultados mostrados en la Tabla 21, indican un mayor contenido de proteína en la harina de soya importada (SI) con 51,6 % seguido de la harina de soya acondicionada (SA) con 50,8 %, la harina de soya solo tostada (SST) con 48,3 % y finalmente la harina de soya cocida (SC) con 47,3 %. En relación con otros análisis como el de **Munive (2009)**, los valores son aceptables y las variaciones que existen entre los tratamientos se deben a las razones ya mencionadas anteriormente.

En lo que respecta al contenido de grasa, los residuos de los 3 tratamientos mostraron mayores valores de grasa comparados con los reportados por **Jadhav & Nirval (2021)**, esta diferencia se debe al proceso de solventización, luego de la extracción con hexano del aceite que realizaron, mientras que en el presente estudio el proceso de extracción fue por un método mecánico. La SI presenta un contenido de grasa de 3,5% mientras que la SA, SC y SST ostentan valores cercanos entre sí de 8,5 %, 8,8 % y 8,7 % respectivamente (ver Tabla 21). Por lo que podemos observar que el proceso de extracción de aceite por solvente es más eficiente que el prensado mecánico tal y como lo mencionaba **Cefla (2015)**. Del mismo modo, los diferentes valores de contenido de grasa entre SA, SC y SST se deben a la difusión de las moléculas de grasa en el agua de cocción y cambio estructural de las moléculas por el proceso térmico de tostado **(Jadhav & Nirval, 2021)**.

En cuanto a fibra cruda y cenizas, el principio sigue siendo el mismo, los pretratamientos modifican la composición fisicoquímica de la soya, lo cual se evidencia como diferencias entre los valores de las

muestras. Además, **Jadhav & Nirval (2021)** mencionan que un aumento o disminución en el contenido de fibra podría deberse a los complejos de fibra de proteína formados después de las modificaciones químicas inducidas por el remojo y la cocción de las semillas secas. Y el contenido de cenizas de igual manera se ve afectado por su difusión en el agua de cocción. No obstante, tanto el contenido de fibra como el de cenizas se encuentran dentro de los límites permisibles según bibliografía **(Munive, 2009)**. Como dato adicional, la fibra cruda depende en gran medida del proceso de tamizado de las muestras, pues para realizar una comparación la SST se analizó sin el proceso de tamizado (mesh 60 y mesh 40), esta podría ser la razón por la que presentó el valor más alto entre las muestras, ya que en esta se encontraban las partículas más gruesas y completas (ver Tabla 21).

Finalmente, los valores del contenido de carbohidratos determinados fueron de 24,2 %; 25,5 %; 27,9 % y 22,1 % para SST, SI, SC y SA respectivamente. Como se evidencia el contenido en la harina de soya acondicionada (SA) fue el menor, cumpliendo así uno de los propósitos del proceso de remojo que era eliminar los carbohidratos solubles como rafinosa y estaquiosa, compuestos anti-nutricionales que causaban problemas digestivos en el organismo (**Rosón, 2017)**.

En la tabla 21 se puede observar la buena calidad de la harina desengrasada obtenida, la misma que presenta buenas características nutricionales adecuadas para ser utilizada en una variedad de formas, incluyendo fórmulas infantiles, quesos, bebidas, miso, tempeh, tofu, salami y sustitutos de carne vegetarianos, así como en productos de pasta, carnes procesadas, salsas, sopas, cereales, mezclas preparadas, sustitutos lácteos, dulces, alimentos para dietas especiales y bases de especias.

Tabla 22.

Análisis proximal del aislado de proteína de soya

Determinación	**Aislado**			
	SST	**SI**	**SC**	**SA**
Proteína	61,8	67,7	51,6	61,2
Grasa	3,2	0,3	3,9	3
Fibra cruda	1,7	2	2,3	2,2
Cenizas	4,4	4,2	4,1	4,5
Humedad	7,1	6,7	6,9	6,1
Carbohidratos	21,7	19,1	31,2	23

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

Por otro lado, se presenta el análisis proximal del aislado de proteína de soya en la Tabla 22, proporcionando a detalle su composición proteica, grasas, fibra cruda, cenizas y carbohidratos. El aislado proteico tiene una buena concentración de aminoácidos comparado con la harina de soya

comercializada, debido a que en ésta predomina el contenido de proteína. Además, durante su proceso de elaboración se presente eliminar gran parte de sus compuestos nutricionales, por lo que su contenido de grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos se ve reducido como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 23.

Análisis proximal corregido del aislado de proteína de soya

Determinación	Aislado			
	SST	**SI**	**SC**	**SA**
Proteína	76,8	67,7	51,6	77,4
Grasa	3,2	0,3	3,9	3
Fibra cruda	1,7	2	2,3	2,2
Cenizas	4,4	4,2	4,1	4,5
Humedad	7,1	6,7	6,9	6,1
Carbohidratos	6,8	19,1	31,2	6,8

Nota: La simbología SST, SA, SC y SI corresponde a soya solo tostada, soya acondicionada, soya cocida y soya importada respectivamente.

En la tabla 23, se corrige el contenido proteico del aislado de soya, pues en comparación con la tabla 22 los valores de proteína son significativamente menores.

La calidad nutricional del aislado de proteína de soya (SPI) se evalúa a través de su digestibilidad proteica (PDCAAS), por ejemplo, el SPI en comparación con sus derivados como la leche de soya es del 100% y 92.6% respectivamente. Esto muestra que el PDCAAS del SPI es equivalente a la calidad de las proteínas animales, lo que sugiere que el aislado de proteína de soya es esencial como fuente alternativa de proteínas para apoyar el crecimiento de niños, adolescentes, adultos mayores e incluso de infantes **(Astawan & Prayudani, 2020)**

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El proceso mecánico de extracción de aceite de soya permitió obtener una fracción residual no grasa o torta de soya de alta calidad. Los pretratamientos, previos a la extracción de aceite, remojo y cocción, así como el tostado de los granos no tuvieron un impacto significativo en cuanto al rendimiento de la extracción de aceite, pues se obtuvieron resultados de 17,14 %, 16,73 % y 16,73 % .para SST, SA y SC respectivamente.

- Los mejores rendimientos del aislado proteico en todos los pretratamientos se obtuvieron en una combinación de pH de solubilización de 10 y un pH de precipitación de 4,5. Sin embargo, la soya acondicionada (SA) fue el pretratamiento con mayor rendimiento proteico con 44 %, seguido de SI con 42,8 %, SST con 39,9 % y SC con 22,7 %. Así mismo, respecto al mayor contenido proteico se presentó los mejores valores de 61,1 % ; 50,9 %, y 67,6 % ; 60,6 % en combinaciones de pH de solubilización de 10 y pH de precipitación 4,5 y 5 respectivamente. El orden de mayor a menor fue en muestras de SI, SST, SA y SC.

- La evaluación del perfil de aminoácidos del aislado proteico obtenido reveló la presencia de todos los aminoácidos esenciales, donde treonina, lisina y leucina fueron los predominantes. Sin embargo, un prolongado tiempo de exposición al calor junto a temperaturas elevadas redujeron el contenido de aminoácidos en comparación con otras investigaciones en aislado de proteína de soya.

4.2 Recomendaciones

- Establecer temperaturas más bajas para el proceso de tostado del grano de soya, controlando el tiempo de exposición al tratamiento térmico para la reducción adecuada de humedad.

- Realizar un doble proceso de solubilización del precipitado para mejorar el rendimiento de extracción.

- Verificar si los pretratamientos aplicados redujeron considerablemente los componentes nutricionales como inhibidores de tripsina, fitatos, goitrógenos, ureasa y carbohidratos como la rafinosa y estaquiosa.

MATERIAL DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

Astawan, M., & Prayudani, A. (2020). The Overview of Food Technology to Process Soy Protein Isolate and Its Application toward Food Industry. *World Nutrition Journal*, *4*(S1), 12–17. https://doi.org/10.25220/wnj.v04.s1.0003

Avila, C. (2011). *Determinación de las propiedades físico – químicas y funcionales del aislado e hidrolizado enzimático de la proteína de soya a escala piloto, para aplicación en alimentos* [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Nacional .

Barahona, H. (2010). *Valoración de la energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno de la soya (glycine máx.) de distintas proveniencias para aves* [Tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .

Bolarinwa, I., Olajide, J., Oke, M., Olaniyan, S., Oluranti Olajide, J., & Olanrewaju, M. (2016). Production and Quality Evaluation of Complementary Food from Malted Millet, Plantain and Soybean Blends. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, *7*(5). http://www.ijser.org•

Bonino, J., Cagnassi, L., Giudicci, A., Ibarra, J., Oriolani, P., Vidal, A., Molina, M., Flores, A., López, D., Montellano, N., Galante, M., Spelzini, D., Boeris, V., & Boeris, V. (2016). Caracterización fisicoquímica de aislados de proteínas vegetales. *Energeia*, *14*(14), 1–9. http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/caracterizacion-aislados-proteinas-vegetales.pdf

Bravo, Á., Garzón, R., Rosell, C. M., & Gómez, M. (2019). Evaluation of starch-protein interactions as a function of pH. *Foods*, *8*(5). https://doi.org/10.3390/foods8050155

Calvo, D. (2003). *La soja: Valor dietético y nutricional*. http://WWW.Diodora.com

Campbell, A. (2022). Amino Acids and their Roles in Human Body. *Journal of Biomolecular Research & Therapeutics*, *11*(1), 1–2. https://doi.org/10.35248/2167-7956.22.11.191

Cárdenas, M. (2016). *Obtención de aislados proteicos de chía (Salvia hispánica L.) y evaluación in vitro de su digestibilidad gastrointestinal, actividad antiinflamatoria y antioxidante* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Ambato .

Cefla, K. (2015). *Diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de chía (salvia hispanica l.) mediante prensado* [Tesis]. Escuela Politécnica Nacional

Cervantes, M., Copado, F., Cervantes, M., Soto, R., Torrentera, N., & Figueroa, J. (2002). Predicción del contenido de aminoácidos en el trigo con base en su valor de proteína. *InverCiencia*, *27*(XX), 1–8.

De Carvalho, A., Natal, D., Da Silva, C., Dantas, M., De Barros, E., Ribeiro, S., Costa, N., & Martino, H. (2013). Heat-treatment reduces anti-nutritional phytochemicals and maintains protein quality in genetically improved hulled soybean flour. *Food Science and Technology*, *33*(2), 310–315. https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000048

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. (2022). *Formulario de guías prácticas de aplicación y experimentación de los aprendizajes. Guía 15 extracción de aceite de soya explicación demostrativa de su uso*. https://drive.google.com/file/d/15FDip3ylTWS_vxSdq0aamxzI_Z90GaFR/view?usp=sharing

FAO, & FINUT. (2017). *Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana*.

Gasparetto, H., de Castilhos, F., & Paula Gonçalves Salau, N. (2022). Recent advances in green soybean oil extraction: A review. *Journal of Molecular Liquids*, *361*, 119684. https://doi.org/10.1016/J.MOLLIQ.2022.119684

Giraldo, H., Velásquez, J., & Cuartas, P. (2010). Extracción con solventes y purificación de aceite a partir de semillas de jatropha curcas. *Revista Investigaciones Aplicadas* , *4*(2), 77–86. http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/view/719

Hemetsberger, F., Hauser, T., Domig, K. J., Kneifel, W., & Schedle, K. (2021). Interaction of soybean varieties and heat treatments and its effect on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Animals*, *11*(9), 1–13. https://doi.org/10.3390/ani11092668

INEC. (2023). *Primera encuesta especializada revela que el 20.1% de los niños en ecuador padecen de desnutrición crónica infantil.* Recuperado el 01 de 12 de 2023, de ecuadorencifras.gob.ec: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/primera-encuesta-especializada-revela-que-el-20-1-de-los-ninos-en-ecuador-padecen-de-desnutricion-cronica-

Iowa State University. (2008). *Soybean Drying and Storage Preparation for Drying*.

Itacol. (2023). *Portafolio de materias primas*.

Jadhav, S., & Nirval, M. (2021). Evaluation of proximate composition of soy flour samples prepared from different methods. *The Pharma Innovation*, *18*(8), 1–3. http://www.thepharmajournal.com

Jaramillo, P., Roberts, R., & Coupland, J. (2011). Effect of pH on the properties of soy protein-pectin complexes. *Food Research International*, *44*(4), 911–916. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.057

Jiménez, A. (2006). Valor nutritivo de la proteína de Soya. *Redalyc*, *14*, 29–34. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67403606

Jiménez, A. (2007). Composición y procesamiento de soya para consumo humano. *Investigación y Ciencia* , *37*, 1–10.

Kerkaert, B., Mestdagh, F., Cucu, T., Shrestha, K., Van Camp, J., & De Meulenaer, B. (2012). The impact of photo-induced molecular changes of dairy proteins on their ACE-inhibitory peptides and activity. *Amino Acids*, *43*(2), 2–13. https://doi.org/10.1007/s00726-011-1157-y

Kudełka, W., Kowalska, M., & Popis, M. (2021). Quality of soybean products in terms of essential amino acids composition. *Molecules*, *26*(16), 1–9. https://doi.org/10.3390/molecules26165071

Kusumah, S. H., Andoyo, R., & Rialita, T. (2020). Protein isolation techniques of beans using different methods: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *443*(1), 2–9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012053

Larrea, C. (2006). Desnutrición, Etnicidad y Pobreza en el Ecuador y el Área Andina. *UASB - DIGITAL*, 1–24.

Martínez, E. N., & Añón, M. C. (1996). Composition and Structural Characterization of Amaranth Protein Isolates. An Electrophoretic and Calorimetric Study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(9), 2523-2530. https://doi.org/10.1021/jf960169p

Merino, Á. (2020, February 18). *Los países que más soja producen*. EOM. https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/paises-que-mas-soja-producen/

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Boletín Situacional Cultivo de Soya* . https://fliphtml5.com/ijia/hlda/Bolet%C3%ADn_Situacional_Soya_2020/

Mohsen, S. M., Fadel, H. H. M., Bekhit, M. A., Edris, A. E., & Ahmed, M. Y. S. (2009). Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensory quality of wheat cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, *44*(9), 1705–1712. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01978.x

Momen, S., Alavi, F., & Aider, M. (2021). Alkali-mediated treatments for extraction and functional modification of proteins: Critical and application review. *Trends in Food Science and Technology*, *110*, 1–20. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.052

Munive, P. (2009). *Elaboración de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla de hidrolizado de soya y almidón de maíz.* [Tesis]. Escuela Politécnica Nacional .

Naciones Unidas Ecuador. (23 de Diciembre de 2022). Juntos llegamos más lejos: la ONU en Ecuador, trabajando contra la desnutrición crónica infantil. Recuperado el 1 de 12 de 2023, de

ecuador.un.org: https://ecuador.un.org/es/213134-juntos-llegamos-m%C3%A1s-lejos-la-onu-en-ecuador-trabajando-contra-la-desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica

Neira, A. (2021). *Análisis bromatológico de la harina de soya* [Tesis de grano]. UTMACH.

Nolsøe, H., & Undeland, I. (2009). The acid and alkaline solubilization process for the isolation of muscle proteins: State of the art. *Food and Bioprocess Technology*, *2*(1), 1–27. https://doi.org/10.1007/s11947-008-0088-4

Obasi, C., Abur, E., & Zakka, R. (2023). Evaluation of proximate composition, physical and sensory properties of soybean supplemented wheat bread. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, *18*(1), 1–8. https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.18.1.0285

O'Flynn, T. D., Hogan, S. A., Daly, D. F. M., O'Mahony, J. A., & McCarthy, N. A. (2021). Rheological and solubility properties of soy protein isolate. *Molecules*, *26*(10). https://doi.org/10.3390/molecules26103015

Oliver, A., Arzo, M., Arola, L., & Bladé, C. (2007). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación con las consecuencias asociadas al consumo de isoflavonas. *Revista Del Comité Científico* , *5*(2), 1–18.

Oyarvide, H., Arce, T., Loor, W., & Quiñónez, G. (2022). La soya en el Ecuador: Importancia y alternativas para su producción sustentable con rentabilidad económica. *Agroalimentaria*, *28*, 1–20.

Pan, Z., & Tangratanavalee, W. (2003). Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. *Swiss Societyof Food Science and Technology*, *36*, 143–151.

Pimentel, A. (2015). *Evaluación agronómica de líneas de soya (Glycine max (L) Merrill) sembradas en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos* [Tesis de grado]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil .

Preece, K. E., Hooshyar, N., & Zuidam, N. J. (2017). Whole soybean protein extraction processes: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *43*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.024

Producción Agrícola Mundial. (2023, October). *Producción Mundial de Soja 2023/2024*. ProducciónAgrícolaMundial.Com. http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/soja.aspx

Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, *2*(1), 79–86.

Rosón, F. (2017). *Antinutrientes de la soja* [Trabajo de fin de grado]. Universidad de Valladolid .

Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, *2*(1). https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5

Sánchez, A., Vayas, T., & Mayorga, F. (2014). *Soya en Ecuador*.

Singer, W., Zhang, B., Mian, R., & Huang, H. (2019). Soybean Amino Acids in Health, Genetics, and Evaluation. *IntechOpen*, 2–17. www.intechopen.com

Suárez, F. (2013, June 13). *Episodio #464 La proteína de aislado de soya*. YouTube . https://www.youtube.com/watch?v=QHij3pLIIlo

Suryana, A. L., Rosiana, N. M., & Olivia, Z. (2022). Effect of drying method on the chemical properties of local soy flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *980*(1), 2–6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012030

Tabio, D., Díaz, Y., Rondón, M., Fernández, E., & Piloto, R. (2017). Extracción de aceites de origen vegetal. *ResearchGate*, 1–29. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11047.55201

Taghdir, M., Mazloomi, S. M., Honar, N., Sepandi, M., Ashourpour, M., & Salehi, M. (2017). Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition*, *5*(3), 439–445. https://doi.org/10.1002/fsn3.411

Ukwuru, M. U. (2003). Effect of processing on the chemical qualities and functional properties of soy flour. *Plant Foods for Human Nutrition*, *58*(3), 1–11. https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000040318.86089.1a

UNICEF Ecuador. (2021). *Desnutrición Crónica Infantil.* Recuperado el 01 de 12 de 2023, de unicef.org: https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil

USDA. (2023, May). *Principales Productores Mundiales de Soja*. CAPECO. https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/

Valero, T., Rodríguez, P., Ruiz, E., Ávila, J. M., & Varela, G. (2018). *La alimentación española: características nutricionales de principales alimentos de nuestra dieta* (P. y A. Ministerio de Agricultura, Ed.; 2nd ed., Vol. 2). Centro de publicaciones.

Vargas, T. (2019). *Efecto del pH de extracción y la relación sólido/solvente sobre el rendimiento de extracción de proteínas, absorción de agua y formación de espuma de concentrado proteico de frijol ñuña (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de grado]. Universidad Privada Antenor Orrego.

Vásquez, S. (2023). *Ficha técnica torta de soya americana*.

Vioque, J., Sánchez, R., Pedroche, J., Yust, M. del M., & Millán, F. (2001). Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados protéicos. *Instituto de La Grasa* , *52*, 127–131.

Willard, N., Hua, Y., Masamba, K., Kong, X., & Zhang, C. (2017). Optimization of soybean roasting parameters in developing nutritious and lipoxygenase free soymilk. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *11*(4), 1899–1908. https://doi.org/10.1007/s11694-017-9572-8

Zea, J., Zea, W., Vaccaro, V., & Avalos, E. (2017). Los Aminoácidos en el cuerpo humano. *Recimund* , *1*(5), 379–391. https://doi.org/10.26820/recimundo/1.5.2017.379-391

Zhang, L., Hu, Y., Wang, X., Abiola Fakayode, O., Ma, H., Zhou, C., Xia, A., & Li, Q. (2021). Improving soaking efficiency of soybeans through sweeping frequency ultrasound assisted by parameters optimization. *Ultrasonics Sonochemistry*, *79*. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105794

ANEXOS

Anexo 1. Balance de costos de la harina de soya

Materia Prima	Cantidad total (kg)	Costo total ($)	Cantidad utilizada (kg)	Costo ($)
Soya en grano	60	66	52,52	57,77
Subtotal 1				57,77
Mano de obra (10%)				5,78
Servicios básicos(5%)				2,89
Equipos y maquinaria (5%)				2,89
Subtotal 2				11,56
Total				**69,33**

Peso total del producto	Costo
37,93 kg	$ 69,33

Anexo 2. Balance de costos del aislado de soya

Materia Prima	Cantidad total (g)	Costo total ($)	Cantidad utilizada (g)	Costo ($)
Harina de soya	640	1,17	640	1,17
Subtotal 1				1,17
Mano de obra (10%)				0,12
Servicios básicos(5%)				0,06
Equipos y maquinaria (5%)				0,06
Subtotal 2				0,24
Total				**1,40**

Peso total del producto	Costo
152,39 g	$ 1,40

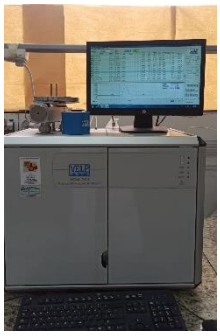
Anexo 3. Obtención de la harina y aislado de proteína de soya

<table>
<tr><td colspan="4">Proceso de tostado del grano pretratado</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="4">Proceso de extracción de aceite de soya</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">Proceso de molienda y tamizado de la torta de soya</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Proceso de aislado y purificación de la proteína</td></tr>
</table>



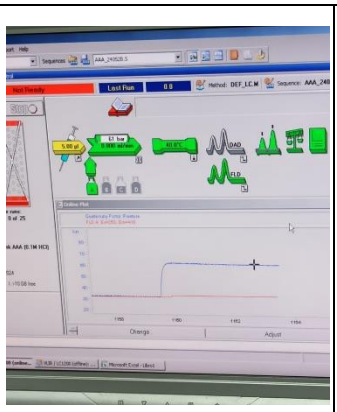


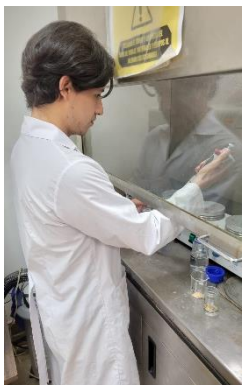

Determinación del contenido proteico por Dumas



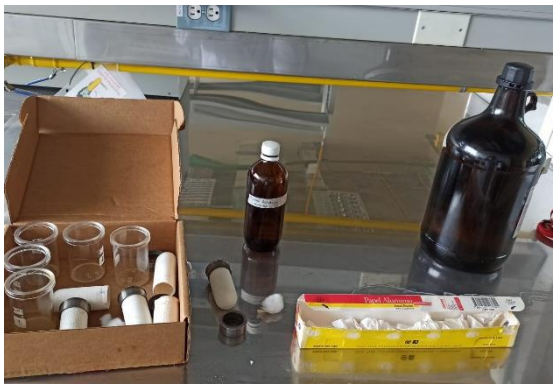


Determinación del perfil de aminoácidos del aislado de proteína

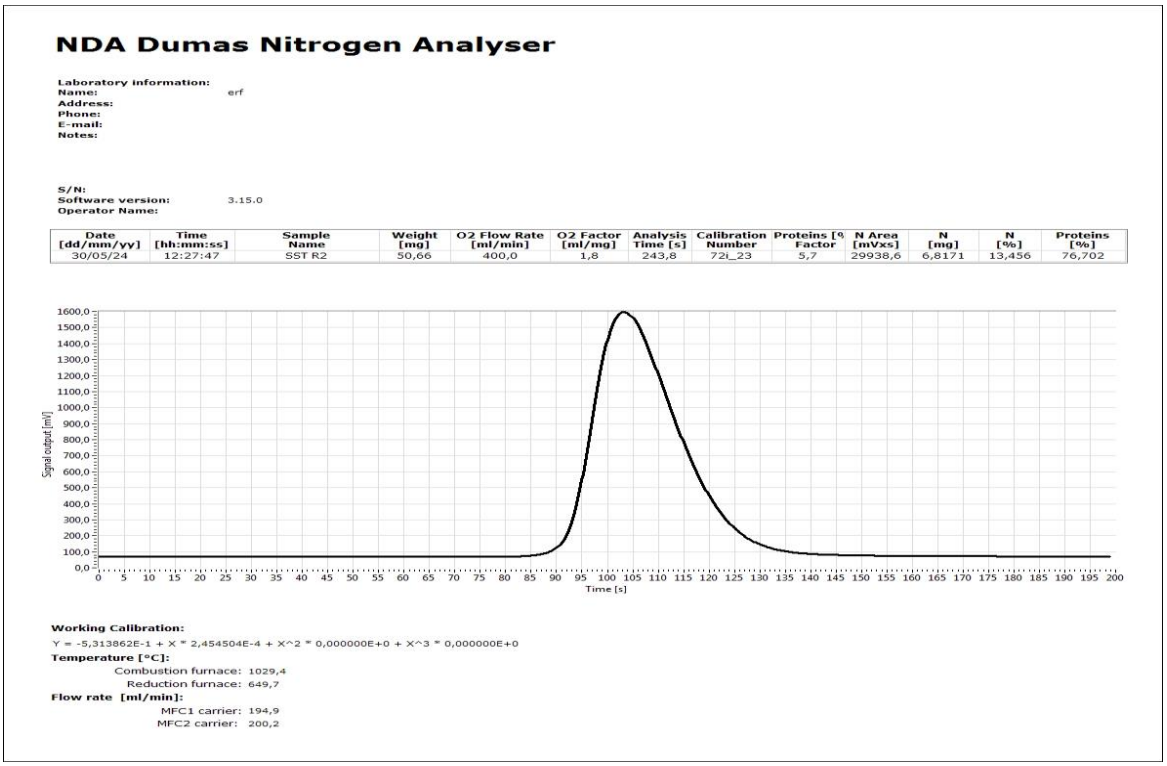





Análisis proximal de la harina de soya y del aislado proteico

Anexo 4. Cuantificación de proteína medido por Dumas



NDA Dumas Nitrogen Analyser

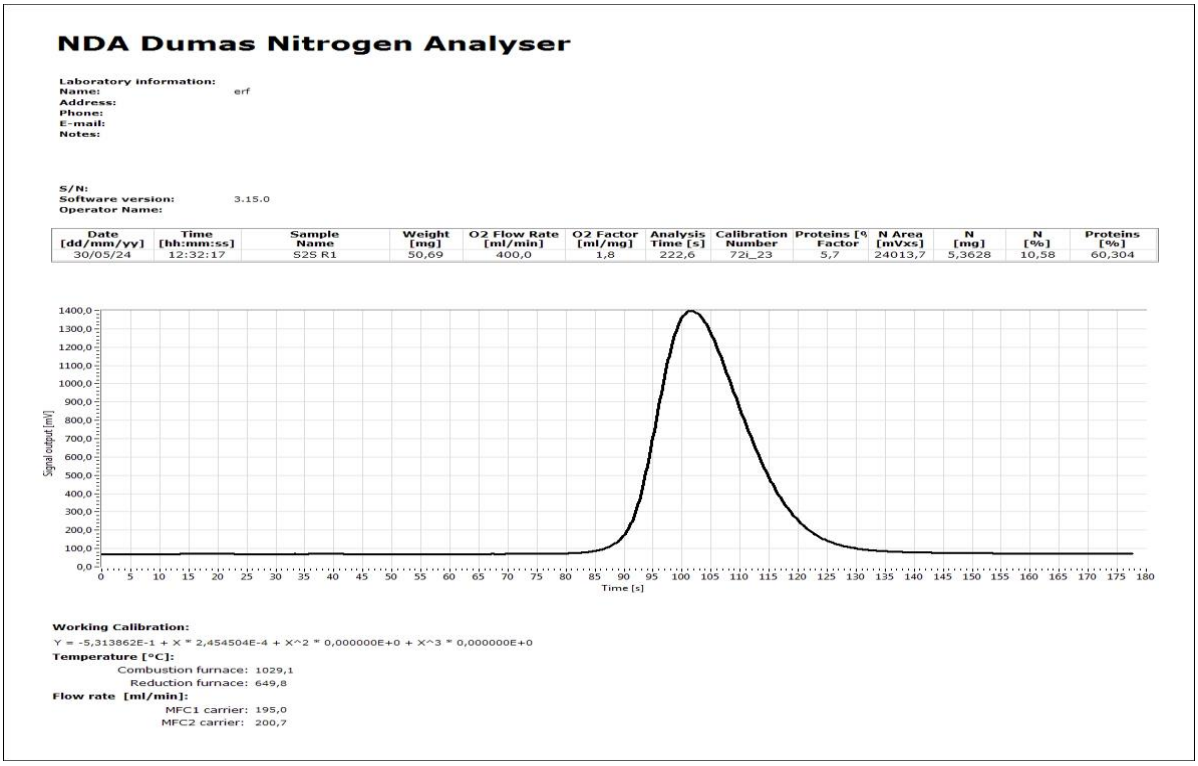
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
30/05/24	12:27:47	SST R2	50,66	400,0	1,8	243,8	72i_23	5,7	29938,6	6,8171	13,456	76,702

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,4
Reduction furnace: 649,7
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 3. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

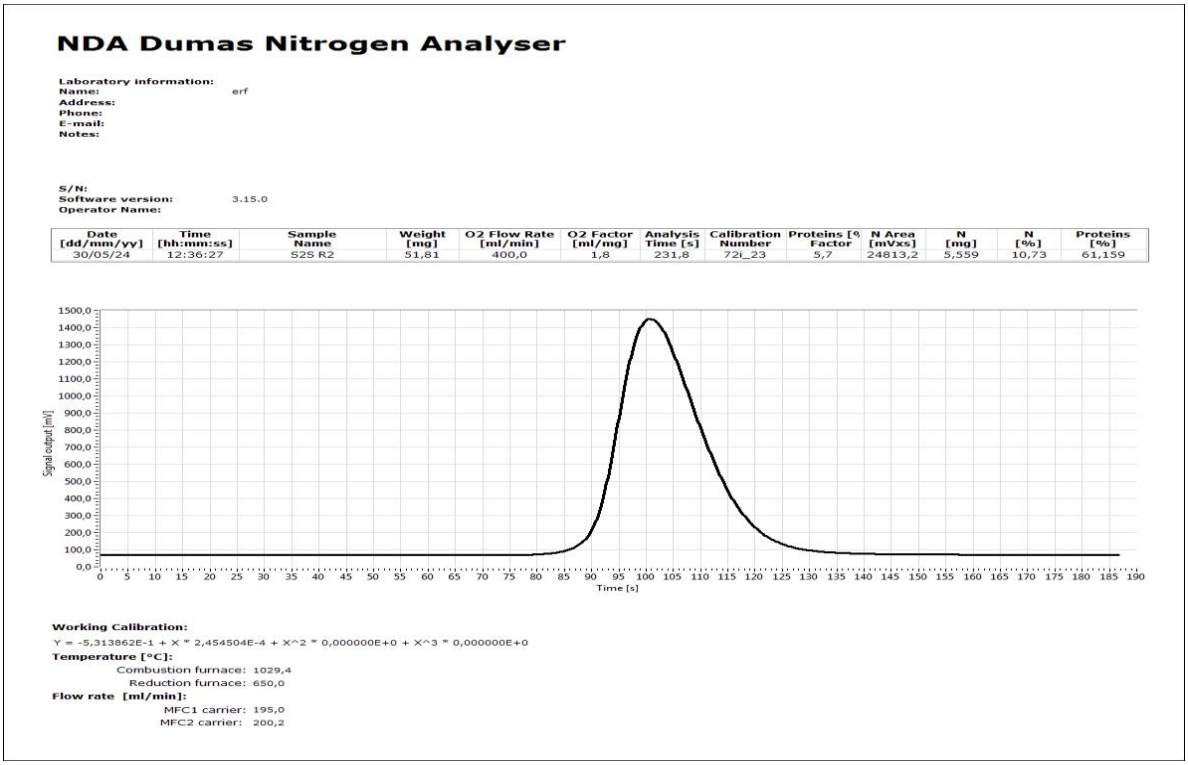
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
30/05/24	12:32:17	S2S R1	50,69	400,0	1,8	222,6	72i_23	5,7	24013,7	5,3628	10,58	60,304

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,1
Reduction furnace: 649,8
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,7

Figura 4. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

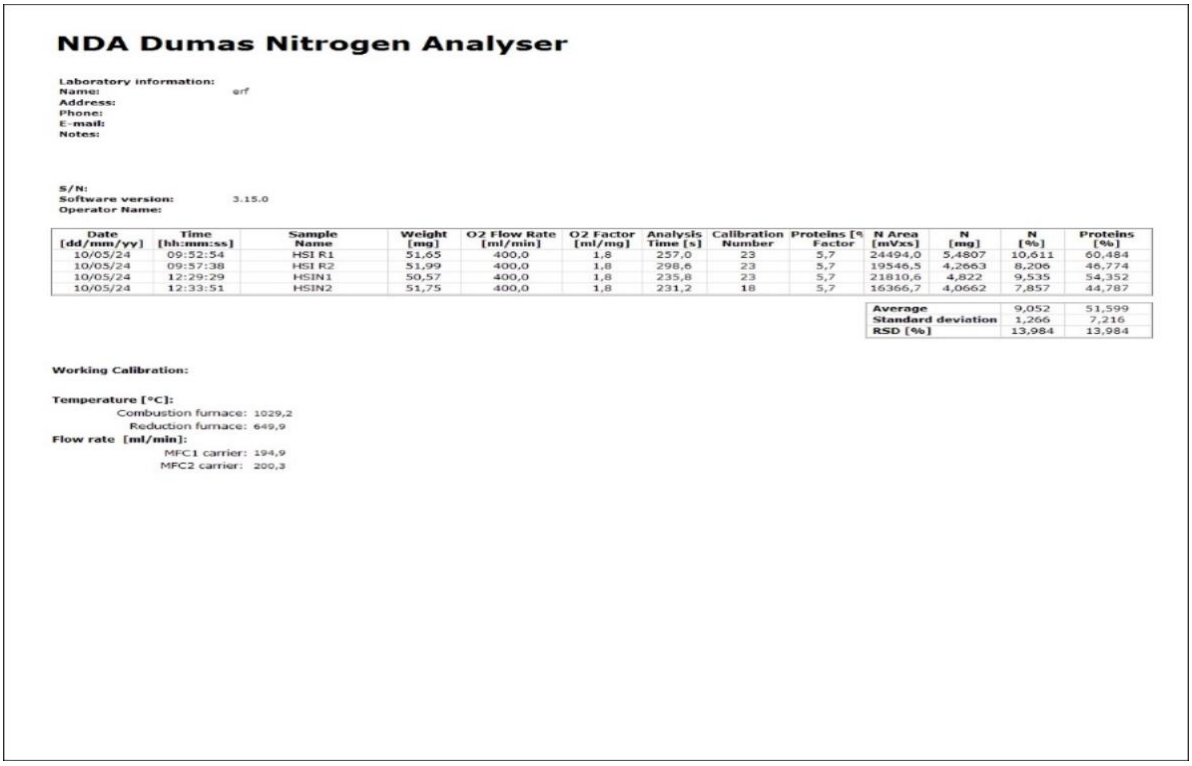
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
30/05/24	12:36:27	S2S R2	51,81	400,0	1,8	231,8	72i_23	5,7	24813,2	5,559	10,73	61,159

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,4
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,2

Figura 5. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

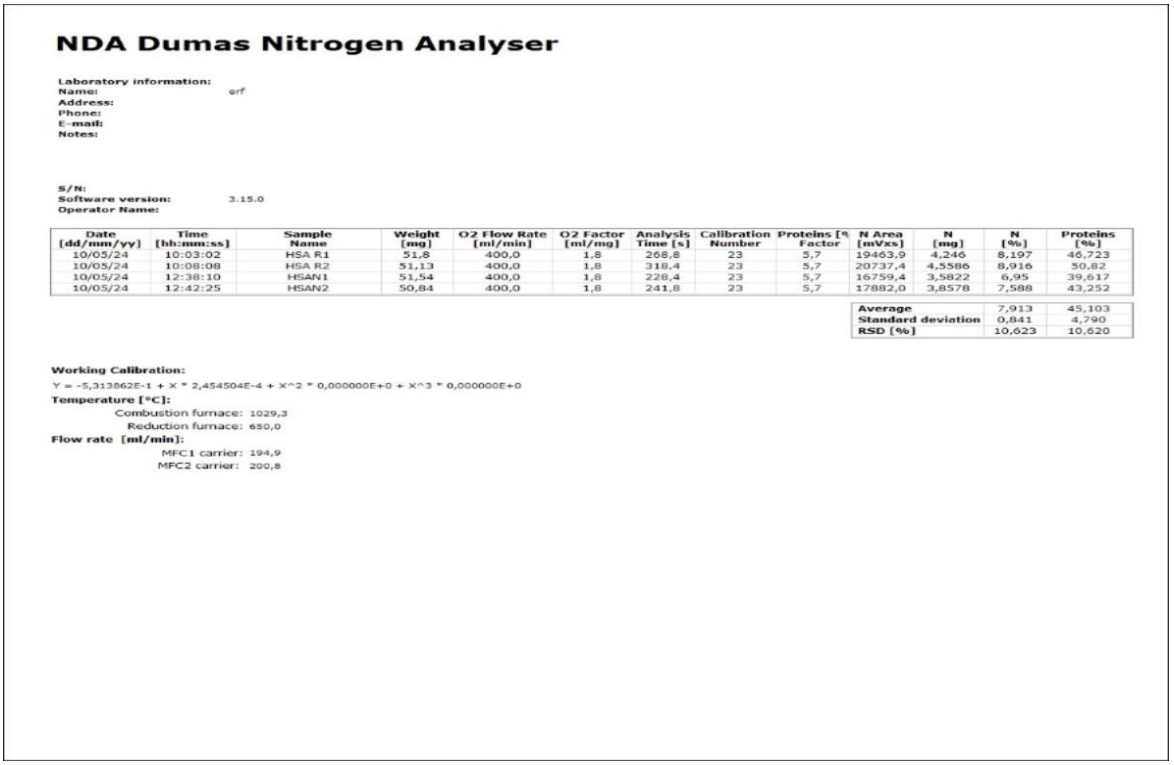
Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	09:52:54	HSI R1	51,65	400,0	1,8	257,0	23	5,7	24494,0	5,4807	10,611	60,484
10/05/24	09:57:38	HSI R2	51,99	400,0	1,8	298,6	23	5,7	19546,5	4,2663	8,206	46,774
10/05/24	12:29:29	HSIN1	50,57	400,0	1,8	235,8	23	5,7	21810,6	4,822	9,535	54,352
10/05/24	12:33:51	HSIN2	51,75	400,0	1,8	231,2	18	5,7	16366,7	4,0662	7,857	44,787

Average	9,052	51,599
Standard deviation	1,266	7,216
RSD [%]	13,984	13,984

Working Calibration:

Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,2
Reduction furnace: 649,9
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,3

Figura 6. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

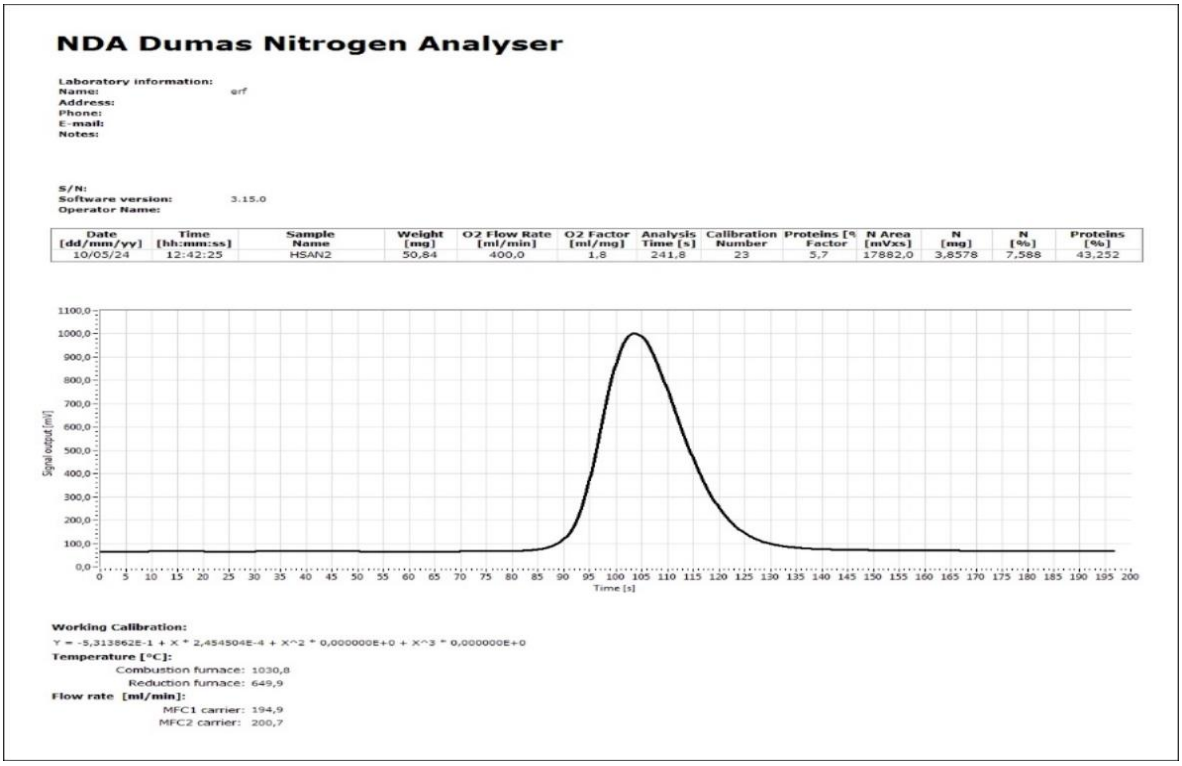
S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:03:02	HSA R1	51,8	400,0	1,8	268,8	23	5,7	19463,9	4,246	8,197	46,723
10/05/24	10:08:08	HSA R2	51,13	400,0	1,8	318,4	23	5,7	20737,4	4,5586	8,916	50,82
10/05/24	12:38:10	HSAN1	51,54	400,0	1,8	228,4	23	5,7	16759,4	3,5822	6,95	39,617
10/05/24	12:42:25	HSAN2	50,84	400,0	1,8	241,8	23	5,7	17882,0	3,8578	7,588	43,252

Average	7,913	45,103
Standard deviation	0,841	4,790
RSD [%]	10,623	10,620

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,3
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,8

Figura 7. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

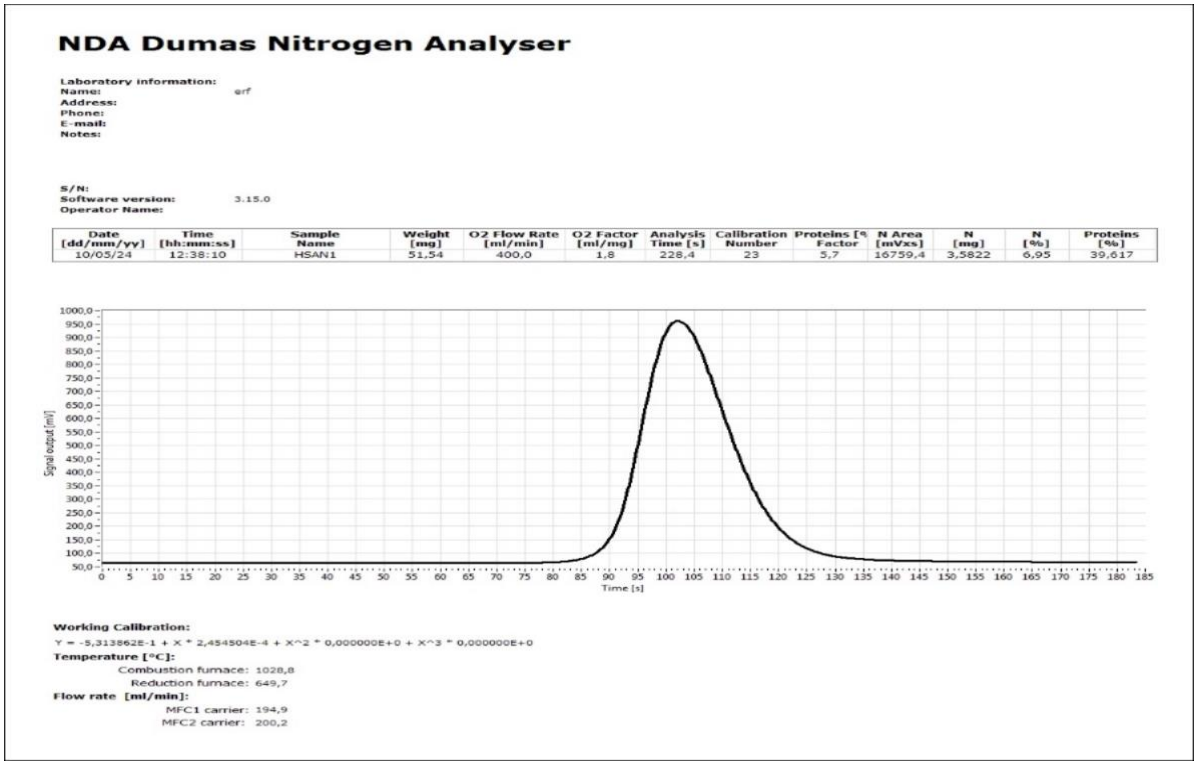
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	12:42:25	HSAN2	50,84	400,0	1,8	241,8	23	5,7	17882,0	3,8578	7,588	43,252

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,8
Reduction furnace: 649,9
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,7

Figura 8. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

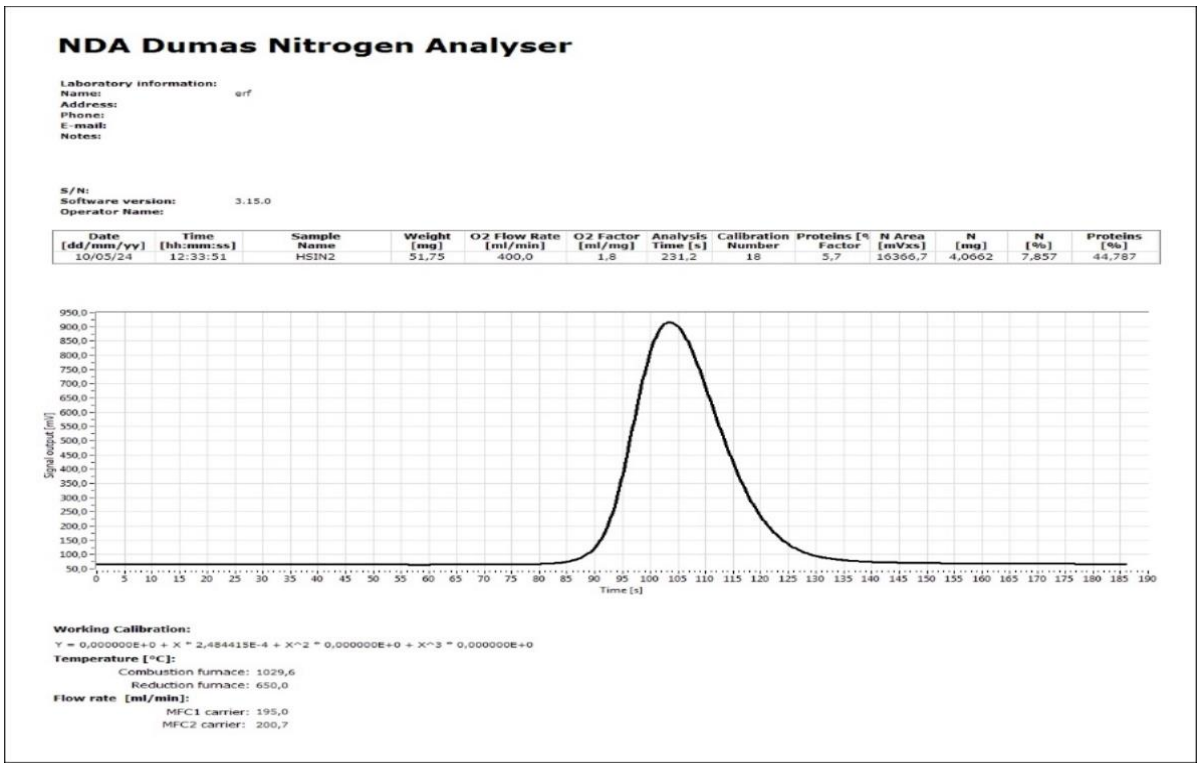
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	12:38:10	HSAN1	51,54	400,0	1,8	228,4	23	5,7	16759,4	3,5822	6,95	39,617

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1028,8
Reduction furnace: 649,7
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 9. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

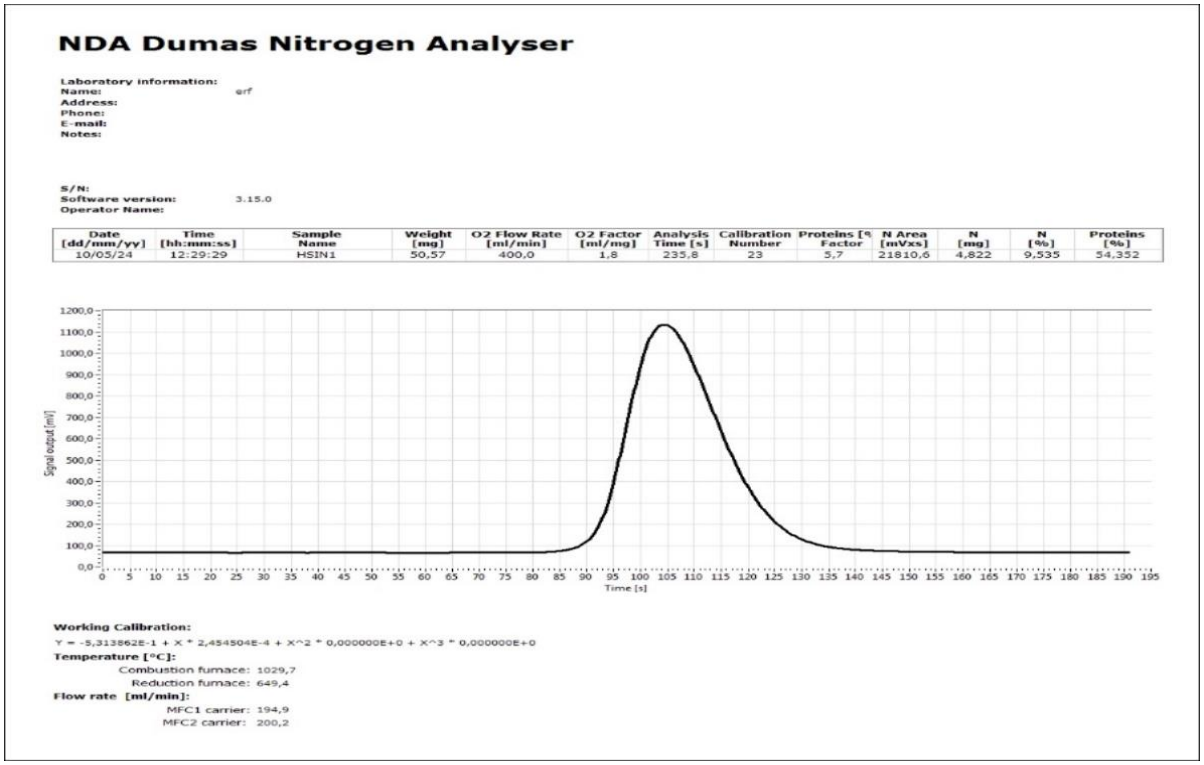
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	12:33:51	HSIN2	51,75	400,0	1,8	231,2	18	5,7	16366,7	4,0662	7,857	44,787

Working Calibration:
Y = 0,000000E+0 + X * 2,484415E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,6
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,7

Figura 10. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

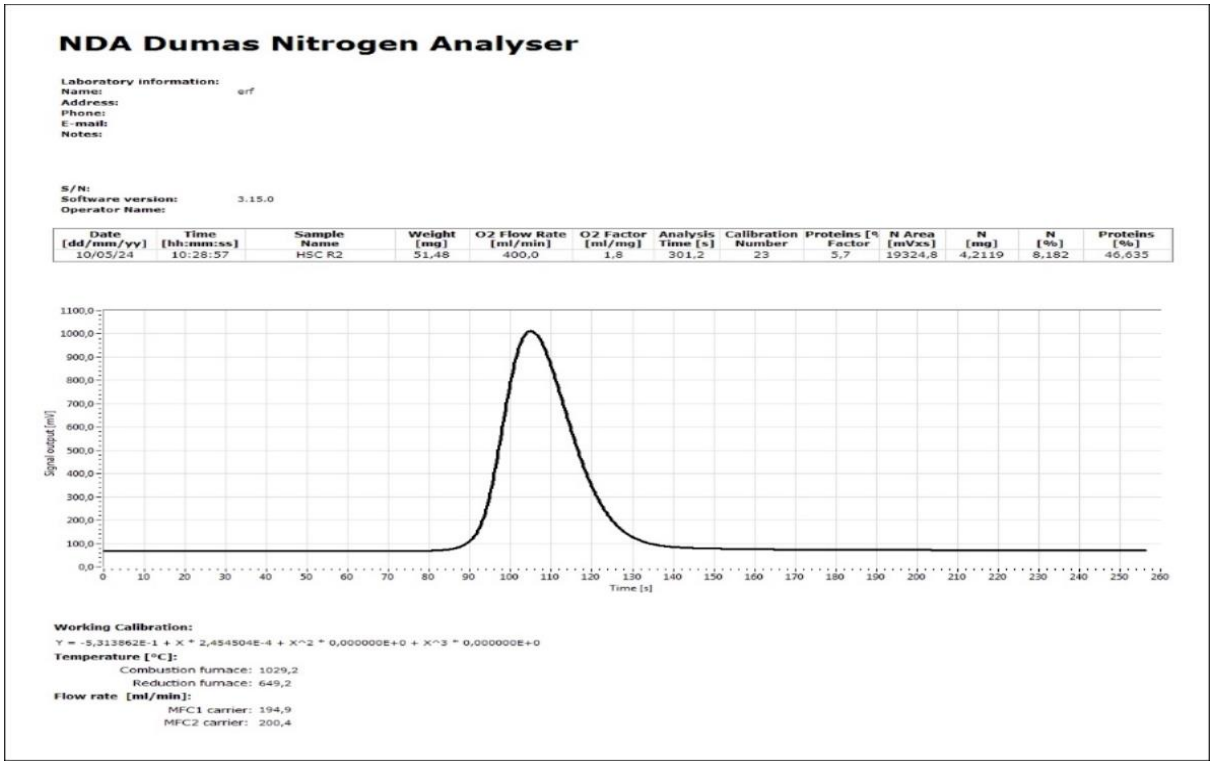
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	12:29:29	HSIN1	50,57	400,0	1,8	235,8	23	5,7	21810,6	4,822	9,535	54,352

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,7
Reduction furnace: 649,4
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 11. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:28:57	HSC R2	51,48	400,0	1,8	301,2	23	5,7	19324,8	4,2119	8,182	46,635

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,2
Reduction furnace: 649,2
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,4

Figura 12. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

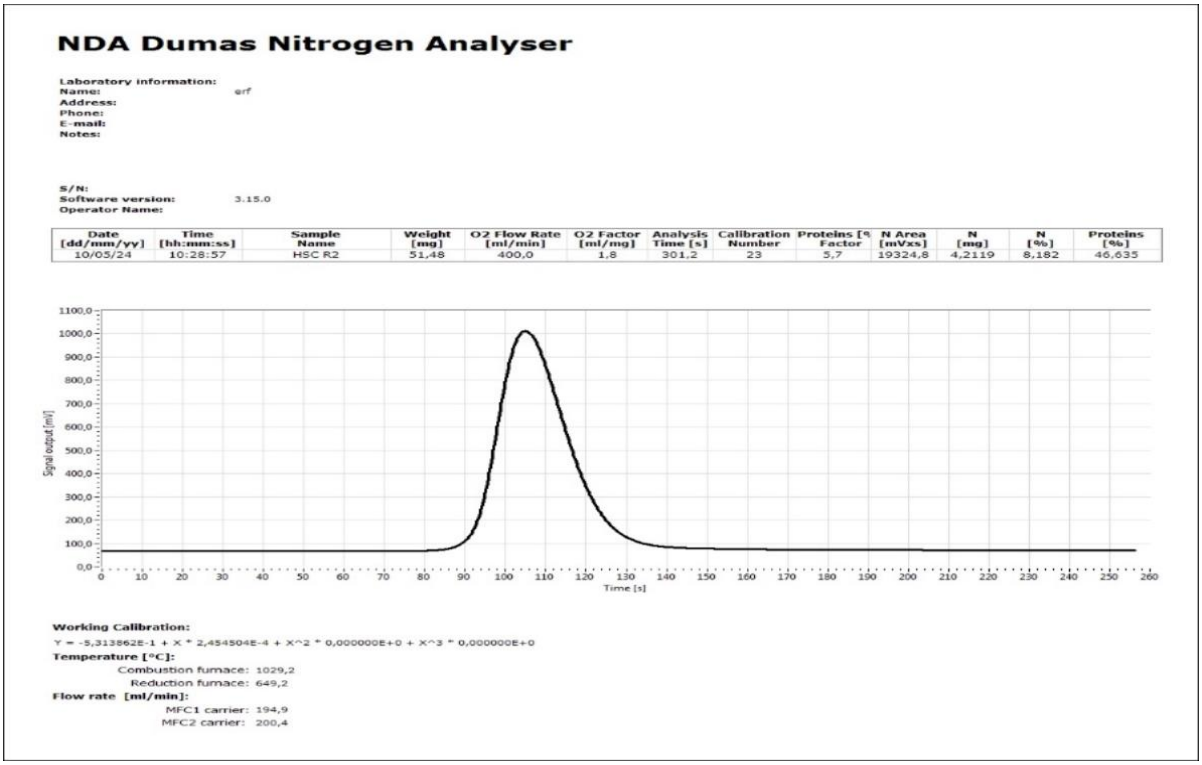


Figura 13. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

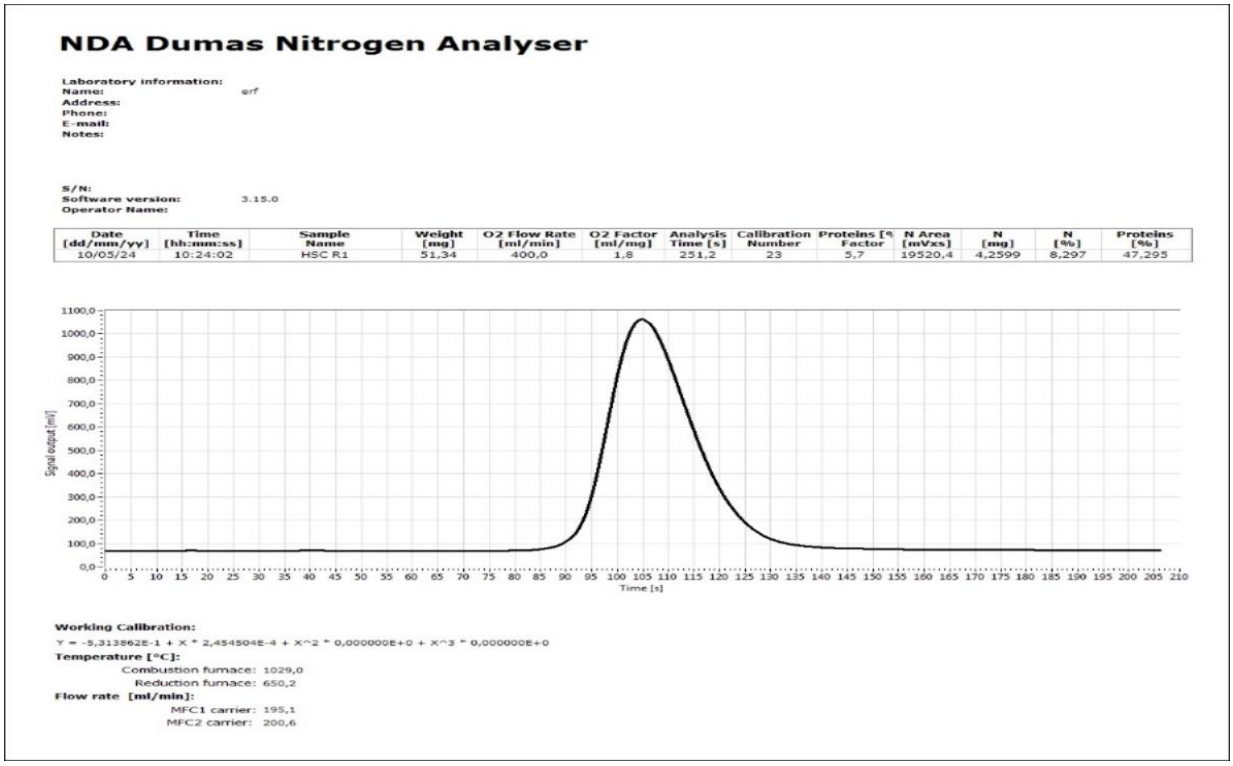
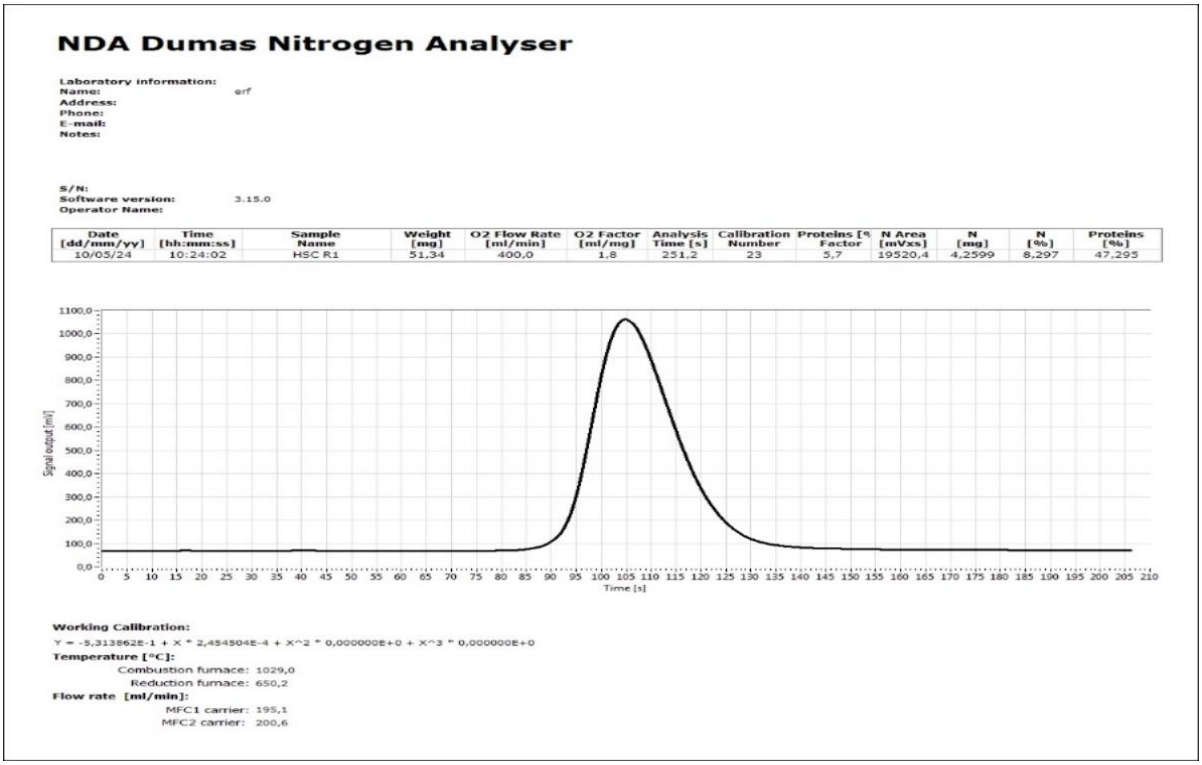


Figura 14. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

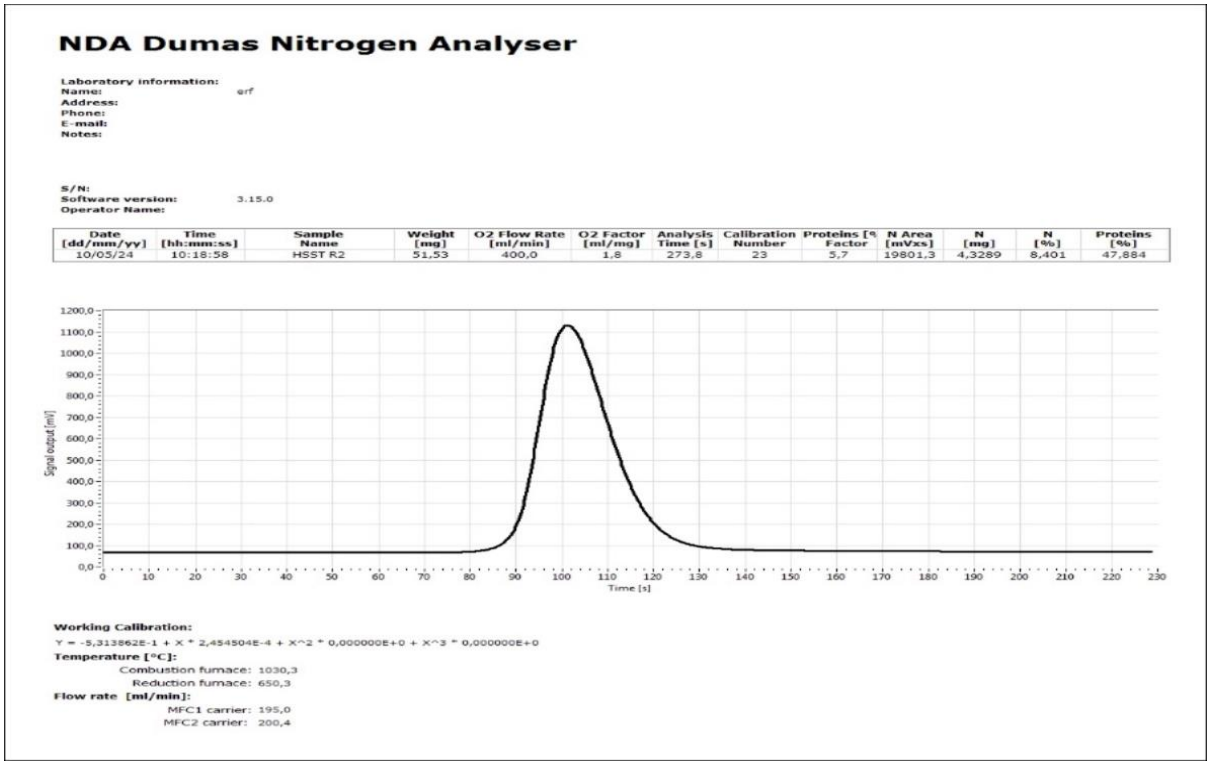
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:24:02	HSC R1	51,34	400,0	1,8	251,2	23	5,7	19520,4	4,2599	8,297	47,295

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,0
Reduction furnace: 650,2
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,1
MFC2 carrier: 200,6

Figura 15. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

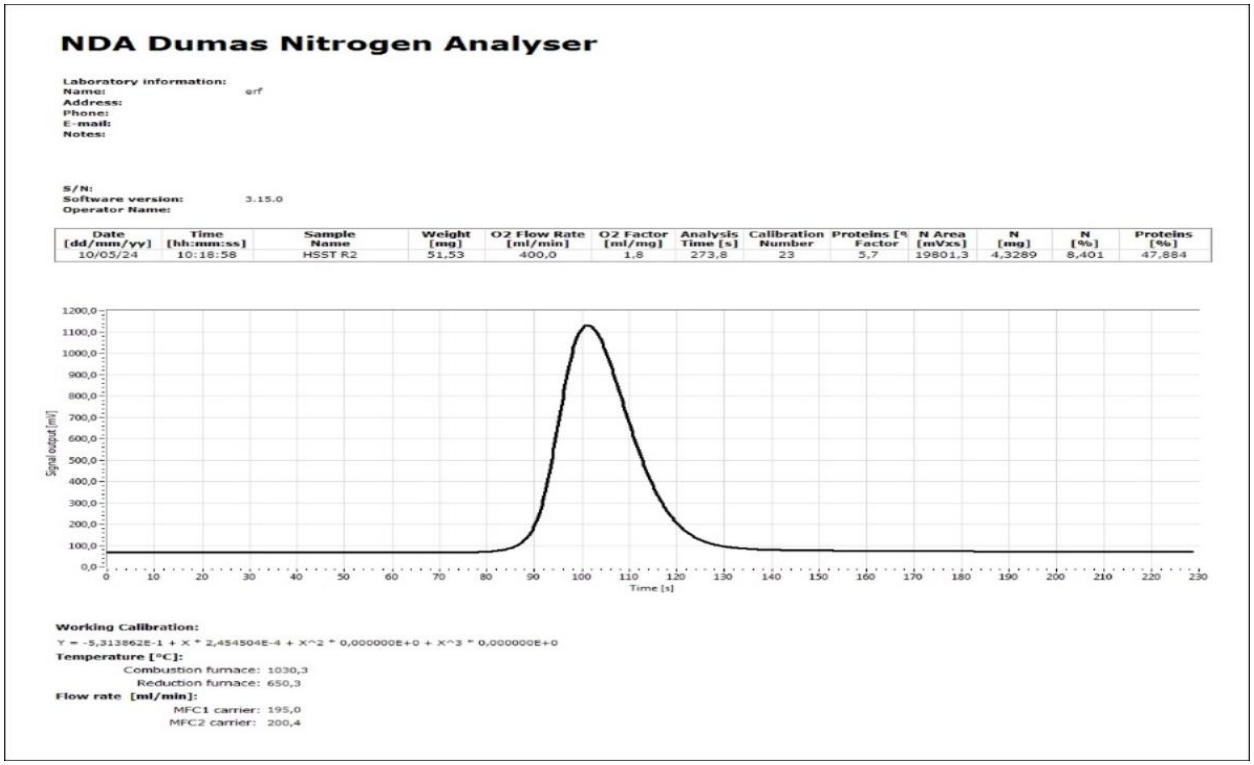
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:18:58	HSST R2	51,53	400,0	1,8	273,8	23	5,7	19801,3	4,3289	8,401	47,884

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,3
Reduction furnace: 650,3
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,4

Figura 16. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

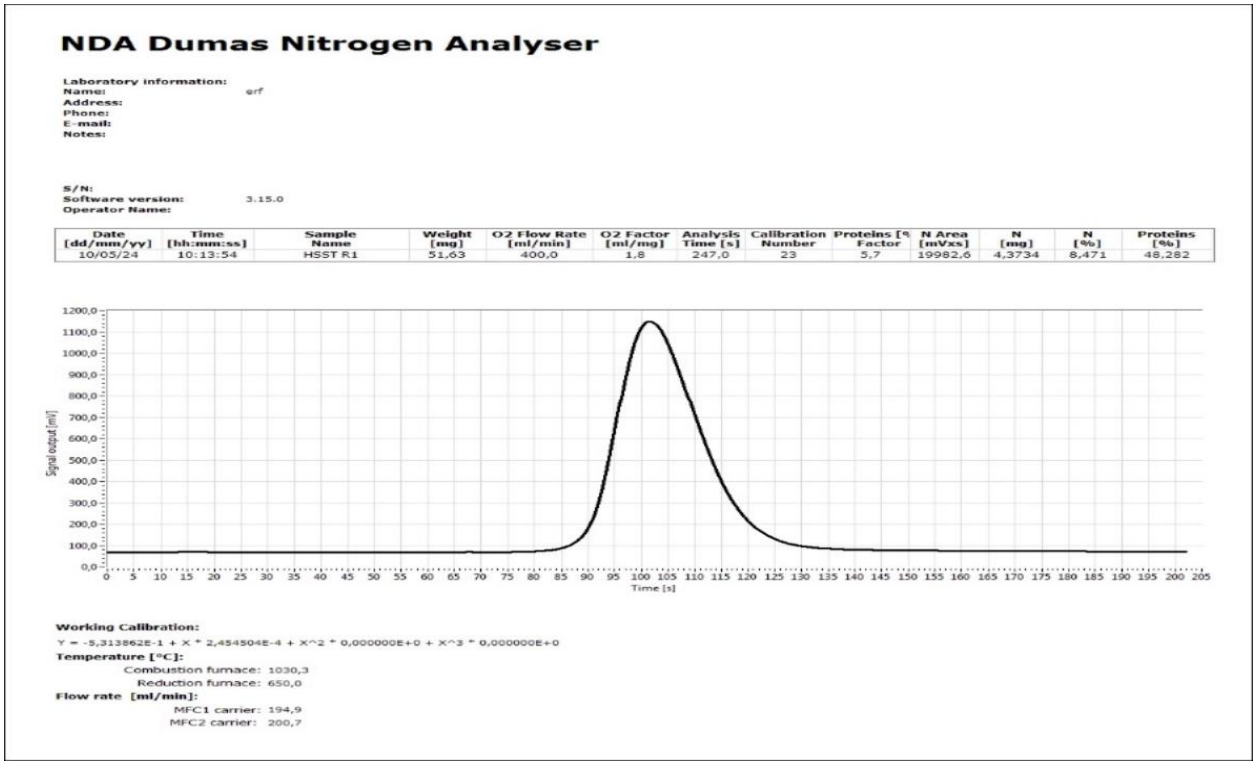
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:18:58	HSST R2	51,53	400,0	1,8	273,8	23	5,7	19801,3	4,3289	8,401	47,884

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,3
Reduction furnace: 650,3
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,4

Figura 17. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

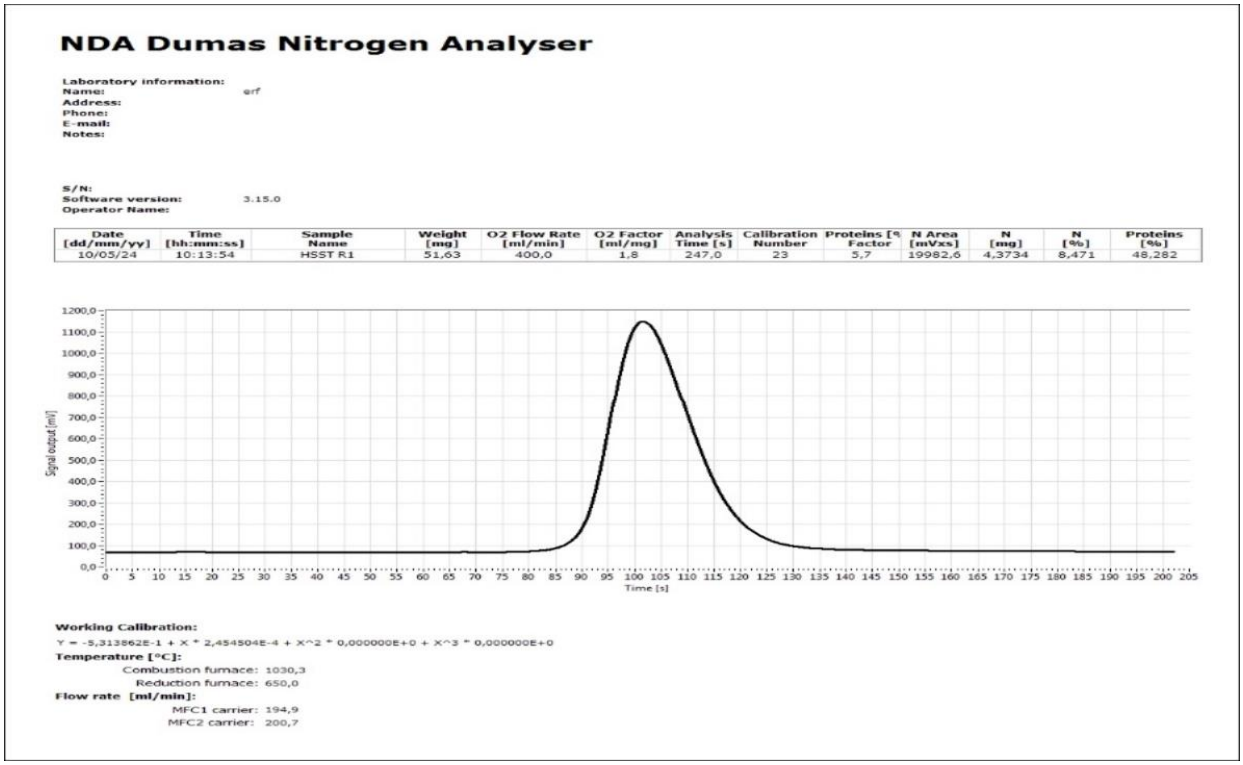
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:13:54	HSST R1	51,63	400,0	1,8	247,0	23	5,7	19982,6	4,3734	8,471	48,282

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,3
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,7

Figura 18. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

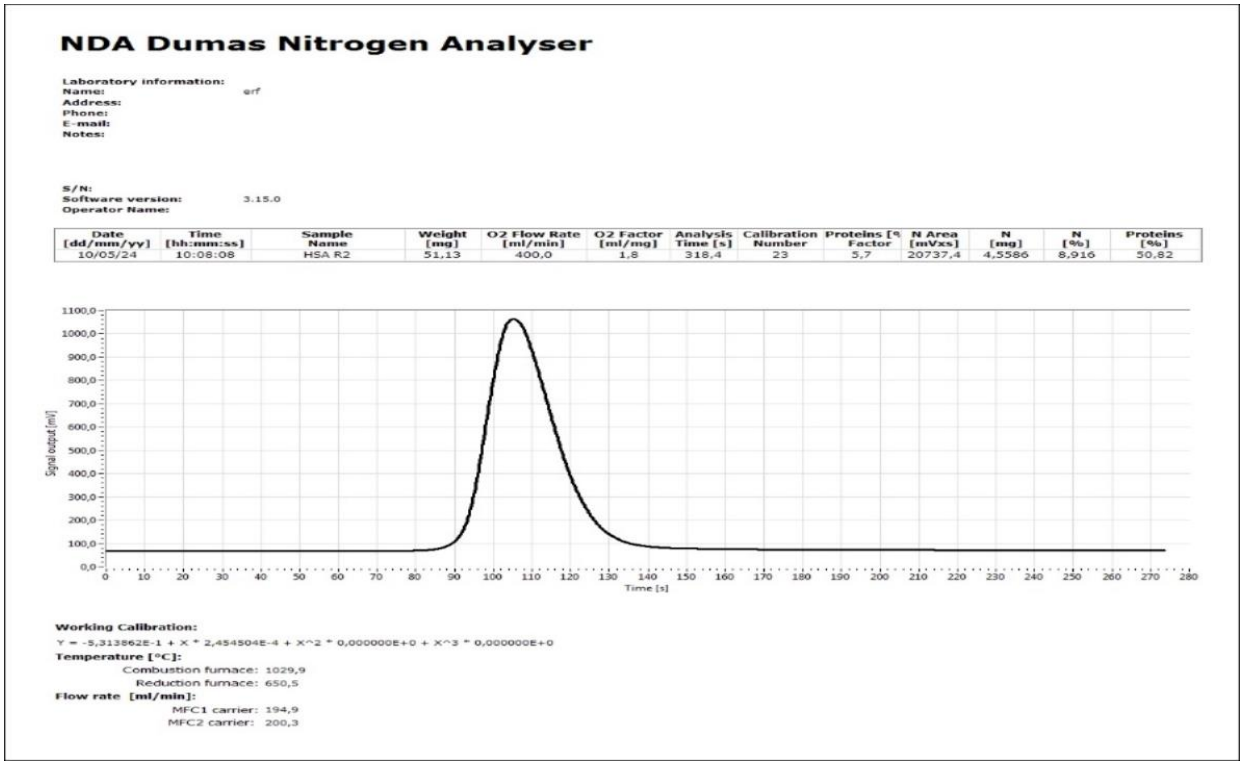
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:13:54	HSST R1	51,63	400,0	1,8	247,0	23	5,7	19982,6	4,3734	8,471	48,282

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,3
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,7

Figura 19. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
10/05/24	10:08:08	HSA R2	51,13	400,0	1,8	318,4	23	5,7	20737,4	4,5586	8,916	50,82

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,9
Reduction furnace: 650,5
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,3

Figura 20. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

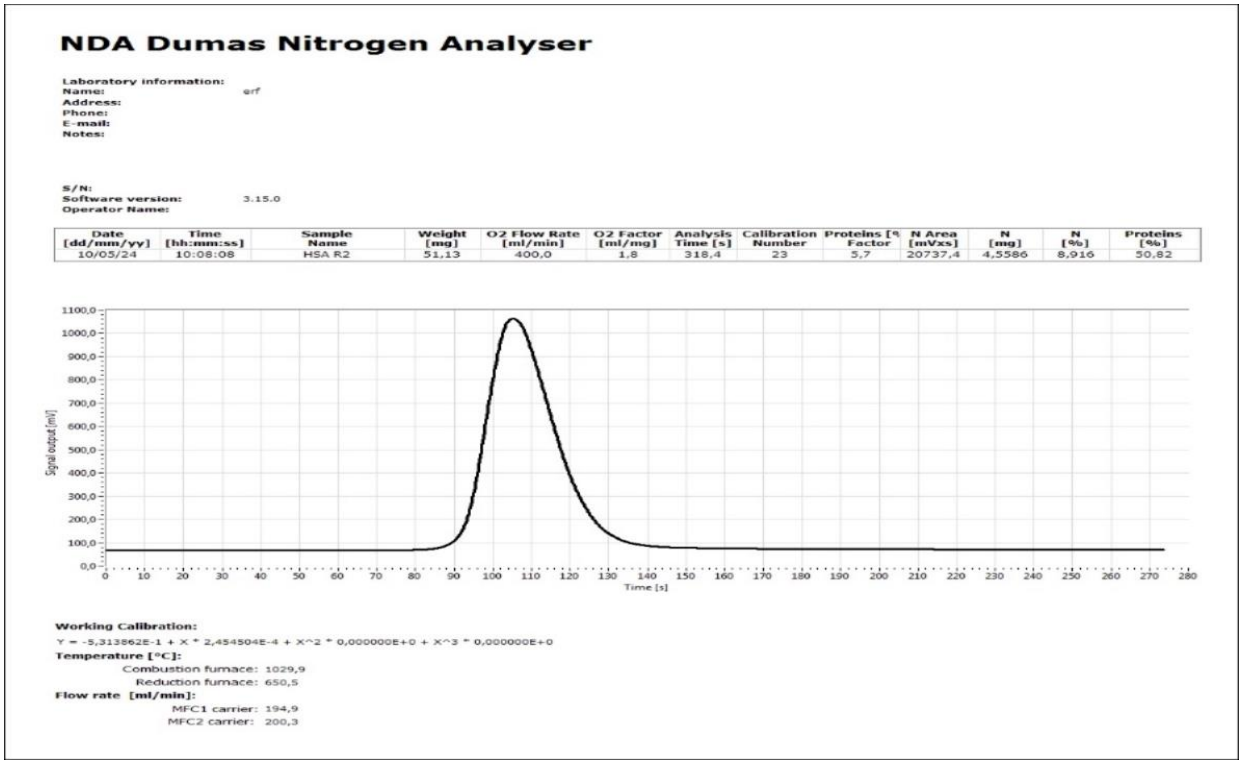


Figura 21. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

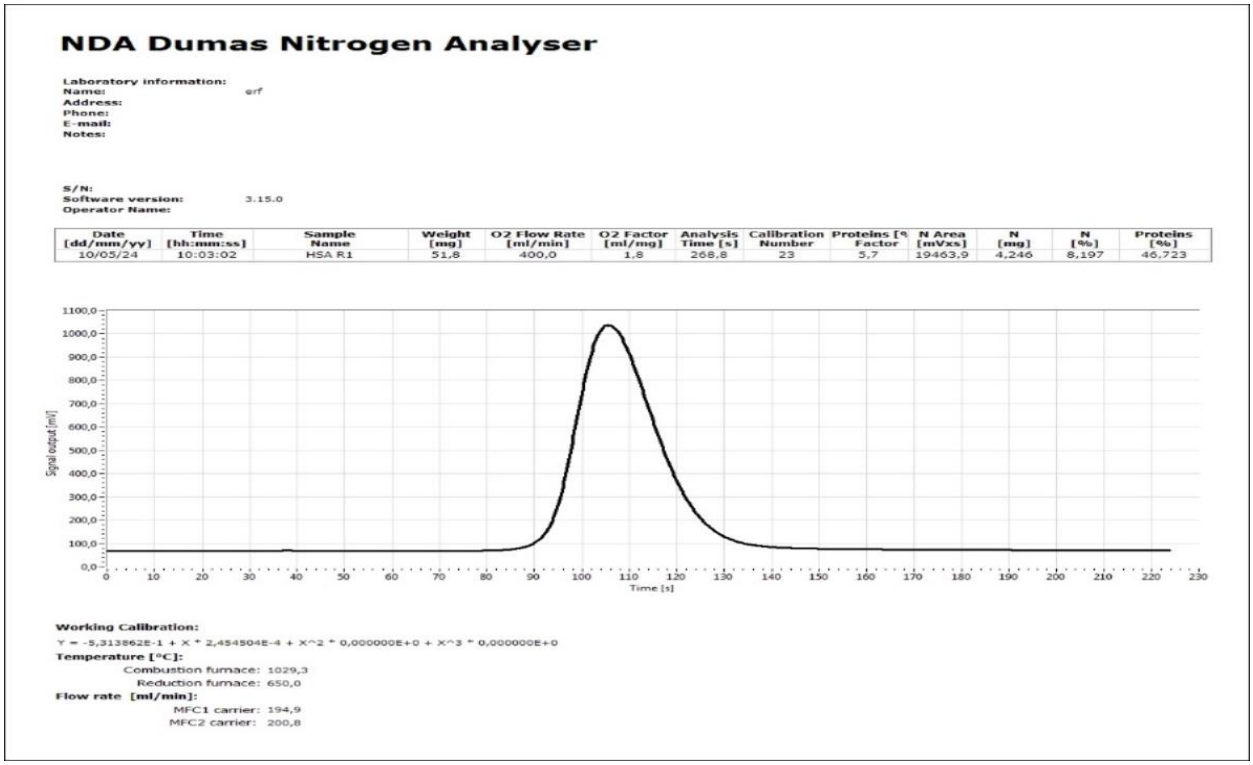


Figura 22. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

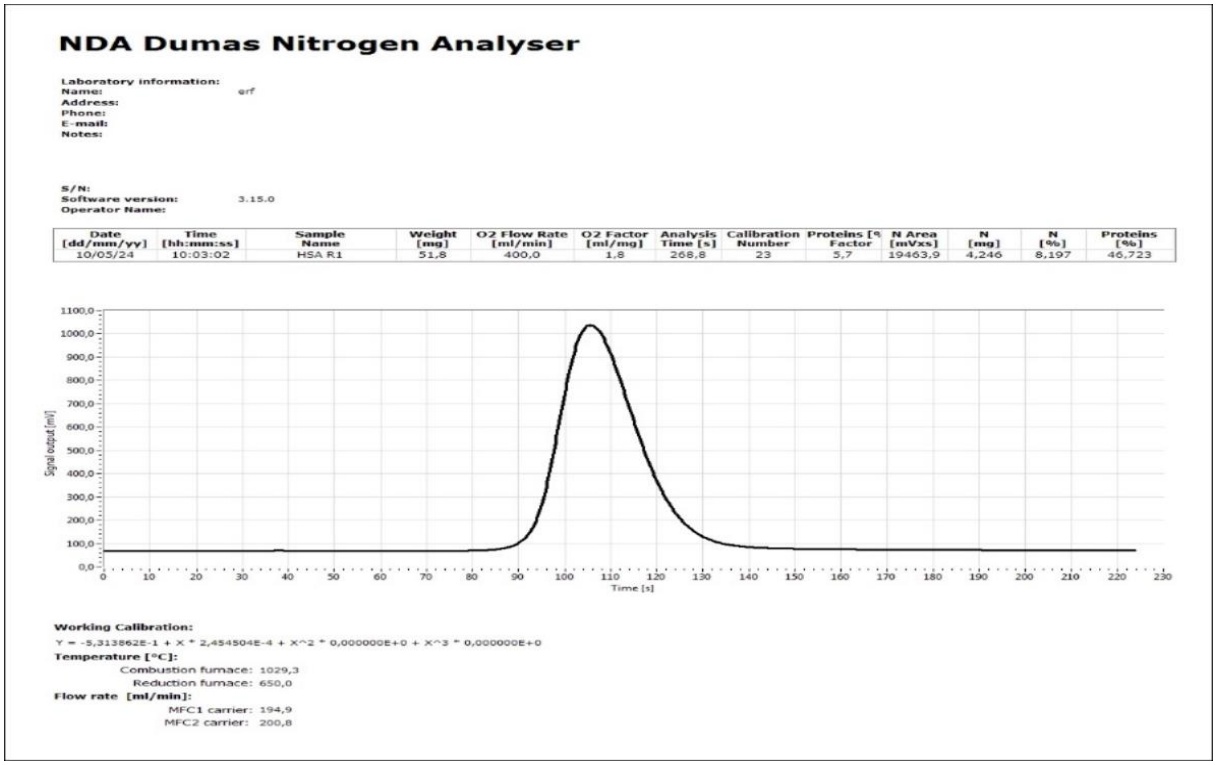


Figura 23. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

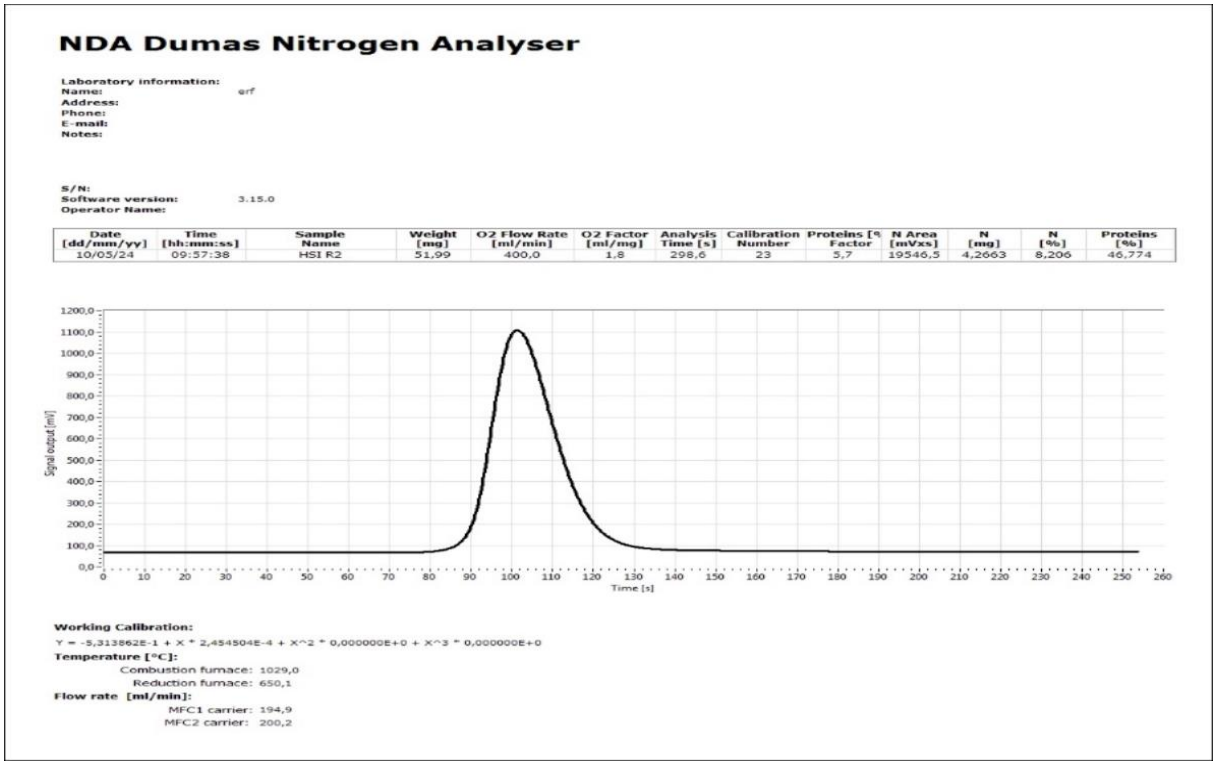


Figura 24. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

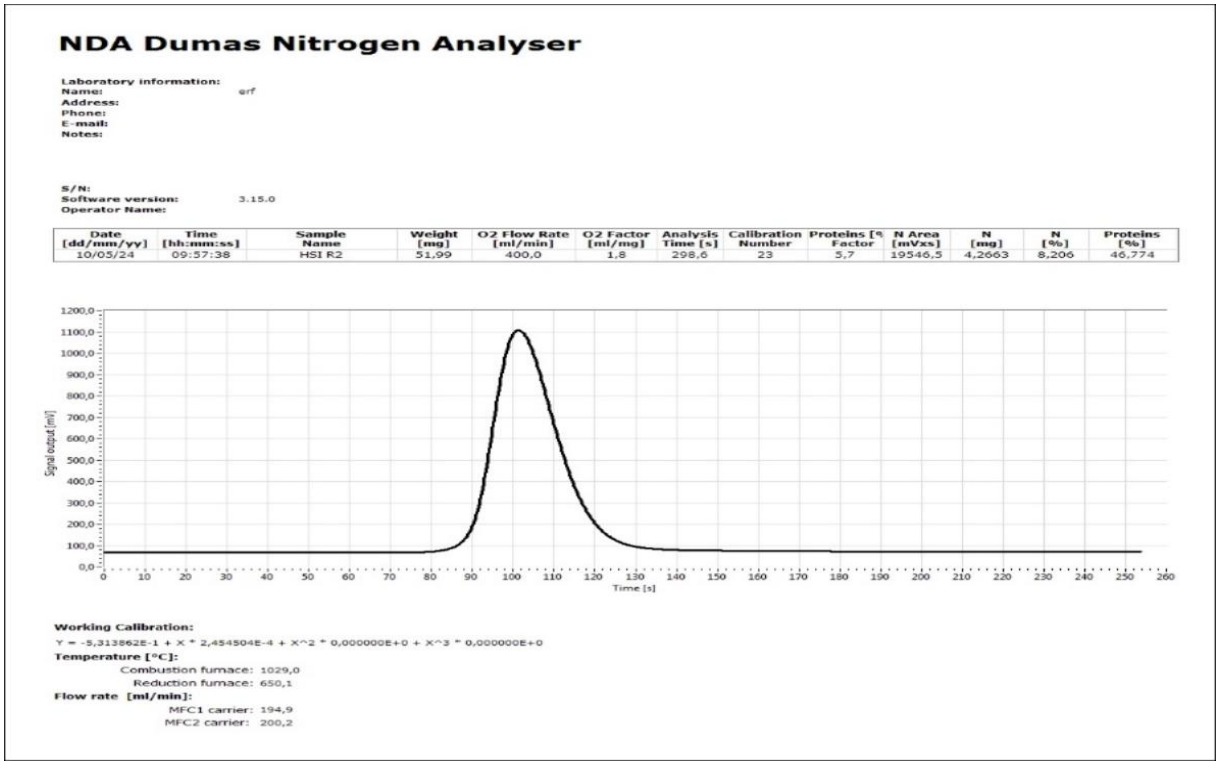


Figura 25. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

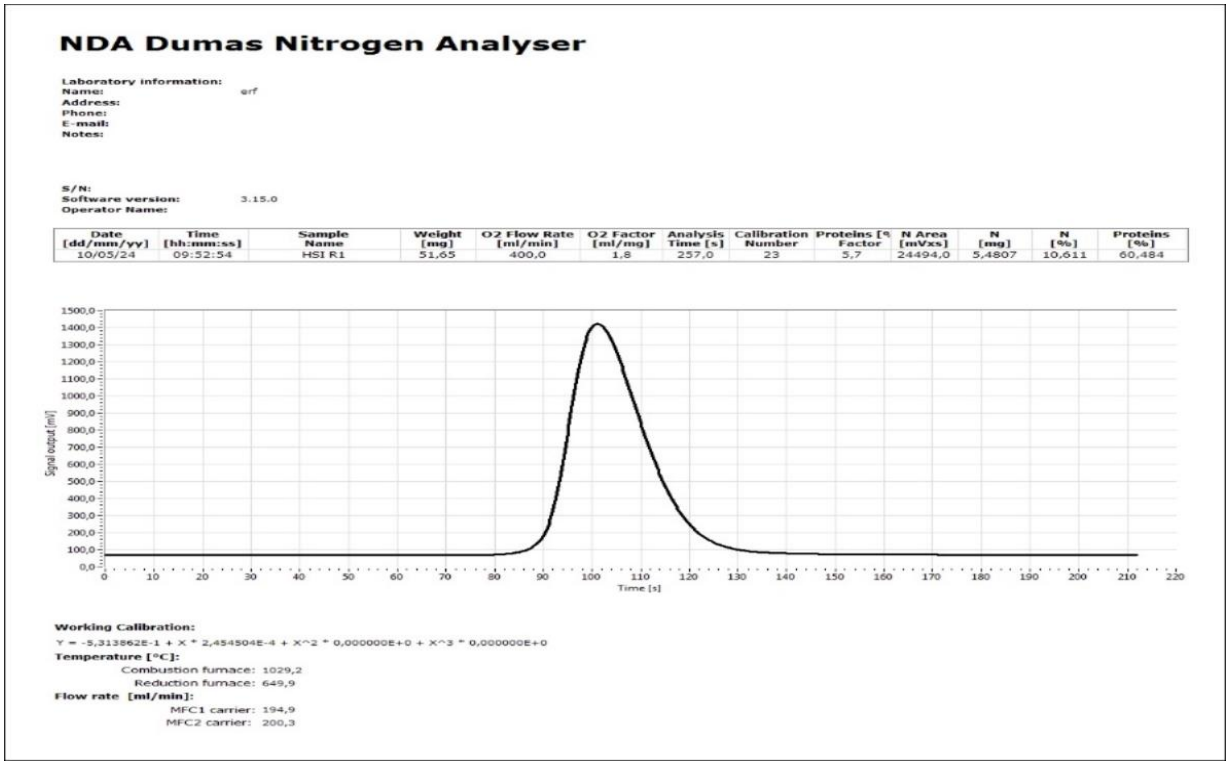


Figura 26. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

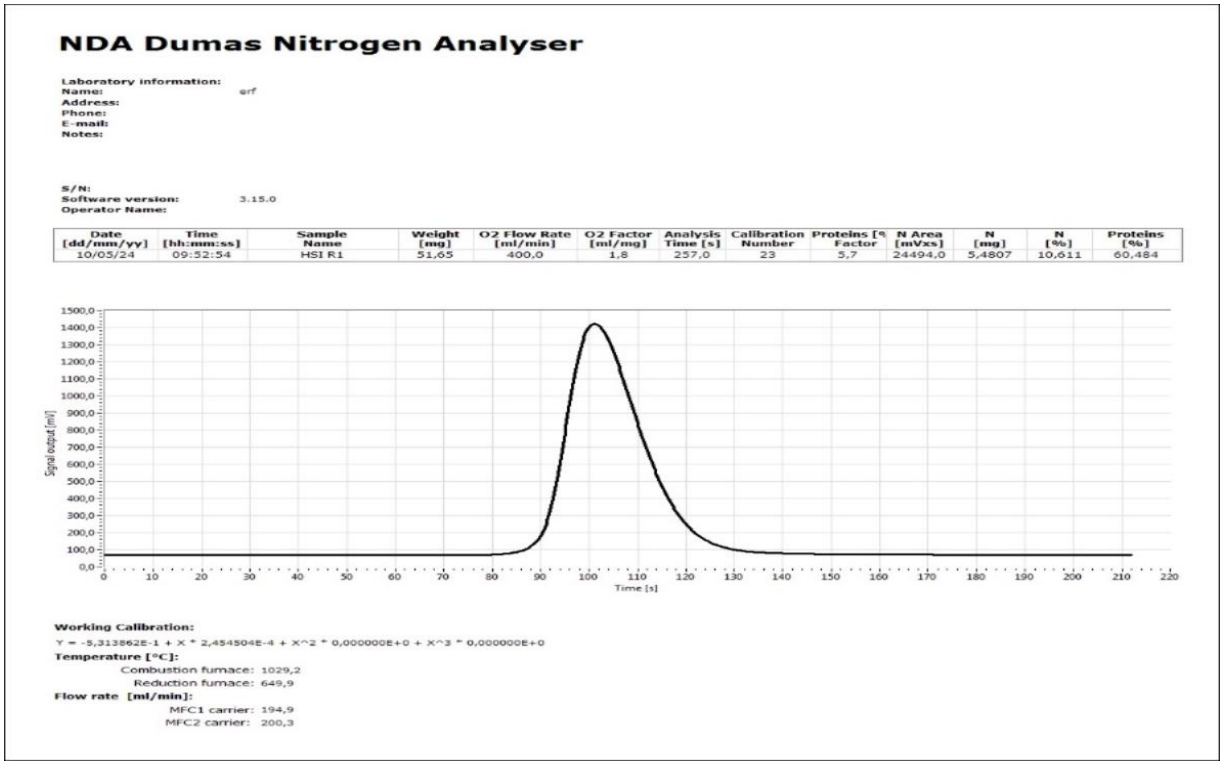


Figura 27. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

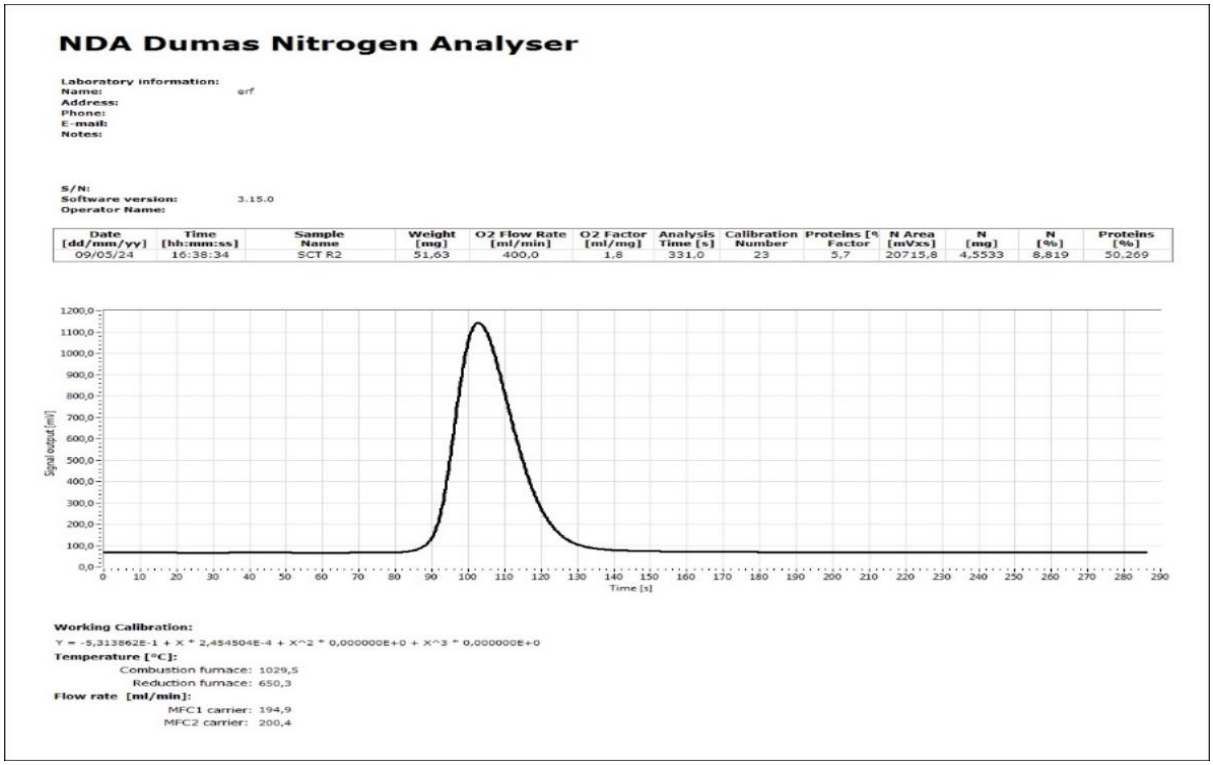
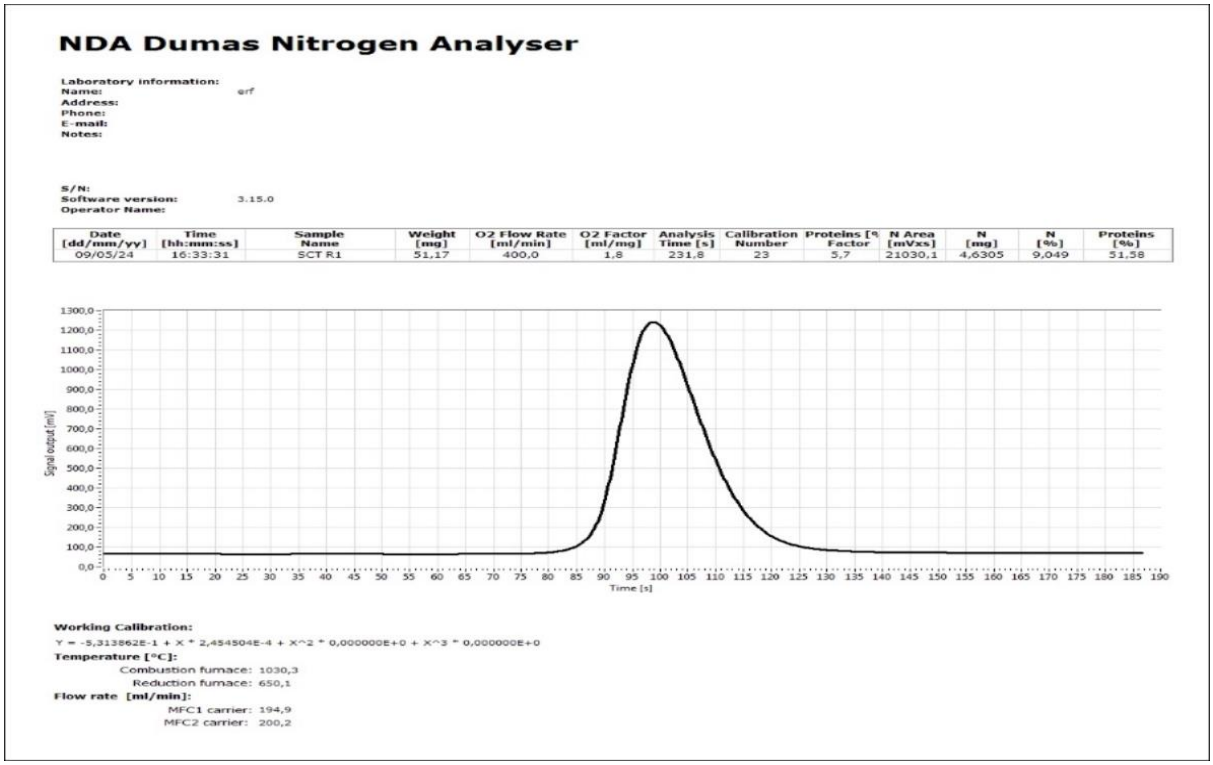


Figura 28. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

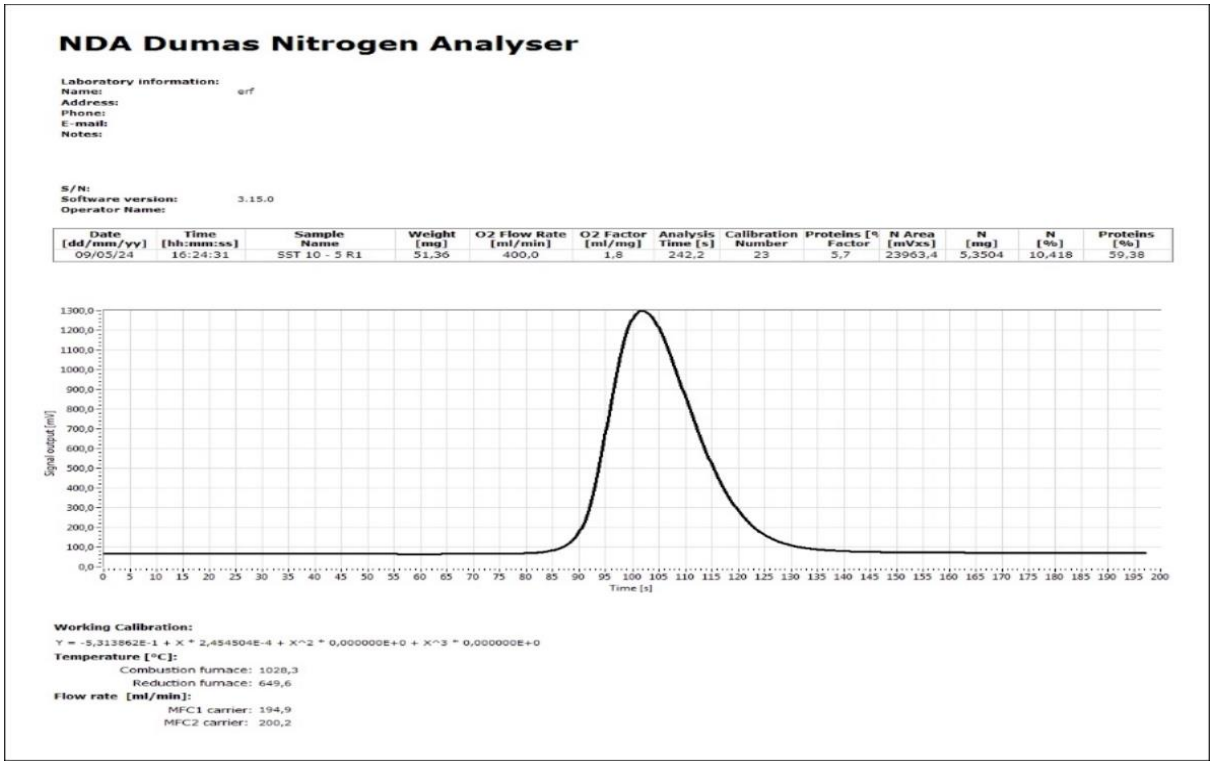
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	16:33:31	SCT R1	51,17	400,0	1,8	231,8	23	5,7	21030,1	4,6305	9,049	51,58

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,3
Reduction furnace: 650,1
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 29. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

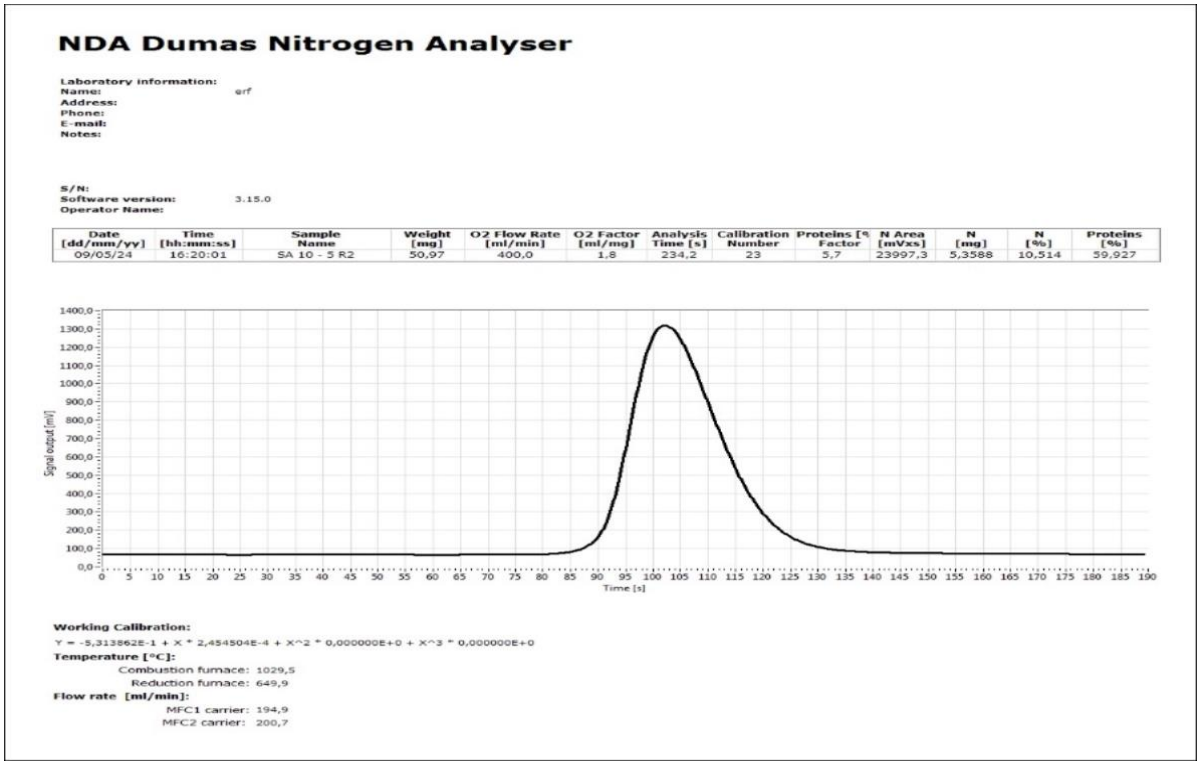
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	16:24:31	SST 10 - 5 R1	51,36	400,0	1,8	242,2	23	5,7	23963,4	5,3504	10,418	59,38

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1028,3
Reduction furnace: 649,6
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 30. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

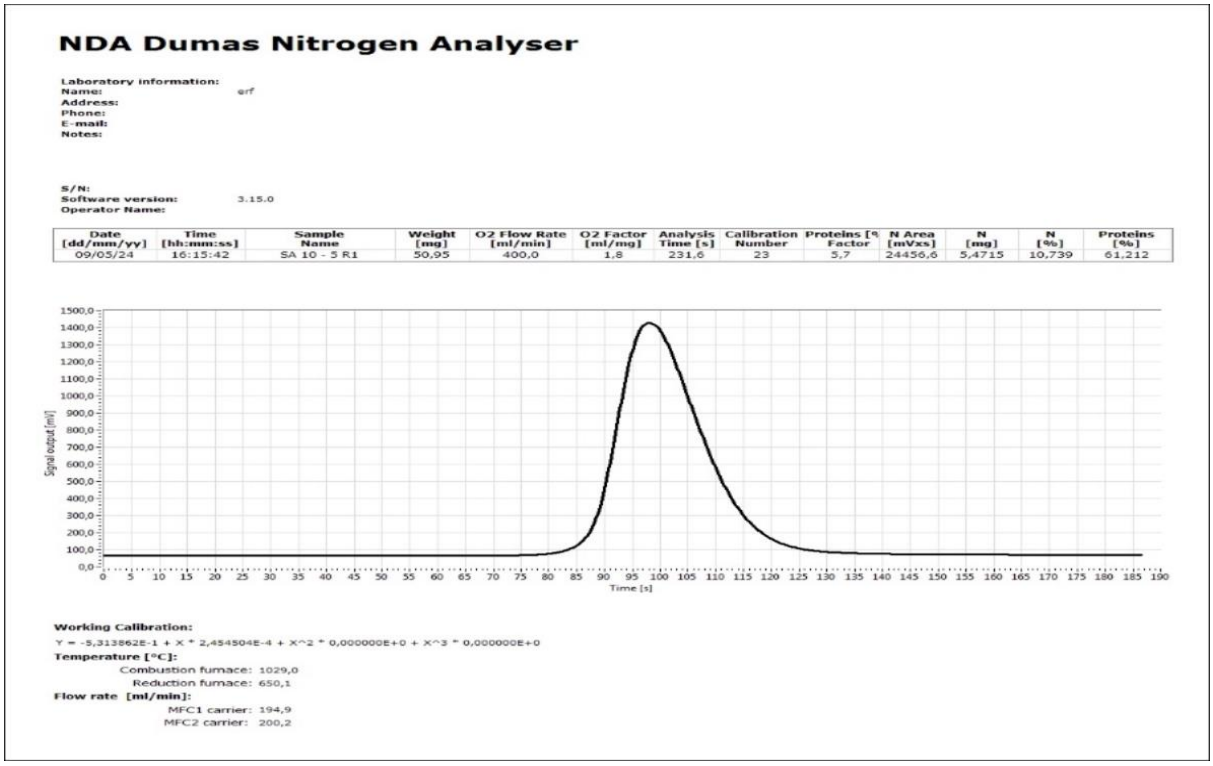
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	16:20:01	SA 10 - 5 R2	50,97	400,0	1,8	234,2	23	5,7	23997,3	5,3588	10,514	59,927

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,5
Reduction furnace: 649,9
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,7

Figura 31. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	16:15:42	SA 10 - 5 R1	50,95	400,0	1,8	231,6	23	5,7	24456,6	5,4715	10,739	61,212

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,0
Reduction furnace: 650,1
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 32. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

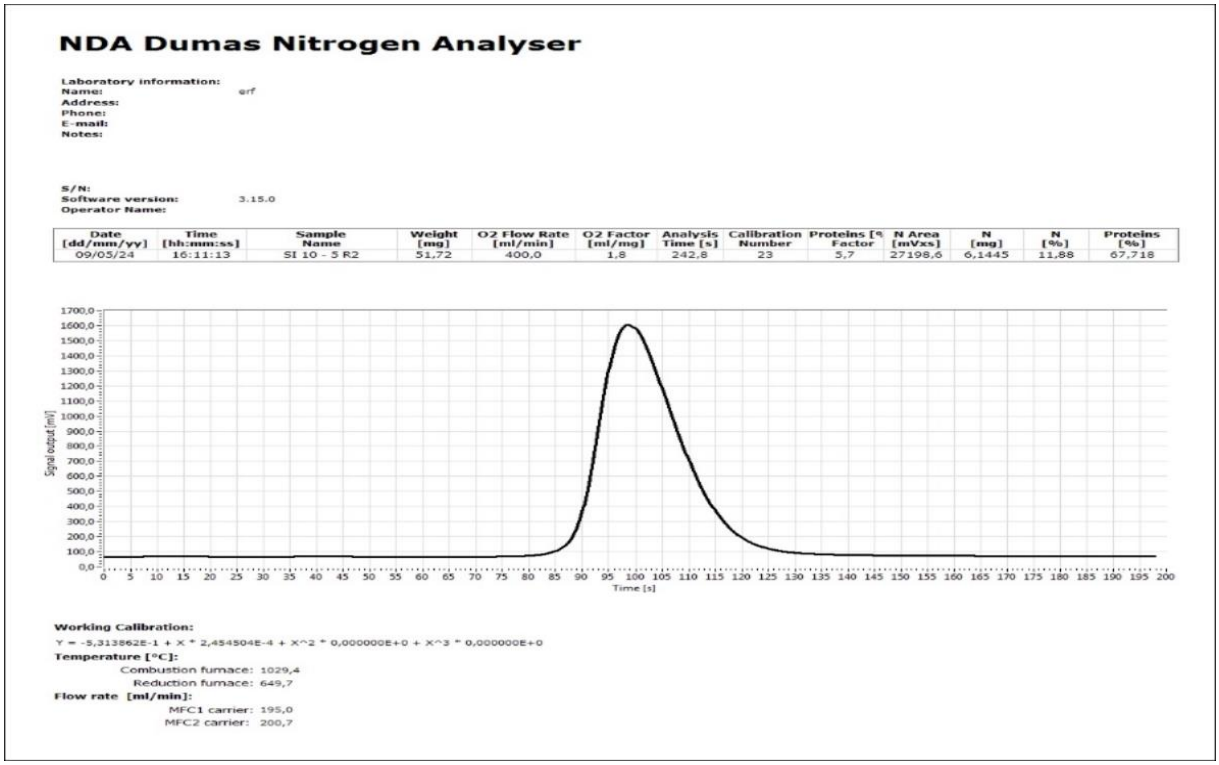


Figura 33. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

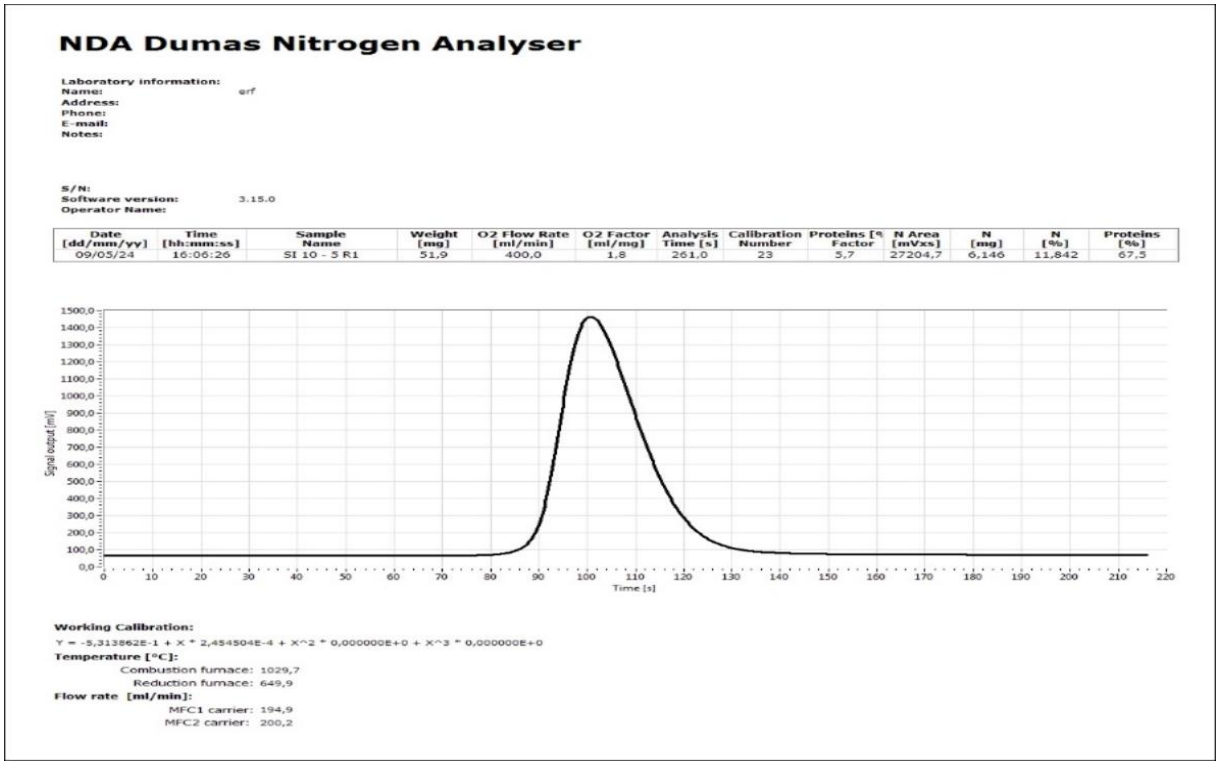


Figura 34. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

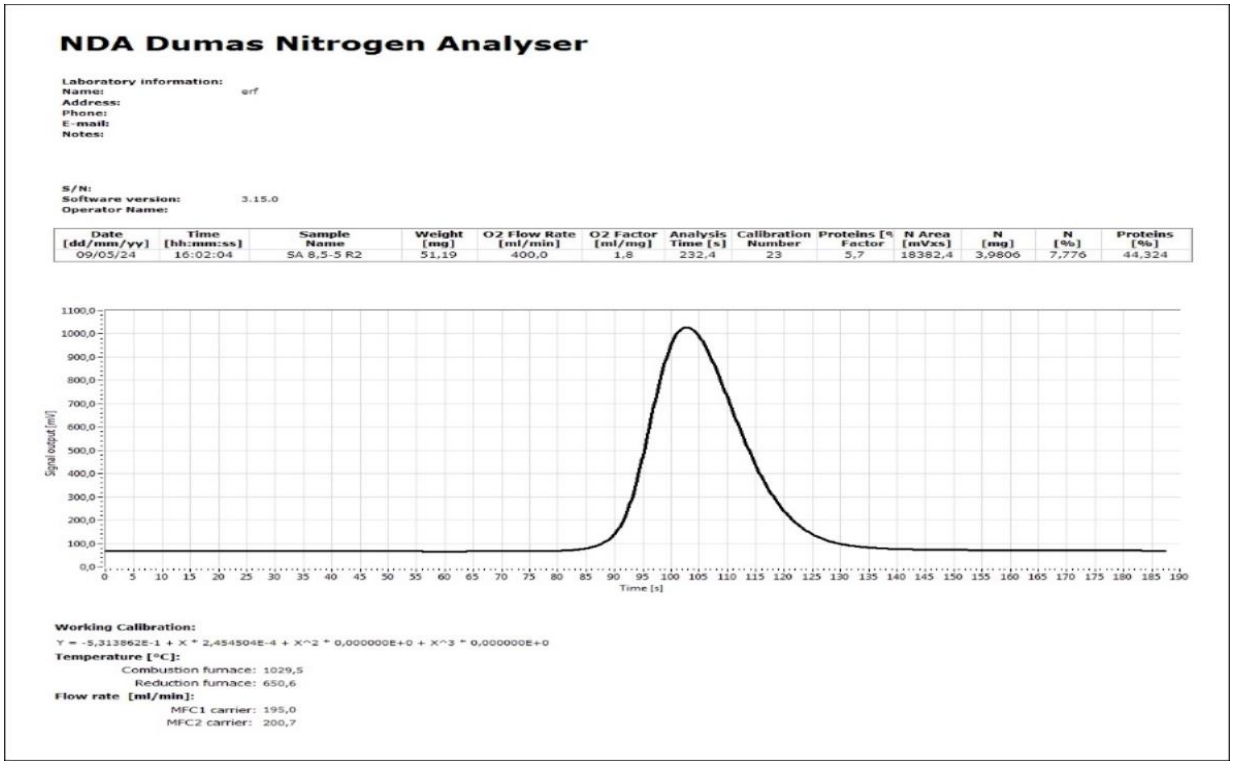


Figura 35. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

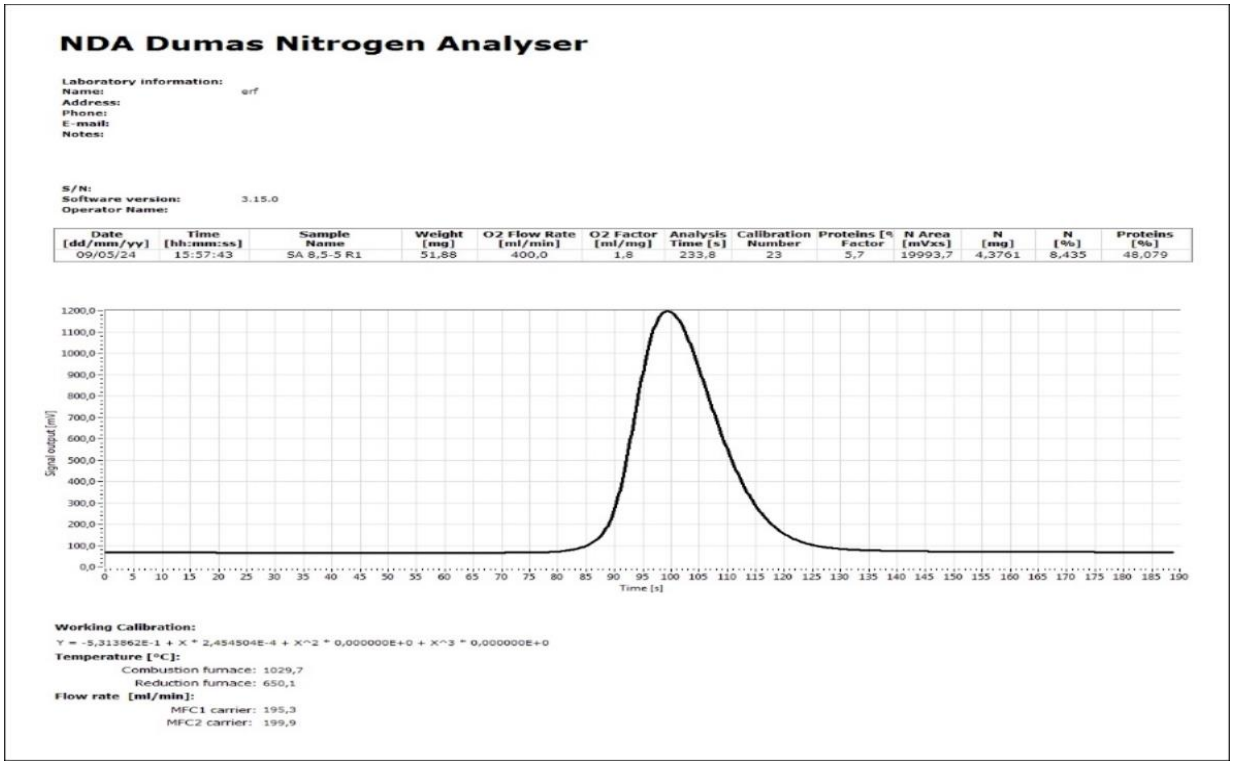
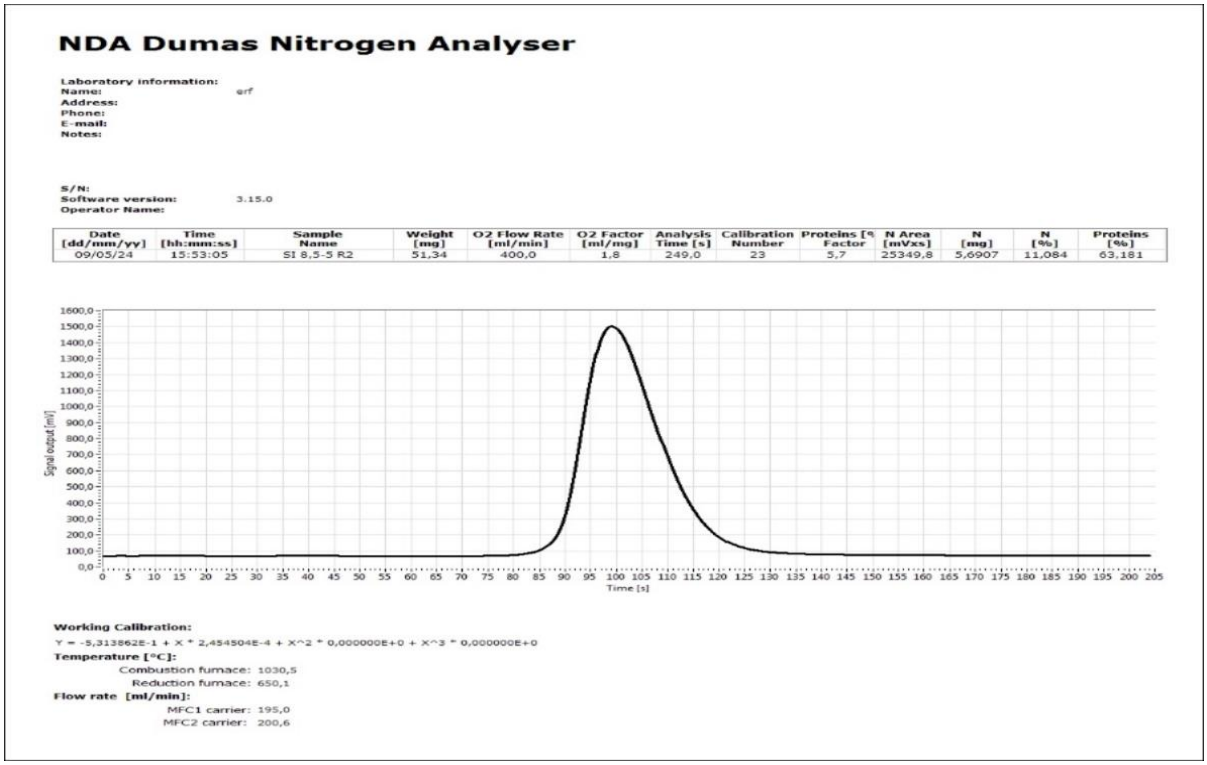


Figura 36. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

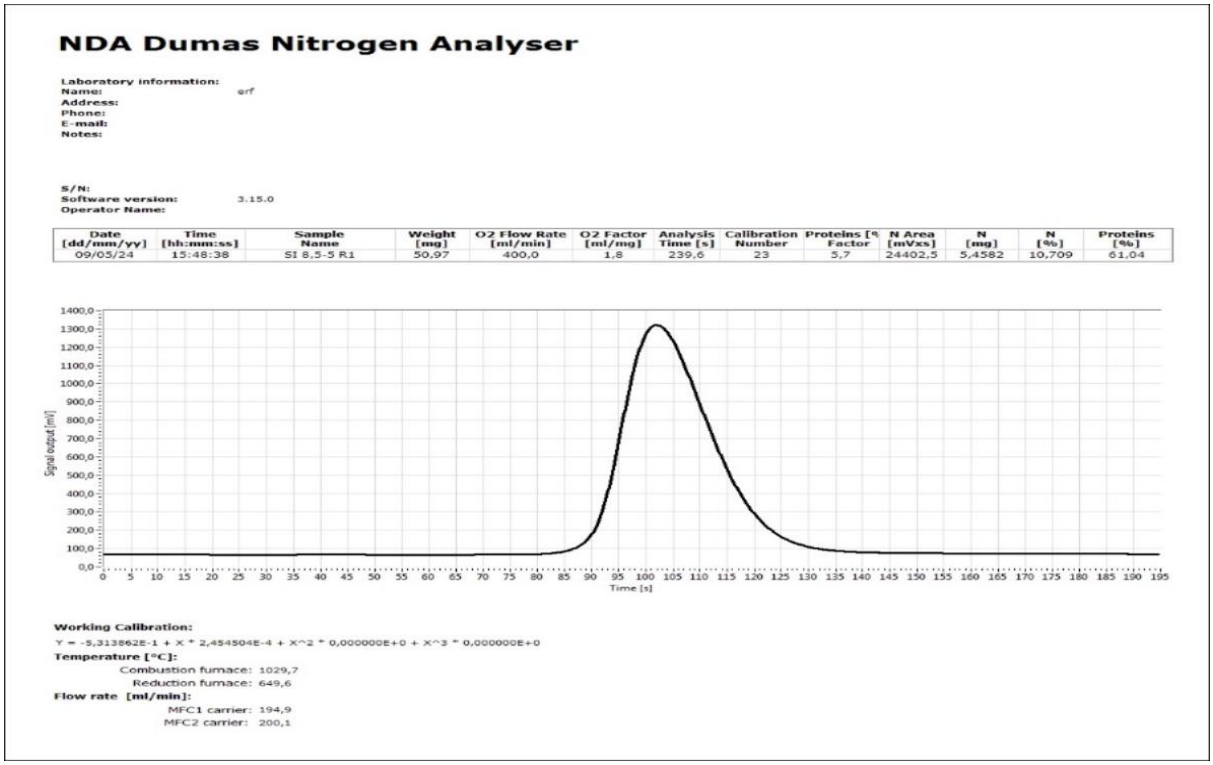
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:53:05	SI 8,5-5 R2	51,34	400,0	1,8	249,0	23	5,7	25349,8	5,6907	11,084	63,181

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,5
Reduction furnace: 650,1
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,6

Figura 37. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:48:38	SI 8,5-5 R1	50,97	400,0	1,8	239,6	23	5,7	24402,5	5,4582	10,709	61,04

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,7
Reduction furnace: 649,6
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,1

Figura 38. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

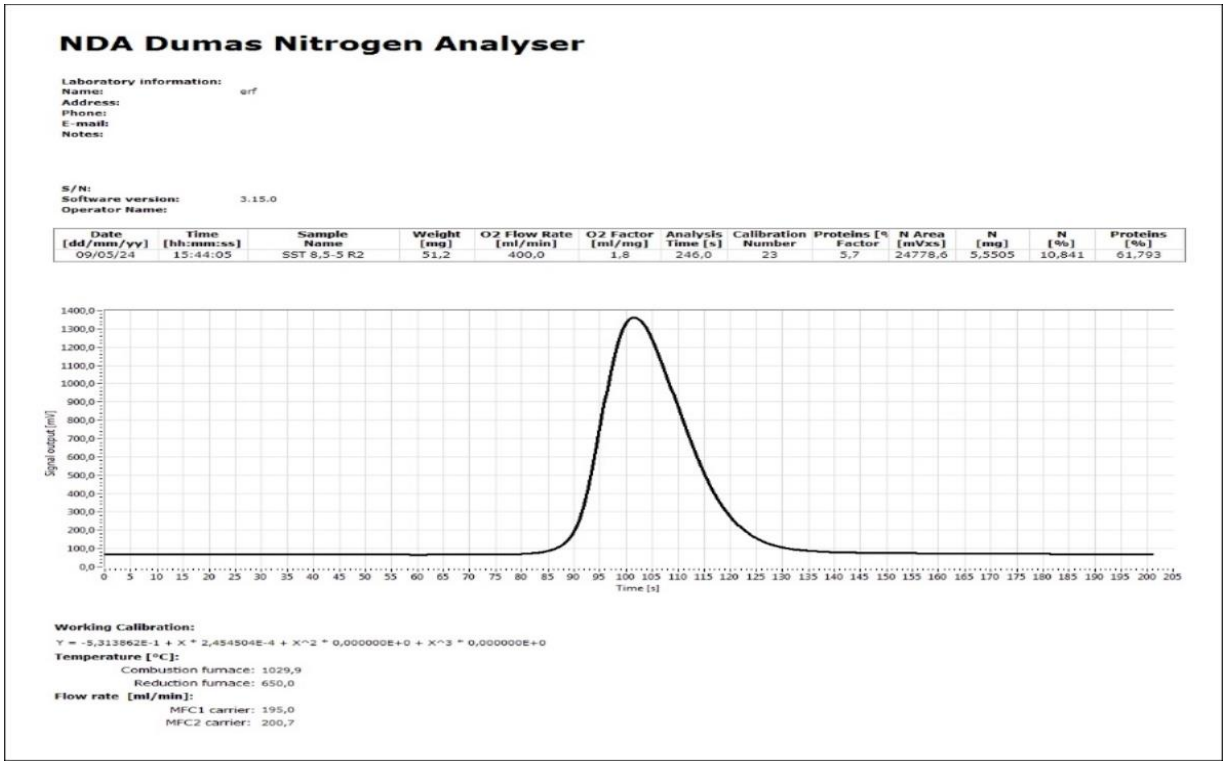


Figura 39. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

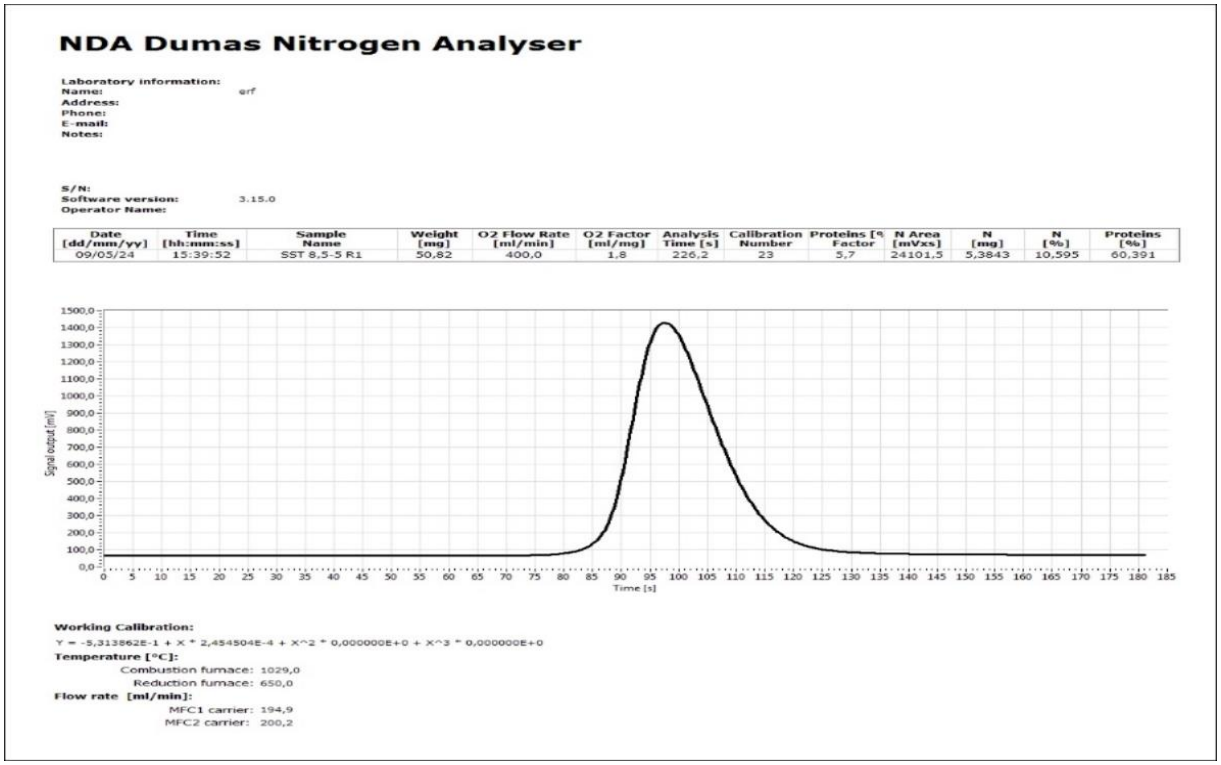
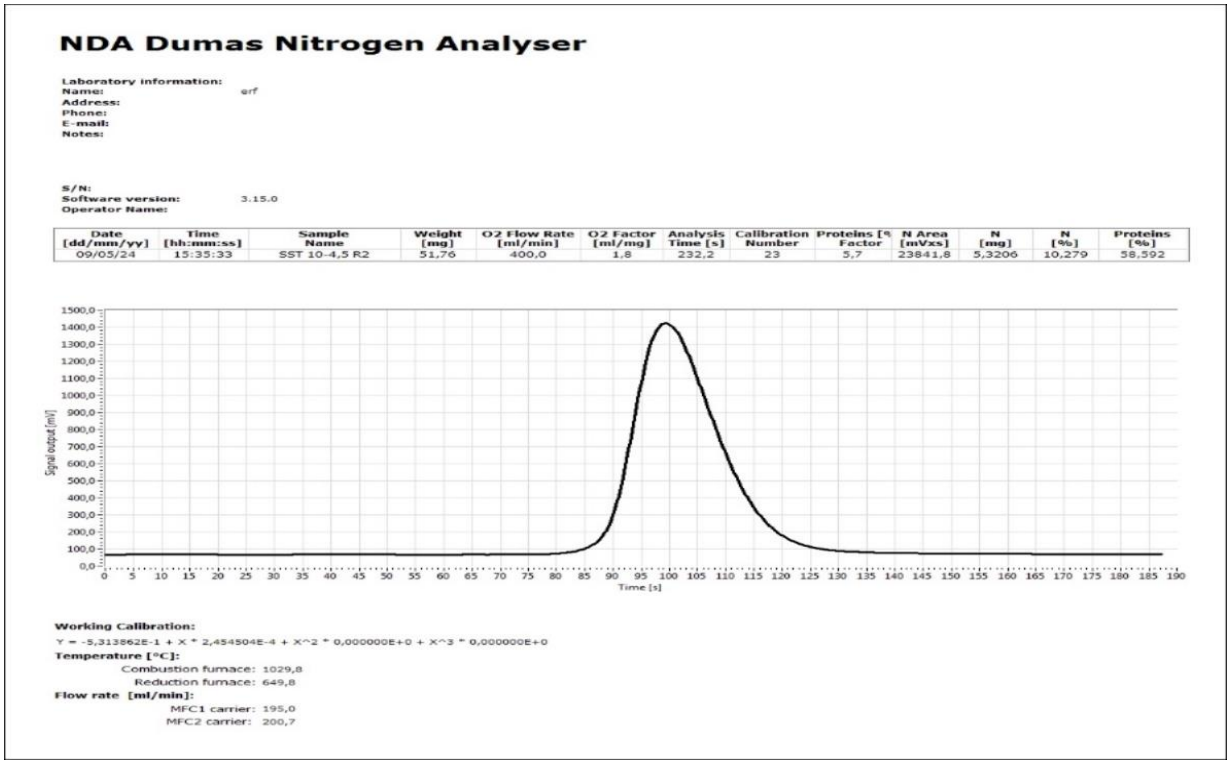


Figura 40. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

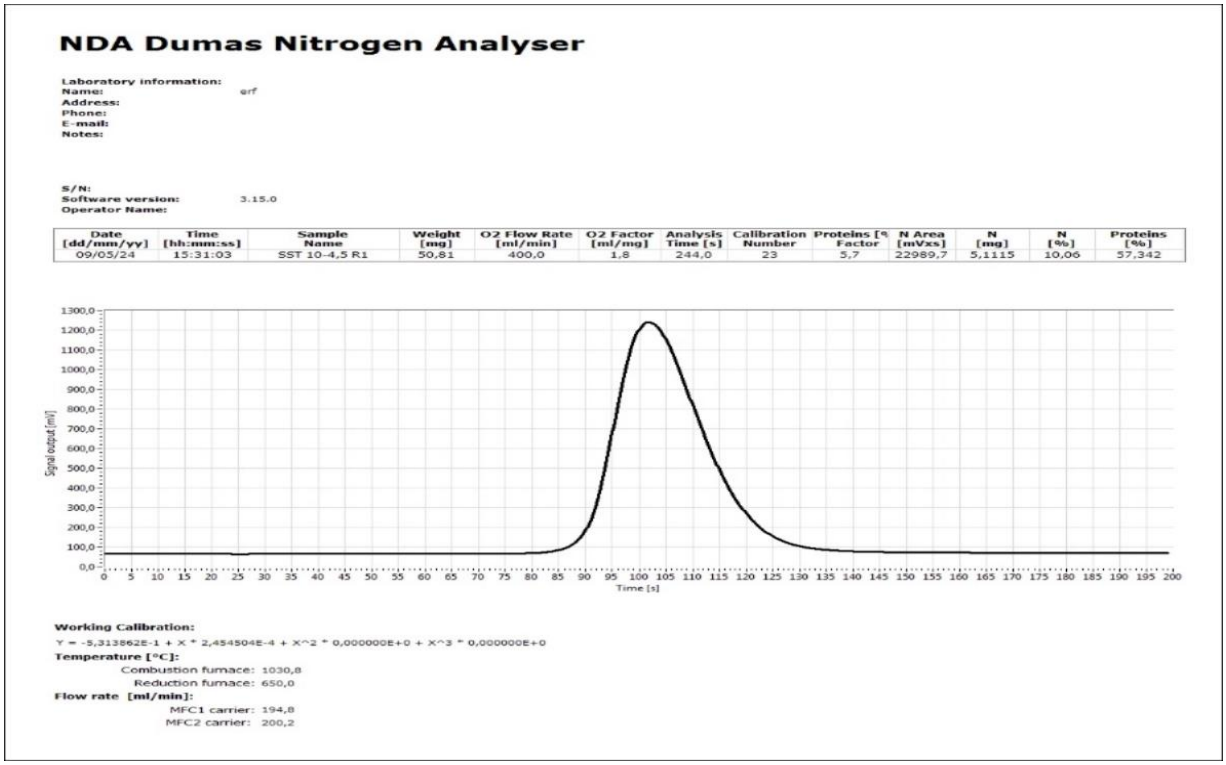
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:35:33	SST 10-4,5 R2	51,76	400,0	1,8	232,2	23	5,7	23841,8	5,3206	10,279	58,592

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,8
Reduction furnace: 649,8
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,7

Figura 41. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

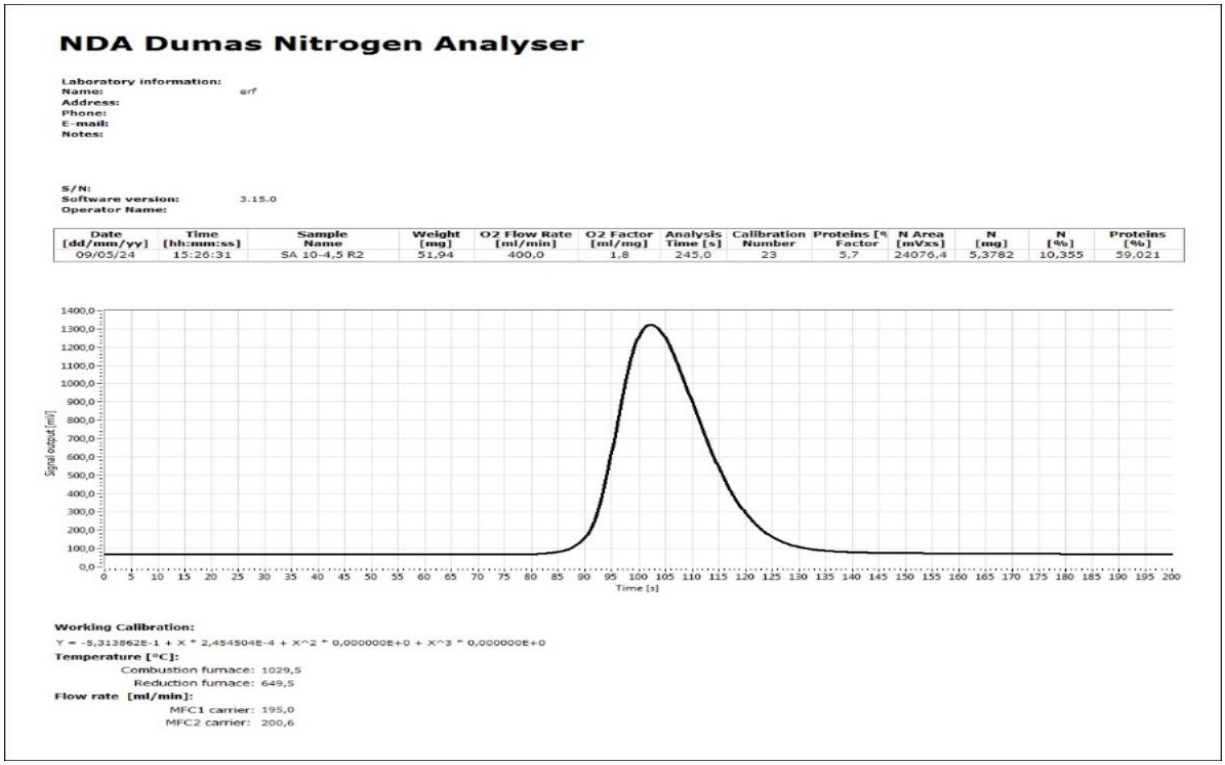
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:31:03	SST 10-4,5 R1	50,81	400,0	1,8	244,0	23	5,7	22989,7	5,1115	10,06	57,342

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,8
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,8
MFC2 carrier: 200,2

Figura 42. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

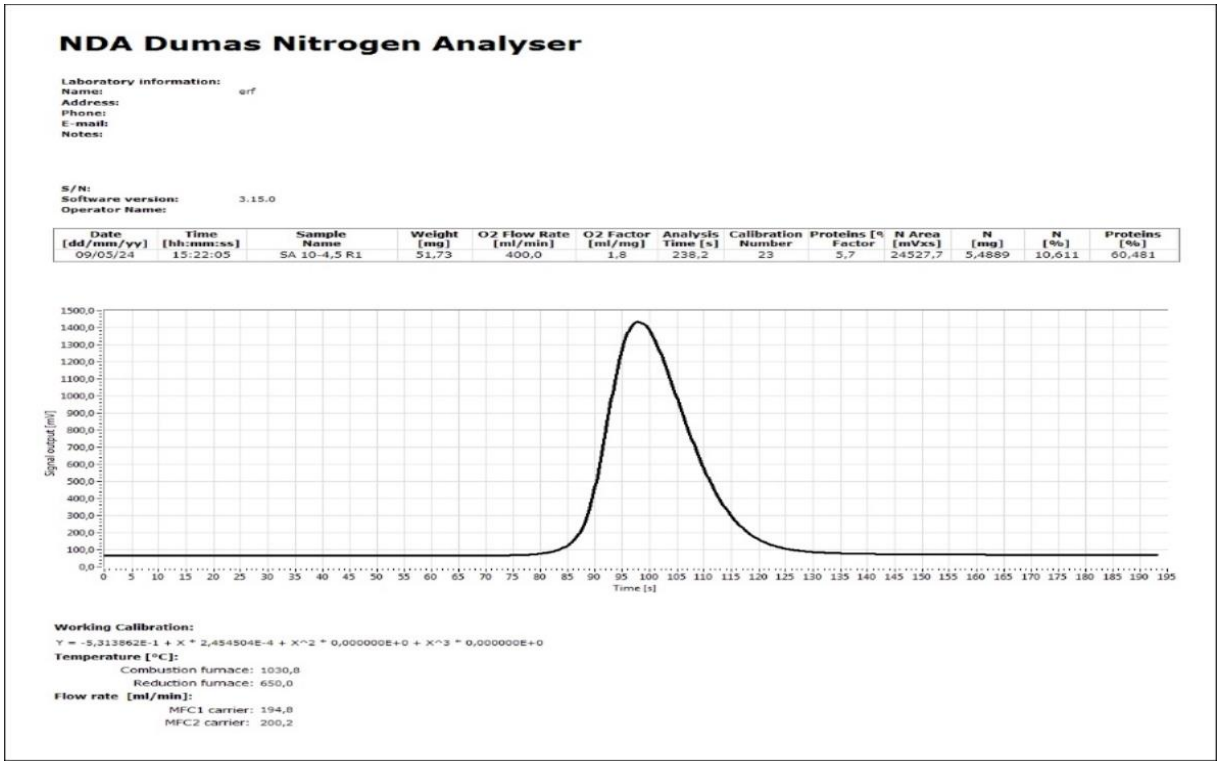
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:26:31	SA 10-4,5 R2	51,94	400,0	1,8	245,0	23	5,7	24076,4	5,3782	10,355	59,021

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,5
Reduction furnace: 649,5
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,6

Figura 43. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

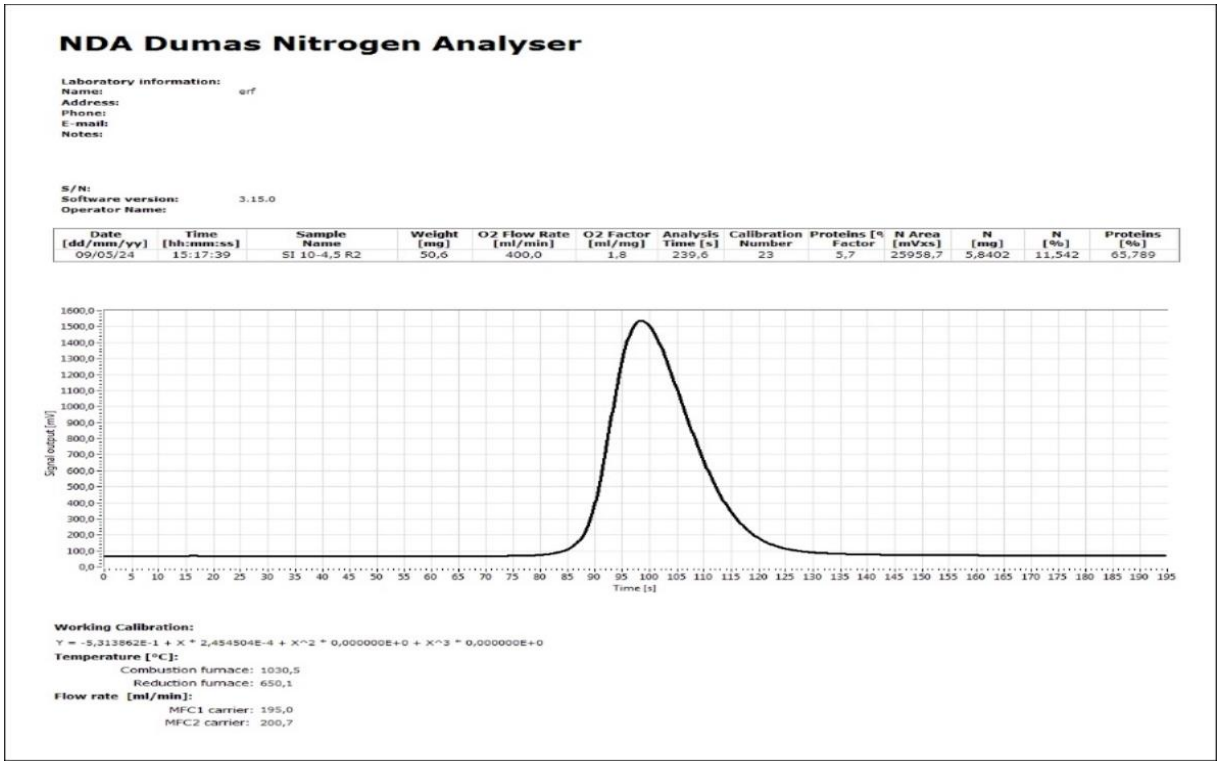
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:22:05	SA 10-4,5 R1	51,73	400,0	1,8	238,2	23	5,7	24527,7	5,4889	10,611	60,481

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,8
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,8
MFC2 carrier: 200,2

Figura 44. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

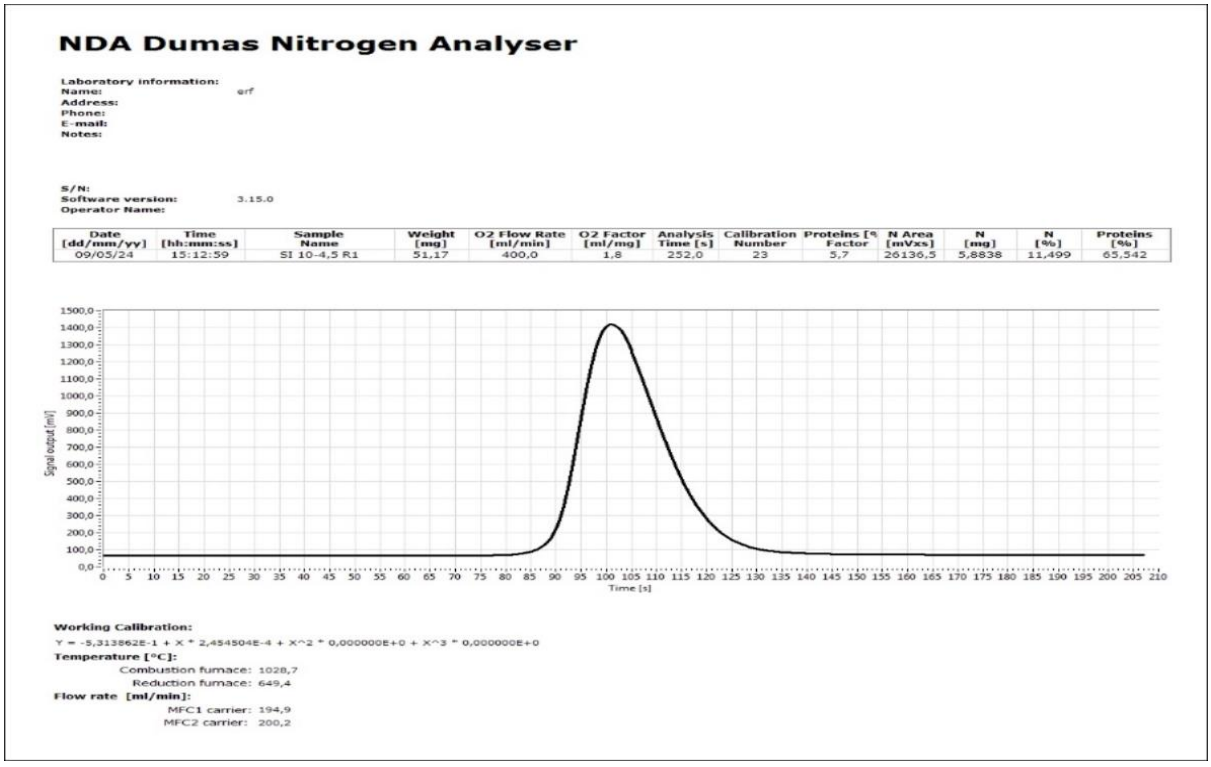
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:17:39	SI 10-4,5 R2	50,6	400,0	1,8	239,6	23	5,7	25958,7	5,8402	11,542	65,789

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,5
Reduction furnace: 650,1
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,7

Figura 45. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	15:12:59	SI 10-4,5 R1	51,17	400,0	1,8	252,0	23	5,7	26136,5	5,8838	11,499	65,542

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1028,7
Reduction furnace: 649,4
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 46. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

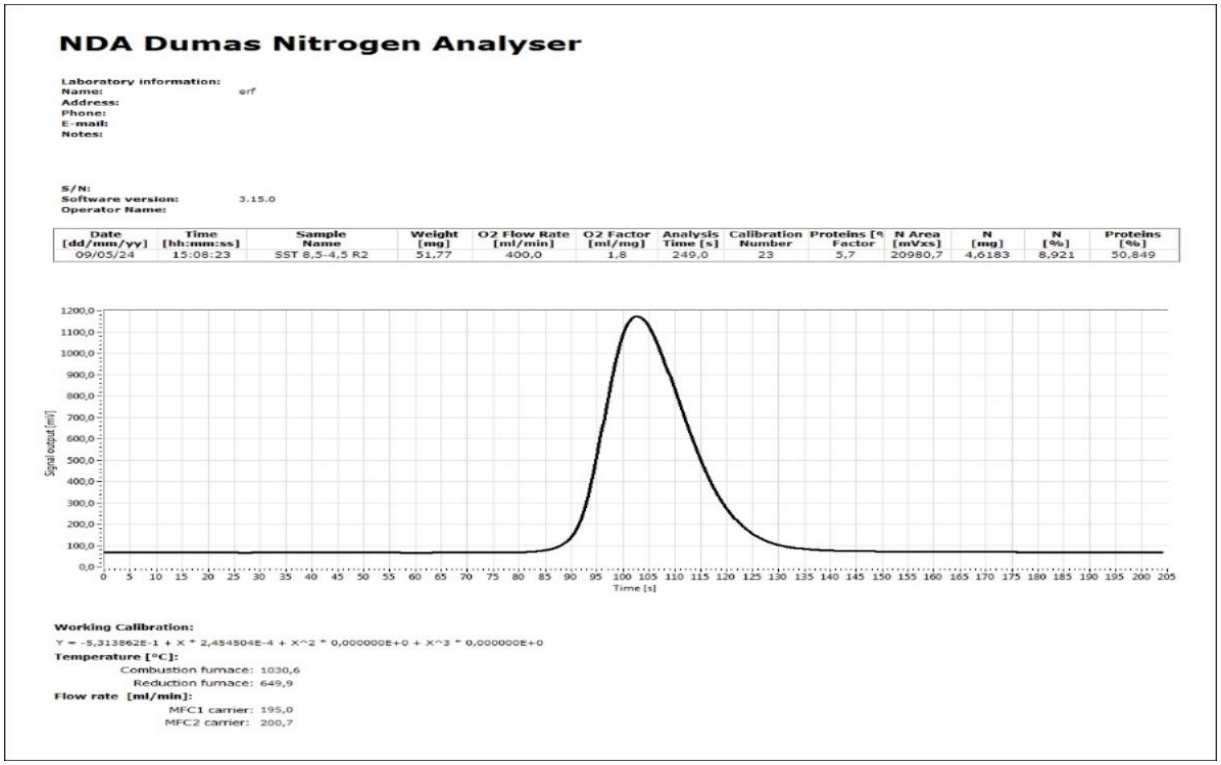


Figura 47. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

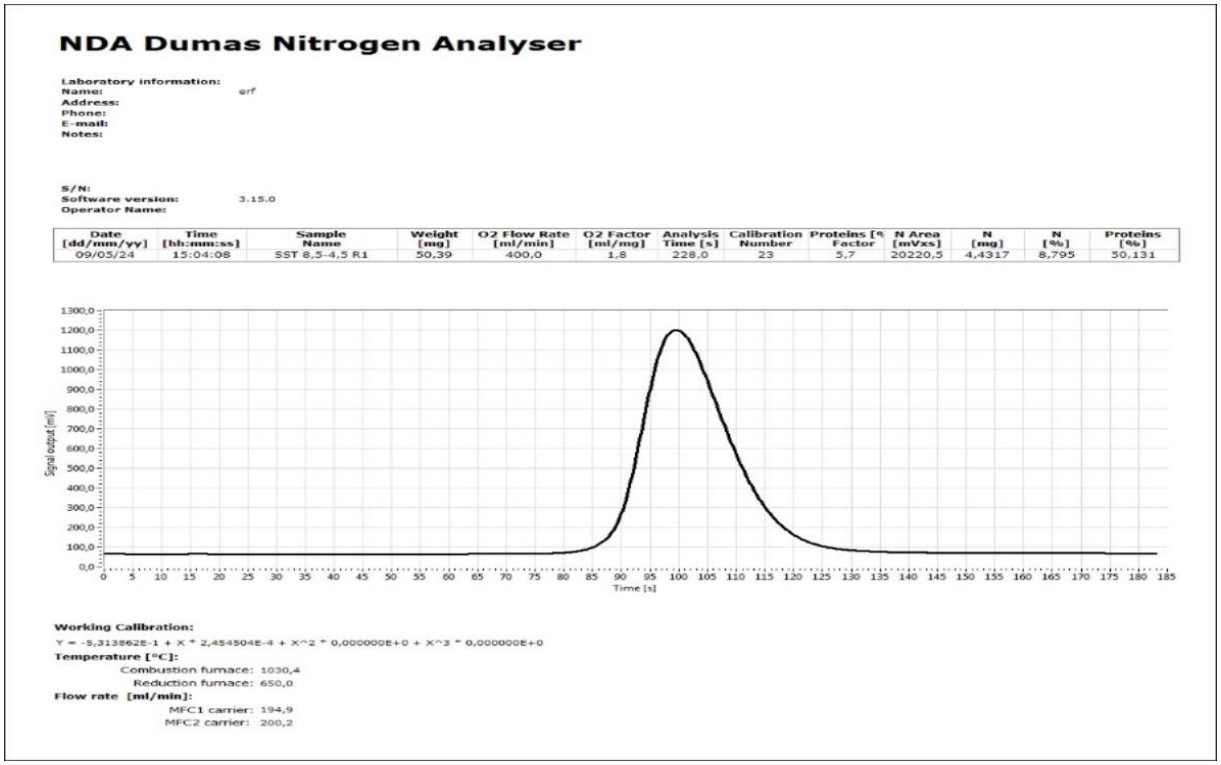
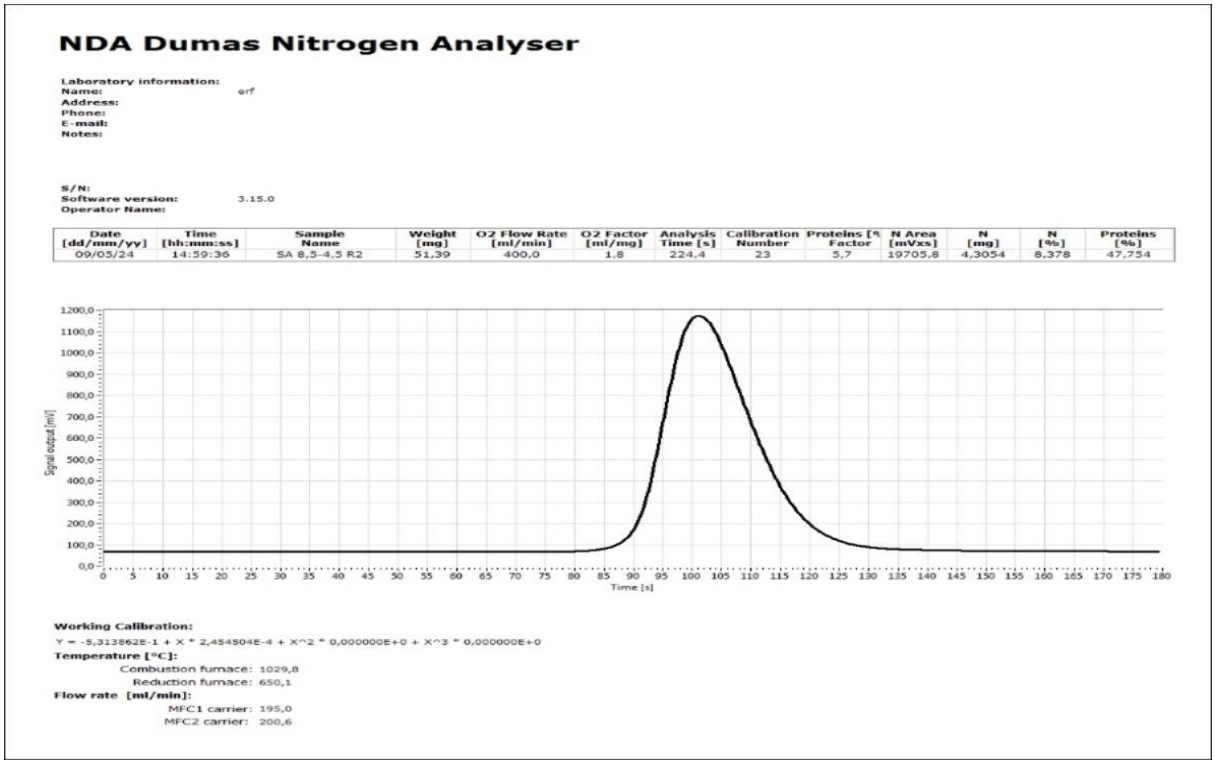


Figura 48. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

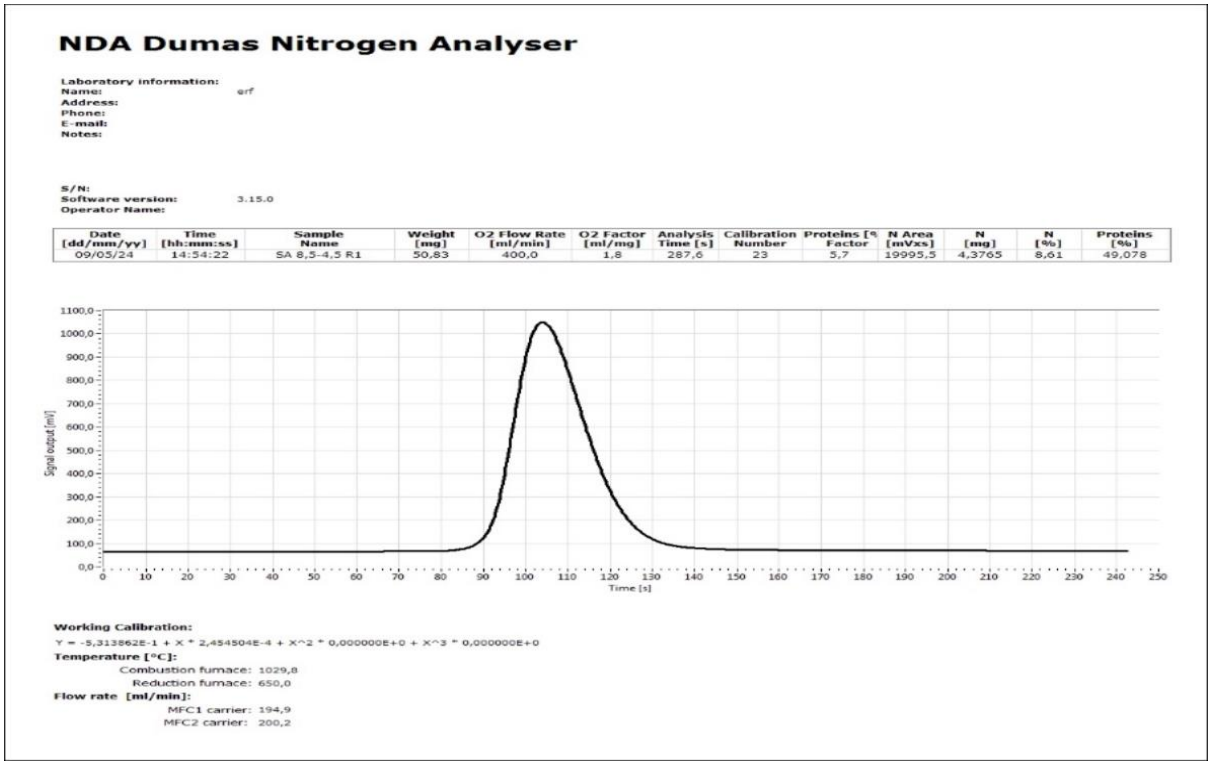
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	14:59:36	SA 8,5-4,5 R2	51,39	400,0	1,8	224,4	23	5,7	19705,8	4,3054	8,378	47,754

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,8
Reduction furnace: 650,1
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,0
MFC2 carrier: 200,6

Figura 49. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

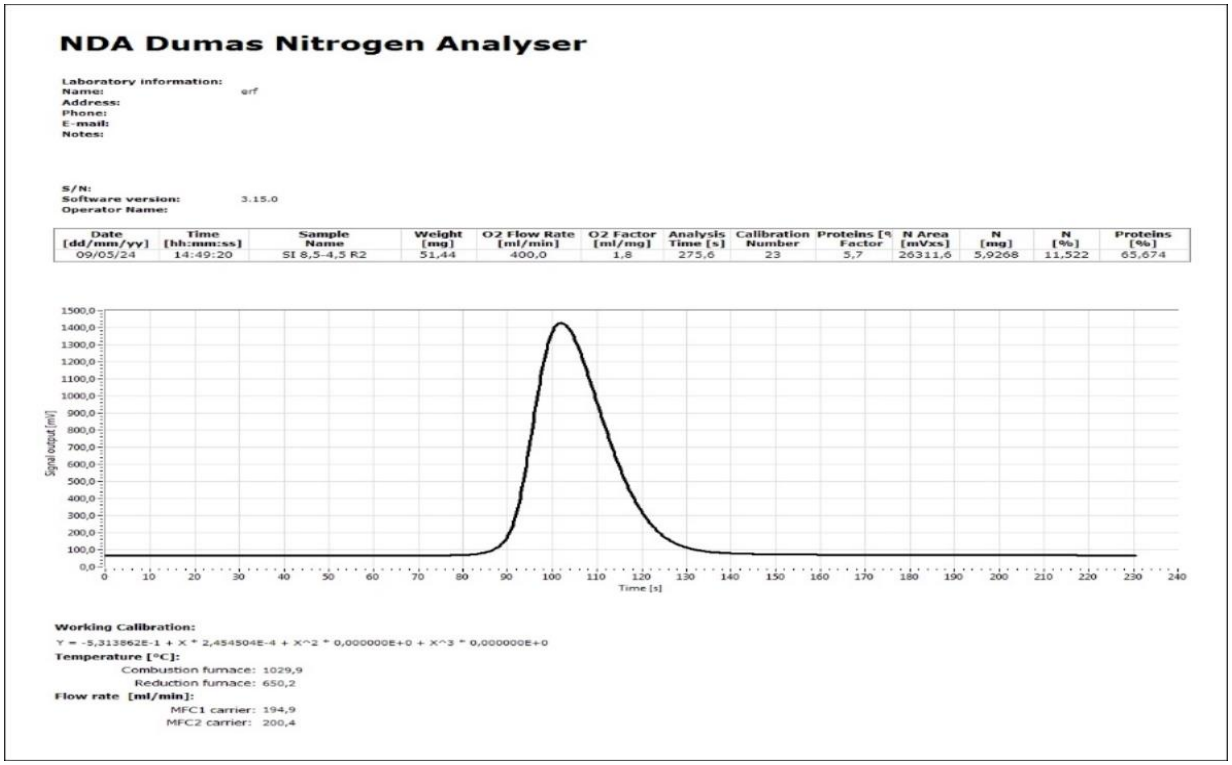
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	14:54:22	SA 8,5-4,5 R1	50,83	400,0	1,8	287,6	23	5,7	19995,5	4,3765	8,61	49,078

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,8
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 50. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

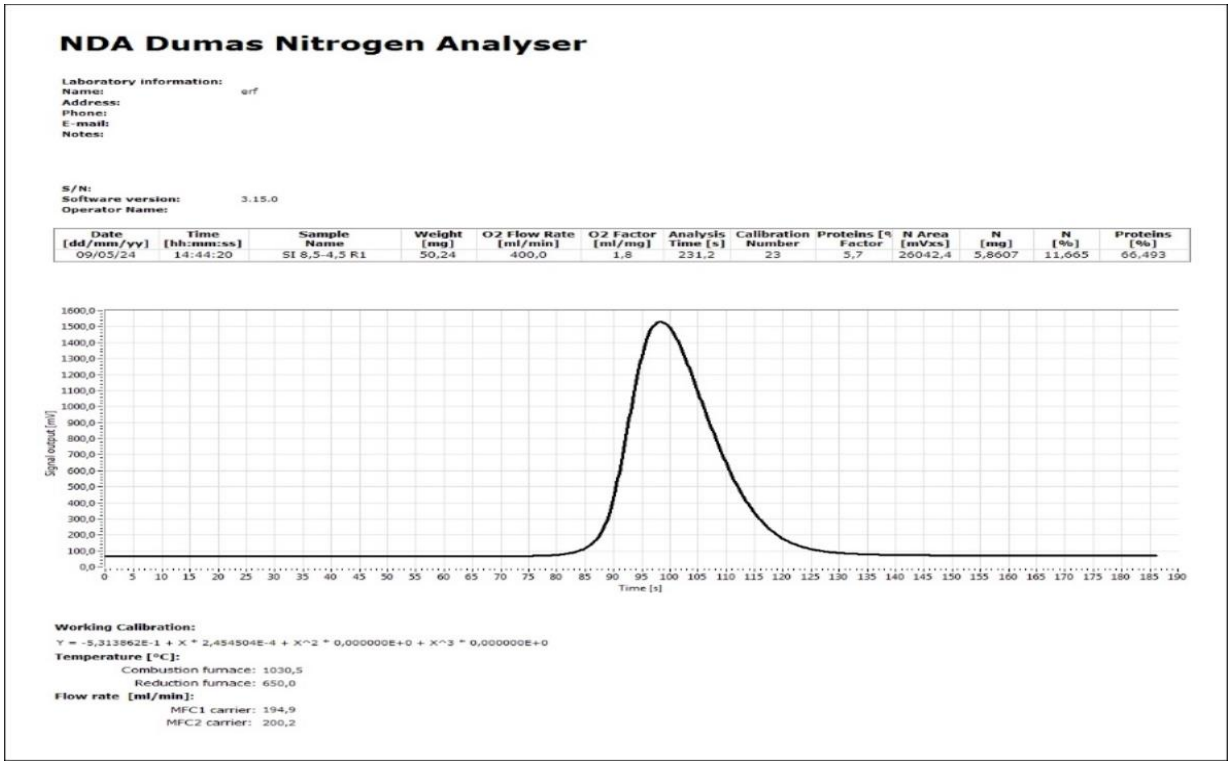
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	14:49:20	SI 8,5-4,5 R2	51,44	400,0	1,8	275,6	23	5,7	26311,6	5,9268	11,522	65,674

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,9
Reduction furnace: 650,2
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,4

Figura 51. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

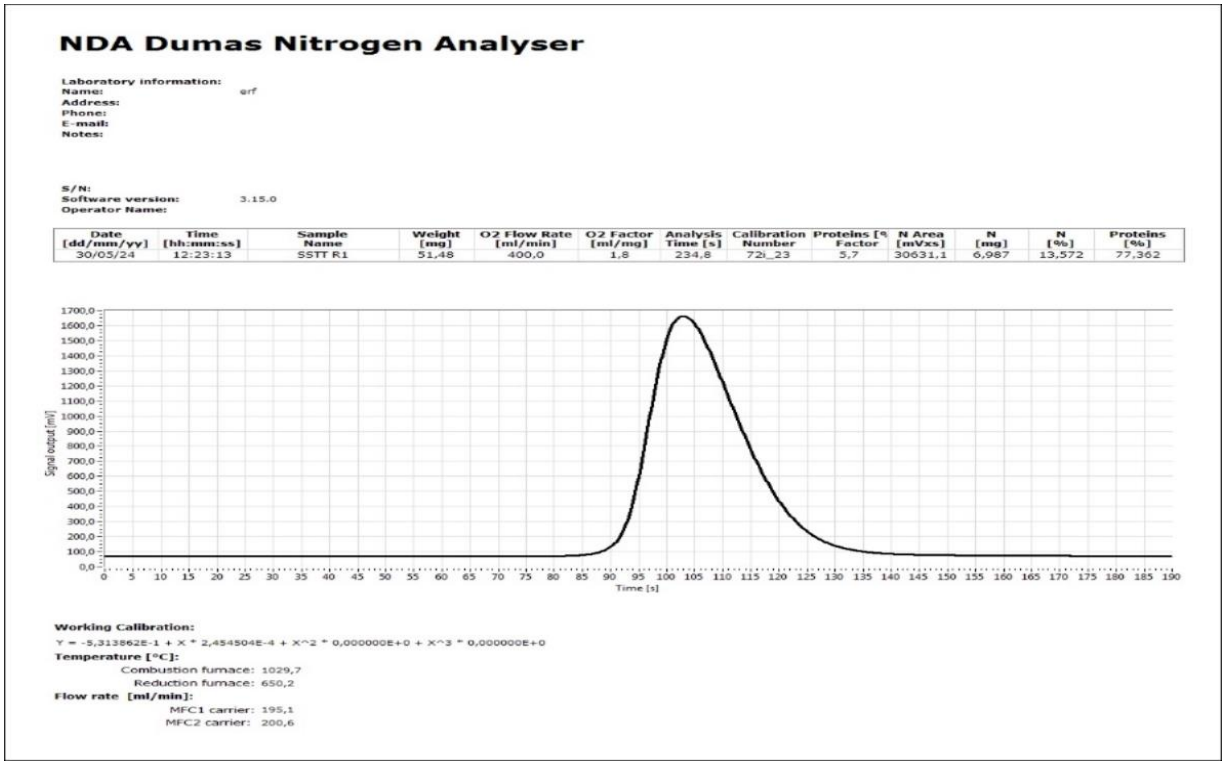
Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
09/05/24	14:44:20	SI 8,5-4,5 R1	50,24	400,0	1,8	231,2	23	5,7	26042,4	5,8607	11,665	66,493

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,5
Reduction furnace: 650,0
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 194,9
MFC2 carrier: 200,2

Figura 52. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya



NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: erf
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
30/05/24	12:23:13	SSTT R1	51,48	400,0	1,8	234,8	72i_23	5,7	30631,1	6,987	13,572	77,362

Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,7
Reduction furnace: 650,2
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 195,1
MFC2 carrier: 200,6

Figura 53. Gráfico de cuantificación de proteína del aislado de soya

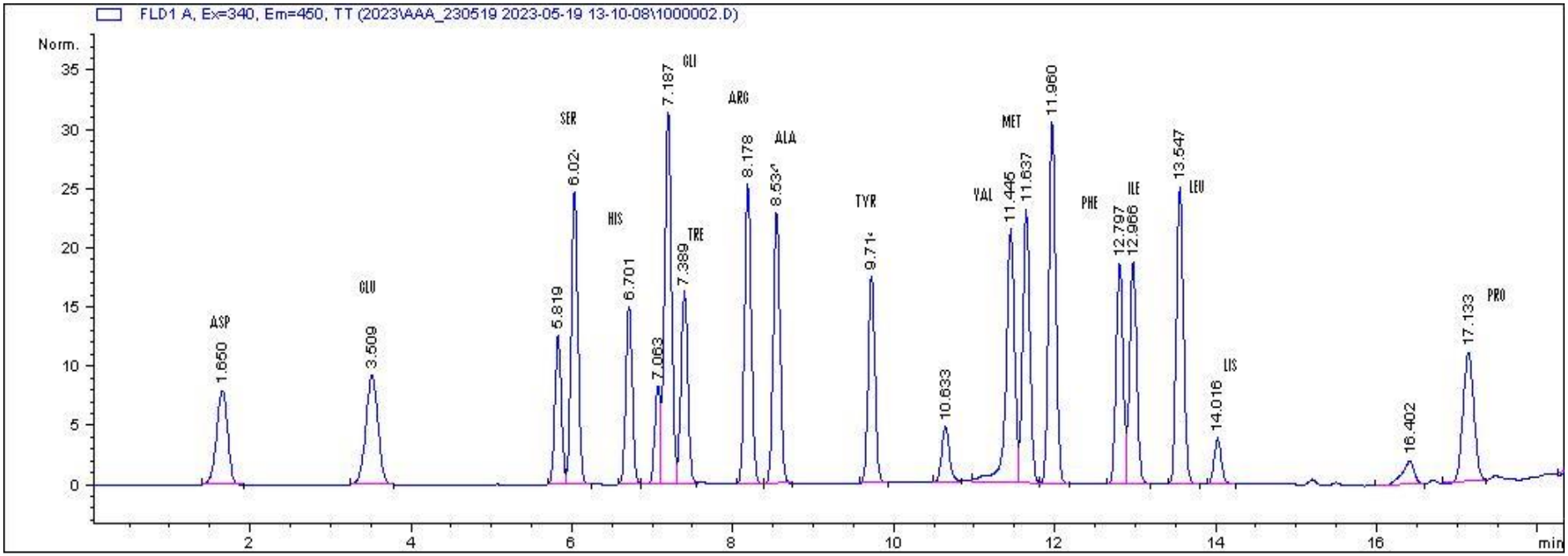


Figura 54. Cromatograma del análisis de detección de AA