Artículo corto

Práctica de la reacción de la ninhidrina: un análisis cualitativo de aminoácidos

Ninhydrin reaction practice: a qualitative analysis of amino acids

Roger Alberto Rabelo Florez[1], Marfa Isabel Bustos Castro[2], Daniela Esther Torres Meza[3], Luisa Fernanda Valencia Soto[4], Viviana Julieth Pérez Valencia[5], Adrian Javier Daza Fajardo[6], Silvia Andreina Nieto Benjumea[7], Megan Johana Pascagaza Monsalve[8], Yarelis Pérez Vega[9], Mabys Patricia Sánchez Celis[10], Bleidis Elena De Ángel Mendoza[11], Shaira Castillejo Puello[12], Yiceth Arrieta De la Rosa[13], Yesica Paola Vargas Delgado[14], Yerlin Dayana Delgado González[15], Elizabeth Arias Becerra[16], Sandys Camacho Barraza[17], Fabrizio José Alvarado Andrade[18], Andrea Camila Ortiz Jiménez[19], Jasmin Katerine Rada Weber[20]

Recibido: 7 de septiembre de 2026
Aceptado: 12 de noviembre de 2026

Resumen

Introducción. La reacción de la ninhidrina es un ensayo colorimétrico para detectar aminoácidos libres, esta reacción transforma aminas primarias en un color púrpura de Ruhemann. **Objetivo.** El presente estudio tuvo como objetivo identificar la presencia de aminoácidos en cuatro muestras biológicas. **Metodología.** Se utilizaron 4 tubos de ensayo debidamente rotulados.Se agregó 1.5 ml de glicina, tirosina, albúmina y leche respectivamente, luego se agregó 2 ml el reactivo de ninhidrina y se llevaron agua hirviendo por 10 minutos. **Resultado.** Se obtuvo que el tubo 1 con tirosina reaccionó positivamente. En el tubo 2 con albúmina dio positivo. En el tubo 3 con glicina su resultado fue positivo, en el tubo 4 con leche dio positivo. **Discusión.** La ninhidrina realiza una reacción química con la tirosina principalmente por su grupo α-amino libre, no por el anillo fenólico. La reacción química de la ninhidrina con grupos amino primarios de fácil acceso a la proteína de la albúmina de huevo, en gran manera el α-amino y, en proteínas aminoácidos libres como los de lisina. El reactivo ataca al grupo amino de la glicina, produciendo una base de Schiff/intermedio imínico, desaminación oxidativa y descarboxilación. La ninhidrina presentó una reacciona con las proteínas de la leche, en sus grupos aminoácidos primarios de fácil acceso (α-amino y ε-amino de lisina). **Conclusión.** La prueba de ninhidrina demostró ser un método altamente efectivo para la identificación cualitativa de aminoácidos y grupos amino libres en diversas matrices biológicas.

Palabras clave: Albúmina; Aminoácidos; Glicina; Reacción de Ninhidrina; Tirosina.

Abstract

Introduction. The ninhydrin reaction is a colorimetric assay used to detect free amino acids, transforming primary amines into Ruhemann's purple. **Objective.** The present study aimed to identify the presence of amino acids in four biological samples. **Methodology.** Four properly labeled test tubes were used. A volume of 1.5 mL of glycine, tyrosine, albumin, and milk was added

to each respective tube; subsequently, 2 mL of ninhydrin reagent was added, and the mixtures were placed in a boiling water bath for 10 minutes. **Results.** Tube 1 containing tyrosine reacted positively. Tube 2 with albumin yielded a positive result. Tube 3 with glycine showed a positive reaction, and Tube 4 with milk was also positive. **Discussion.** Ninhydrin undergoes a chemical reaction with tyrosine primarily through its free α-amino group, rather than the phenolic ring. In egg albumin, ninhydrin chemically reacts with easily accessible primary amino groups in the protein—predominantly the α-amino group and free amino acid residues such as lysine. The reagent attacks the amino group of glycine, generating a Schiff base/imine intermediate, followed by oxidative deamination and decarboxylation. Regarding milk proteins, ninhydrin reacted with accessible primary amino groups (α-amino and ε-amino of lysine). **Conclusion.** The ninhydrin test proved to be a highly effective method for the qualitative identification of amino acids and free amino groups across various biological matrices.

Keywords: Albumin; Amino acids; Glycine; Ninhydrin reaction; Tyrosine.

1. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA), Grupo de investigación TECNNOSALUD. Colombia.
Correo electrónico: roger.rabelo@unad.edu.co
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5247-8888

2. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: bustomarfa@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-7308-9655

3. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: danielatorres1007@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0753-3482

4. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: luisavalencia2412@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-1973-0666

5. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: vivijperez4@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5512-2068

6. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: adriandaza996@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-0007-4583

7. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: sanietobejumea@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6683-7514

8. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: meganjohanamonsalve@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7583-8754

9. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: perezvegayarelis@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-0960-9571

10. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: mabissanchez2016@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-7800-882X

11. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: bleidis.1988@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1840-3840

12. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: scastillejopuello@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-8557-510X

13. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: yisetharrieta2015@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-6451-0731

14. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: vargasyesica311@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-5350-9299

15. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: yddelgado1@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-1977-249X

16. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: elizabetarias3@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-0696-6926

17. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: sandycamachobarraza@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-1284-589X

18. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: unisio27@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5059-0571

19. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: andreaortiz1611@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-6215-8159

20. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA). Colombia.
Correo electrónico: jazrada@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3523-6023

Introducción

En los laboratorios de la Escuela Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, además de ser un escenario de aprendizaje para los estudiantes, también es una oportunidad para producir productos tipología MinCiencias. La orientación institucional nos impulsa a cumplir con la responsabilidad sustantiva, que es la investigación formativa. Todo esto promueve al dinamismo del trabajo fundamentada en innovación, la curiosidad y la capacidad de identificar oportunidades de mejora, desde esta perspectiva el ejercicio docente e investigativo, implica no solo desarrollar las actividades establecidas, sino también analizar los resultados, plantear interrogantes y proponer alternativas que contribuyan al fortalecimiento de los procesos académicos y científicos, generando un trabajo con propósito.

El Trabajo Inteligente y Productivo - TIP se organiza, en una directriz que refuerza la inteligencia, la inquietud de conocer y la creatividad; el trabajo con inteligencia identifica las oportunidades de mejora de nuestra labor como docente investigador y busca respuestas y nuevos caminos (1). En ese orden, este trabajo organiza el resultado de una metodología del laboratorio de bioquímica, exactamente el ensayo de la reacción de la Ninhidrina.

Los aminoácidos son los monómeros de las proteínas; se enlazan a través uniones peptídicos para sintetizarlas; cada aminoácido está constituido por un carbono α enlazado a un grupo amino, carboxilo, hidrógeno y una cadena lateral R (2). La gran mayoría de los aminoácidos son obtenidos por transaminación mediante reacciones intermedias como piruvato, oxaloacetato y α-cetoglutarato, que vienen de glucólisis y del ciclo de Krebs (3).

Los aminoácidos se clasifican en esenciales, semi-esenciales y no esenciales (2). Los aminoácidos esenciales no se producen en cantidad necesaria en humanos y necesitan aporte diario a través de la ingesta de alimentos (4). Los aminoácidos no esenciales sí logran sintetizarse, sin embargo su síntesis depende de la situación metabólica, del equilibrio nitrogenado y de la facilidad de acceso de los precursores (5). Los aminoácidos semi-esenciales el cuerpo humano puede sintetizarlos, pero en situaciones de crecimiento, enfermedad o estrés su síntesis no es suficiente y deben suministrarse por dieta o suplementación (6).

En este ensayo de laboratorio, utilizamos dos aminoácidos (tirosina y glicina), una proteína (albúmina de huevo) y una muestra de alimento la leche. La tirosina es un aminoácido que forma parte de las proteínas y es producida a partir de la fenilalanina (7), posee una estructura común con un carbono central unido a un grupo amino, un grupo carboxilo, un hidrógeno y una cadena lateral R, la cadena lateral incluye un anillo aromático con un grupo hidroxilo (2). En cambio la glicina incluye un grupo amino, un grupo carboxilo y una cadena lateral pequeña el cual es un hidrógeno (8). La albúmina de huevo es una parte proteica de la clara, constituida principalmente por ovoalbúmina (9). La ovoalbúmina contiene aproximadamente la mitad o más de las proteínas de la clara y es una proteína globular fosfoglucoproteica de unos 44.5–45 kDa con alrededor de 385 aminoácidos (10). La leche de vaca es una secreción nutritiva de color blanco opalescente producida por las glándulas mamarias de las vacas (*Bos taurus*) (11). La proteína contenida en la leche del ganado vacuno es del 3,5%; las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas y proteínas séricas (20%) (12).

La reacción de la ninhidrina es un ensayo colorimétrico para detectar aminoácidos libres, esta reacción transforma aminas primarias en un color púrpura de Ruhemann, mientras que las aminas secundarias como prolina e hidroxiprolina suele dar un producto amarillo (13). También la ninhidrina detecta grupos α-amino libres en péptidos y proteínas, especialmente en N-terminales y en amino grupos libres de residuos como lisina (6). La ninhidrina genera una reacción química con un grupo α-amino para formar el cromóforo púrpura de Ruhemann, la cual es el soporte de la señal violeta/púrpura (14). El nivel de intensidad del color está condicionado por el pH, tampón, solvente, temperatura, tiempo de incubación y concentración de reactivos (15). El presente estudio tuvo como objetivo identificar la presencia de aminoácidos en diferentes muestras biológicas.

Materiales y Metodología

Los materiales y reactivos usados en la identificación cualitativa de proteínas, según la reacción de Biuret fueron:

- 4 Tubos de ensayo (140 mm*14 mm)
- 1 Pinza para tubos
- 2 Vasos de precipitado de 500 ml
- 1 Plancha de agitación y calentamiento
- 1 balanza analitica
- 1 Gradillas

- 3 Pipetas Pasteur con bulbo Pera de goma para pipetas
- 3 Pipetas de vidrio de 1 ml
- Reactivo de Ninhidrina
- Tirosina
- Glicina
- Albumina de huevo
- Leche

Procedimiento a realizar para la reacción de Reacción de Ninhidrina:

Los 4 tubos de ensayo se rotularon según la muestra biológica utilizada. Luego se organizó una gradilla con estos 4 tubos de ensayo. En el primer tubo de ensayo se agregó 1,5 mL de tirosina al 1 % p/v, en el segundo tubo de ensayo se vertió 1,5 mL de albúmina de huevo, en el tercer tubo de ensayo se agregó 1,5 mL de glicina al 1 % p/v y en el cuarto tubo de ensayo se agregó 1,5 mL de leche entera (ver figura 1). Posteriormente se adicionó a todos los tubos de ensayo 1 mL de reactivo de ninhidrina (ver figura 2). Posteriormente se colocaron en un baño de agua hirviendo por 10 minutos (ver figura 3). Los reactivos utilizados fueron suministrados por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.



Figura 1. Soluciones utilizadas en la prueba de la Ninhidrina

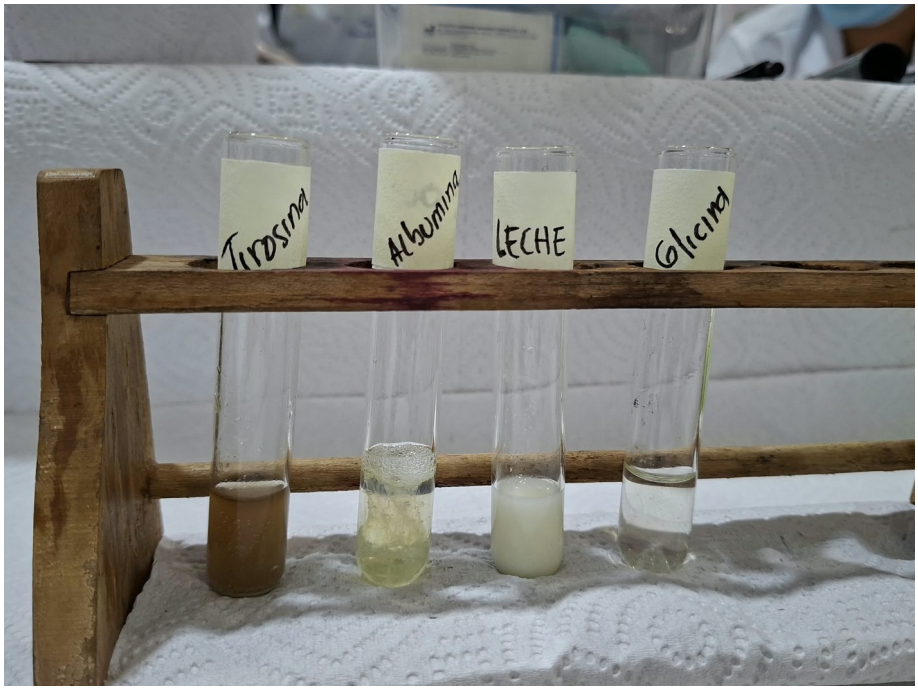


Figura 2. Muestras biológicas antes de agregarles el reactivo de la Ninhidrina



Figura 3. Muestras biológicas en baño de Maria hirviente con el reactivo de la Ninhidrina agregado, se observo inicio del cambio de color.

Resultados

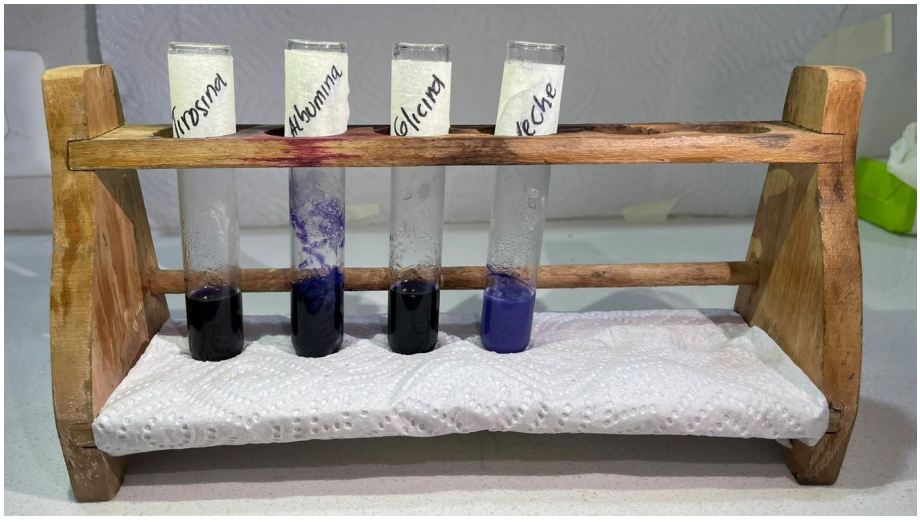


Figura 4. Reacción de Ninhidrina. De izquierda a derecha, tirosina color púrpura (positivo), albúmina de huevo color púrpura (positivo), glicina color púrpura (positivo). y leche color púrpura (positivo).

En la figura 4, se observó que el tubo 1 con tirosina presentó una coloración púrpura intenso evidenciando la presencia de aminoácidos (positivo). En el tubo 2 con albúmina de huevo se notó una coloración púrpura indicando la presencia de aminoácidos (positivo). En el tubo 3 con glicina mostró una coloración púrpura demostrando la presencia de aminoácidos. Por último en el tubo 4 con leche se presenta un color púrpura no tan intenso (positivo).

Discusión de resultados

En la identificación de aminoácidos en el tubo que contiene tirosina, como se esperaba dio positivo. La ninhidrina realiza una reacción química con la tirosina principalmente por su grupo α-amino libre, no por el anillo fenólico (16). Otro autor lo confirma, la ninhidrina la detecta como aminoácido por el grupo amino libre (17). Se genera una desaminación oxidativa y libera NH3, CO2 y un segmento carbonado más corto (18). Luego, el amoníaco liberado interacciona con otra molécula de ninhidrina y su forma reducida forma la púrpura de Ruhemann (color púrpura) (19).

En el caso con la albúmina que también dio positivo. La reacción química de la ninhidrina con grupos amino primarios de fácil acceso a la proteína, en gran manera el α-amino y, en proteínas aminoácidos libres como los de lisina; el producto analítico es el cromóforo tipo púrpura de Ruhemann (20). El reactivo de la ninhidrina realiza reacción química con grupos aminoácidos libres de la albúmina de huevo, pero no con toda la proteína (21). Sucede una condensación con aminas, luego una desaminación oxidativa, liberando CO2 y un segmento carbonado más corto, luego forma el producto coloreado final es el púrpura de Ruhemann (22).

En cuanto a la glicina para la prueba de ninhidrina dio positivo. El reactivo ataca al grupo amino de la glicina, produciendo una base de Schiff/intermedio imínico, desaminación oxidativa y descarboxilación, finalmente genera púrpura de Ruhemann (23). La reacción depende del pH, temperatura, tampón y matriz (24). Una investigación propone la siguiente reacción, ninhidrina +

amino de glicina → base de Schiff → hidrólisis a intermedio 2-amino-indanediona → condensación con otra ninhidrina → púrpura de Ruhemann (23).

Finalmente la reacción con la leche también dio positivo. La ninhidrina presentó una reacciona con las proteínas de la leche, en sus grupos aminoácidos primarios de fácil acceso (α-amino y ε-amino de lisina) y produce el cromóforo violeta púrpura de Ruhemann (13,25). La ninhidrina reacciona con aminas primarias, incluyendo α-aminoácidos de la leche y se aplica para cuantificar aminoácidos liberados de muestras proteicas (20). Esta reacción da complejos azules/púrpuras con aminas primarias y secundarias y resalta que los grupos amino terminales de lisina en péptidos y proteínas reaccionan con el reactivo de la ninhidrina (13).

Conclusiones

El objetivo de la práctica se alcanzó exitosamente, puesto que el ensayo con ninhidrina permitió detectar aminoácidos en las muestras biológicas evaluadas. Asimismo, se evidenció que la precisión en la ejecución técnica y el análisis de los resultados son fundamentales, dado que la naturaleza de cada muestra puede alterar la reacción. En conclusión, la prueba de ninhidrina se consolida como un método cualitativo preliminar clave para el análisis de aminoácidos.

La prueba de ninhidrina demostró ser un método altamente efectivo para la identificación cualitativa de aminoácidos y grupos amino libres en diversas matrices biológicas. Las muestras de tirosina, albúmina de huevo y leche dieron resultados positivos al desarrollar la coloración del cromóforo conocido como púrpura de Ruhemann; esto se debe a la desaminación oxidativa y descarboxilación de los grupos alfa-amino libres o aminas primarias expuestas, como los residuos de lisina en las estructuras proteicas. Se advierte la divergencia de cómo variables operativas del ensayo como el pH, la temperatura, el tampón o la concentración en la matriz biológica influyen en la intensidad y tono del color final. En síntesis, el ensayo no sólo reafirma su valor analítico básico para caracterizar biomoléculas, sino que resalta la importancia de un riguroso control procedimental para evitar falsos negativos en la interpretación de los resultados.



Figura 5. Foto del grupo de estudiantes y docente del laboratorio de Bioquímica en la Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA), UNAD - CEAD Valledupar.

Referencias

1. Leal Afanador JA. Trabajo inteligente productivo [Internet]. Bogotá: Sello Editorial UNAD; 2023. Disponible en: https://libros.unad.edu.co/index.php/selloeditorial/catalog/book/247
2. Lopez MJ, Mohiuddin SS. Biochemistry, essential amino acids. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/
3. Chandel NS. Amino Acid Metabolism. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2021;13(4). doi: 10.1101/cshperspect.a040584
4. Ling ZN, Jiang YF, Ru JN, Lu JH, Ding B, Wu J. Amino acid metabolism in health and disease. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2023;8(1):345. doi: 10.1038/s41392-023-01569-3
5. Morales JPZ, Pizarro WJZ, Macías VIV, Moreno EA. Los Aminoácidos en el cuerpo humano. RECIMUNDO. 2017;1(5):379-391. doi: 10.26820/recimundo/1.5.2017.379-391
6. Coşkun A, Carobene A, Demirelce O, Mussap M, Braga F, Sezer E, et al. Sex-related differences in within-subject biological variation estimates for 22 essential and non-essential amino acids. Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry. 2024;552:117632. doi: 10.1016/j.cca.2023.117632
7. Buchmueller LC, Wunderle C, Laager R, Bernasconi L, Neyer PJ, Tribolet P, et al. Association of phenylalanine and tyrosine metabolism with mortality and response to nutritional support among patients at nutritional risk: a secondary analysis of the randomized clinical trial EFFORT. Frontiers in Nutrition. 2024;11:1451081. doi: 10.3389/fnut.2024.1451081
8. Perea VG, Ramírez D, Díaz JC. Aminoácidos [Internet]. Ciudad de México: Unidades de Apoyo para el Aprendizaje, CUAED-UNAM; 2022. Disponible en: https://uapa.cuaed.unam.mx/node/1109
9. Cobbinah-Sam E, Ekaette I. Thermal processing-driven functional transformations of egg components: Albumen and yolk. Food Research International (Ottawa, Ont.). 2026;224:117929. doi: 10.1016/j.foodres.2025.117929
10. Nurliyani, Abidin MZ, Kandarina I. Isolation and Characterization of the Microbiological and Physicochemical Qualities, the Protein and Amino Acid Profiles of Fermented Chicken and Duck Egg Ovalbumin. Tropical Animal Science Journal. 2025;48(1):45-56. doi: 10.5398/tasj.2025.48.1.45
11. Bruckmaier R, Zinn S. From the editors: “Mammalian milk: the elixir of life from maternal care to modern dairy production”. Animal Frontiers. 2023;13(3):3-4. doi: 10.1093/af/vfad035
12. Gómez DAA, Mejía OB. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación. 2005;2(1):38-42. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520107
13. Vavaiya PP, Malviya NJ, Alshehri AA, Alqarni M, Varu HL. The reaction of Ninhydrin Revisited: applications in quantification of analytes, active pharmaceutical ingredients and amino acids. Journal of Molecular Structure. 2026;1350(2). doi: 10.1016/j.molstruc.2025.144034
14. Tsiasioti A, Tzanavaras PD. Developments in on-line, post separation sample manipulation in the last 22 years: Pharmaceutical and biomedical applications. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2023;235:115654. doi: 10.1016/j.jpba.2023.115654
15. Kurohara T, Tatebe C, Fujiwara Y, Hioki F, Yanagimoto T, Takada S, et al. Optimization of Ninhydrin Test for Amino Acids by Multiple Reaction Monitoring Analysis. Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi). 2026;67(1):22-30. doi: 10.3358/shokueishi.67.22
16. Stauß AC, Fuchs C, Jansen P, Repert S, Alcock K, Ludewig S, et al. The Ninhydrin Reaction Revisited: Optimisation and Application for Quantification of Free Amino Acids. Molecules (Basel, Switzerland). 2024;29(14). doi: 10.3390/molecules29143262
17. Kumar D, Rub MA, Akram M, Kabir-ud-Din. Interaction between dipeptide (glycyl-phenylalanine) and ninhydrin: role of CTAB and gemini (16-s-16, s=4, 5, 6) surfactant micelles. Journal of Colloid and Interface Science. 2014;418:324-329. doi: 10.1016/j.jcis.2013.12.023

18. Giang NTN, Van Khai T. Sustainable valorization of via green dual-enzyme technology: Novel optimization for functional protein hydrolysates. Food Chemistry: X. 2025;32:103310. doi: 10.1016/j.fochx.2025.103310

19. Perrett D, Nayuni NK. Efficacy of current and novel cleaning technologies (ProReveal) for assessing protein contamination on surgical instruments. En: Decontamination in hospitals and healthcare. 2020. p. 483-502. doi: 10.1016/B978-0-08-102565-9.00021-2

20. Alcock K, Repert S, Danneberg A, Stauß AC, Jansen P, Raab M, et al. Application of the Ninhydrin Reaction for Quantification of Total Protein Contents: Establishment of Conversion Formulas. Analytical Chemistry. 2026;98(6):4528-4537. doi: 10.1021/acs.analchem.5c05027

21. Taha MM, Zayed MA. A New Approach for Micro-Determination of the Free Amino Acids in Presence of Albumin Present in Human Embryos' Culture Medium Using Different Analytical Techniques. Egyptian Journal of Chemistry. 2022;65(13):1075-1086. doi: 10.21608/EJCHEM.2022.142385.6223

22. Ardakani F, Ariafar A, Hemmateenejad B. Mixing of pH indicators and ninhydrin to fabricate artificial tasting devices for discrimination of amino acids: a comparison between liquid- and solid-supported analytical devices and application to identification of bladder cancer. Chemical Engineering Journal. 2025;513:163041. doi: 10.1016/j.cej.2025.163041

23. Bhattarai A, Malik AR, Mihalj P, Bidyut S, Dileep K. Catalytic impacts of cationic twin headed and tailed gemini surfactants toward study of glycine and ninhydrin in sodium acetate-acetic acid buffer system. Journal of Molecular Liquids. 2022:119442. doi: 10.1016/j.molliq.2022.119442

24. Liu Y, Zhang M, Tang Q, Zhao P, Li K, Jiang X. Highly sensitive determination of total free amino acids by carbon optical emission spectrometry coupled with headspace injection. Microchemical Journal. 2025;213:113798. doi: 10.1016/j.microc.2025.113798

25. Friedman M, Pang J, Smith GA. Ninhydrin-Reactive Lysine in Food Proteins. Journal of Food Science. 1984;49(1):10-13. doi: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb13656.x