UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Evaluación de las temperaturas de secado por aspersión para la producción de clara de huevo de codorniz *(Coturnix coturnix)* en polvo.

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

Autor: Katherine Andrea Solís Solís

Tutor: Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

Ambato – Ecuador

Agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

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, 28 de junio de 2024

Firmado electrónicamente por:
MANUEL ISRAEL
GUANOQUIZA RIVERA

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

0502966377

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Katherine Andrea Solís Solís, 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 Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Katherine Andrea Solís Solís

1804400883

AUTOR

DERECHOS DEL 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.



Katherine Andrea Solís Solís

1804400883

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:
WILLIAM RICARDO
CALERO CACERES

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO
VILCACUNDO CHAMORRO

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

1802738102

Firmado electrónicamente por:
RODNY DAVID
PEÑAFIEL AYALA

Dr. Rodny David Peñafiel Ayala

1712283520

Ambato, 02 de agosto del 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado a Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida, por darme la fortaleza e inteligencia para llegar a este momento de mi vida.

A mi padre Luis, que físicamente no se encuentra conmigo, desde el cielo me envía fuerzas y me cuida en todo momento. A mi madre, Delia, que durante mi etapa universitaria se ha convertido en mi pilar fundamental, con sus palabras, oraciones y su apoyo nunca dejo que me rinda.

A mis hermanas, por sus consejos y apoyo en todo momento. Gracias por ayudarme en los momentos que más las necesitaba.

Katherine Andrea Solís Solís

AGRADECIMIENTO

A mis dos grandes motores, mis padres, Luis y Delia, gracias por darme su amor, esfuerzo y apoyo en cada etapa, sin ustedes nada de esto sería posible, gracias por su paciencia y hacer de mí una mujer valiente. Gracias a los dos por estar conmigo en mis buenos y malos momentos, por enseñarme a ser una buena persona e inculcarme de valores.

A mis hermanitas, Maritza y Michelle, por estar siempre y darme sus consejos. Gracias por nunca dejarme sola y ayudarme cuando más lo necesitaba. A mi sobrinito, Anthony, mi niño que siempre alegra mis días.

A todas las personas que siempre me han estado apoyando en todo este proceso. Gracias por estar en los días buenos y malos, por creer en mí y por motivarme cada día.

A mi tutor Mg. Israel Guanoquiza por brindarme sus conocimientos, su guía y enseñanzas durante este proceso.

Un agradecimiento especial al Ing. Luis Tamayo, por ayudarme en todo momento al elaborar este trabajo de investigación.

Katherine Andrea Solís Solís

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DEL AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS x
ÍNDICE DE IMÁGENES x
RESUMEN EJECUTIVO xi
ABSTRACT xii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO 1
1.1. Antecedentes investigativos 1
1.1.1. Huevo de codorniz 1
1.1.2. Secado por aspersión o Spray Drying 4
1.1.3. Alimentos en polvo 8
1.2. Objetivos 9
1.2.1. Objetivo General 9
1.2.2. Objetivos Específicos 9
CAPITULO II. METODOLOGÍA 10
2.1. Materiales 10
2.2. Métodos 11

2.2.1. Determinación de la mejor combinación de temperatura de entrada y salida en el secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz en polvo. 11
2.2.2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo obtenida. 13
2.2.3. Estimación del tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico del producto obtenido.. 15
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 18
3.1. Análisis y discusión de resultados 18
3.1.1. Determinación de la mejor combinación de temperatura de entrada y salida en el secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz en polvo. 18
3.1.2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo obtenida. 21
3.1.3. Estimación del tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico del producto obtenido.. 24
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31
4.1. Conclusiones 31
4.2. Recomendaciones 32
C. MATERIALES DE REFERENCIAS 33
Referencias Bibliográficas 33
ANEXOS 42
Anexos 1. Galería de fotos 42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas de entrada y salida para el proceso de secado por aspersión. 11
Tabla 2. Porcentajes del rendimiento y proteína de los tratamientos del secado por aspersión. 19
Tabla 3. Características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo en el mejor tratamiento. 21
Tabla 4. Análisis del color de la clara de huevo en polvo en el mejor tratamiento. 23
Tabla 5. Análisis microbiológico del mejor tratamiento de la clara de huevo en polvo. 25
Tabla 6. Análisis de vida útil. 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de secado por aspersión. 7
Figura 2. Comportamiento de aerobios mesófilos durante un período de 30 días. 27
Figura 3. Comportamiento de mohos durante un período de 30 días. 28
Figura 4. Comportamiento de levaduras durante un período de 30 días. 28

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Separación y pasteurización de la clara de huevo. 42
Imagen 2. Porcentaje de humedad de la clara de huevo líquida. 42
Imagen 3. Proceso de secado por aspersión. 42
Imagen 4. Empaque del producto obtenido en polvo. 43
Imagen 5. Determinación de color. 43
Imagen 6. Determinación de cenizas. 43
Imagen 7. Determinación del índice de solubilidad. 44

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, los alimentos en polvo han ganado popularidad e incrementado su consumo en el mercado. La industria alimentaria desarrolla estos productos con el objetivo de aumentar su vida útil y ofrecer opciones nutritivas, ya que conservan de manera significativa sus propiedades. Este tipo de producto no provocan grandes cambios en sus propiedades sensoriales y evita la proliferación de microorganismos en un determinado tiempo. Antes del proceso, se pasteurizo la clara del huevo a una temperatura de 70 grados centígrados durante 3 minutos y se calculó el contenido de solidos totales. En el proceso de secado, la clara de huevo fue sometida a tres tratamientos de temperatura de entrada y salida, donde se determinó el porcentaje del rendimiento del producto. Una vez obtenidas las muestras en polvo, se analizó el contenido de proteína mediante el método de Dumas y los resultados fueron sometidos a una prueba estadística DCA para determinar el mejor tratamiento. Además, se evaluó las características fisicoquímicas y se realizó el análisis microbiológico del mejor tratamiento para estimar el tiempo de vida útil. Los resultados mostraron que existe diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó una prueba de Tukey y se determinó el mejor tratamiento en términos proteico. El porcentaje de proteína para el mejor tratamiento fue 93.237. Las características fisicoquímicas y el análisis microbiológico del mejor tratamiento cumplen con la Norma NTE INEN 1973. Por último, el tiempo estimado de vida útil del producto fue de 52 días en base al comportamiento de los mohos.

Palabras clave:

Huevo de codorniz, secado por aspersión, clara de huevo en polvo, ovoproductos.

ABSTRACT

Currently, powdered foods have gained popularity and increased consumption in the market. The food industry develops these products with the aim of increasing their shelf life and offering nutritious options, since they significantly retain their properties. This type of product does not cause major changes in its sensory properties and prevents the proliferation of microorganisms over a certain period of time. Before the process, the egg white was pasteurized at a temperature of 70 degrees Celsius for 3 minutes and the total solids content was calculated. In the drying process, the egg white was subjected to three inlet and outlet temperature treatments, where the percentage of product yield was determined. Once the powder samples were obtained, the protein content was analyzed using the Dumas method and the results were subjected to a DCA statistical test to determine the best treatment. In addition, the physicochemical characteristics were evaluated and the microbiological analysis of the best treatment was carried out to estimate the useful life time. The results showed that there are significant differences between the treatments, a Tukey test was used and the best treatment in protein terms was determined. The protein percentage for the best treatment was 93.237. The physicochemical characteristics and microbiological analysis of the best treatment comply with the NTE INEN 1973 Standard. Finally, the estimated useful life of the product was 52 days based on the behavior of the molds.

Key words:

Quail egg, spray dried, egg white powder, egg products.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

La desnaturalización de la proteína en la clara de huevo representa un desafío significativo, siendo causada por cambios de la temperatura, pH o por agitación intensa **(Renzetti et al., 2020)**. Estos factores pueden comprometer a la calidad y a la vida útil, al elaborar diversos productos que utilizan la clara de huevo como ingrediente principal **(Luo et al., 2022)**. Además, cabe señalar que pueden alterar su apariencia y las propiedades funcionales del alimento **(Pérez et al., 2021)**. Según **Oviawe et al. (2022)**, concluyen que el huevo de codorniz (*Coturnix coturnix*) posee un aporte nutricional efectivo para una dieta equilibrada. También, este tipo de huevo es considerado como una fuente de proteína, principalmente en la clara del huevo, la cual puede ser consumida por la mayor parte de las personas, esencialmente para adultos, niños y deportistas.

El secado por aspersión (Spray Drying) es uno de los métodos más populares y económicos, que contribuye a tener una mayor vida útil gracias a la reducción de agua en los alimentos, mejorando las características nutricionales **(Salminen et al., 2019)**. Por otra parte, este procedimiento permite la eliminación del contenido de agua para obtener un alimento en forma de polvo, mediante la evaporación. La utilización de esta tecnología de secado de la clara del huevo permite ser empleado como un ingrediente esencial en la aplicación de nuevos productos, evitando la proliferación de microorganismos y daños en la proteína **(Vargas-Del-río et al., 2022)**. Además, cabe señalar que el secado por aspersión permite utilizar distintas temperaturas de entrada y salida en su equipo. Un estudio reciente por **Sarabandi et al. (2020)**, indican que la deshidratación mediante aspersión de la clara de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix*) presenta niveles elevados de proteínas y bajos niveles de grasa en comparación con el huevo de gallina.

1.1.1. Huevo de codorniz

1.1.1.1. Industria avícola

La avicultura es la tercera industria más importante a nivel mundial gracias al crecimiento continuo de la cría de este tipo de ave tanto a mercados locales como en internacionales. Esta industria principalmente abarca desde la crianza y cuidado del ave hasta su comercialización. Dentro de este sector alimentario, se

realiza variedades de tratamientos con la finalidad de mejorar el crecimiento, salud y productividad de las aves. Por otra parte, la avicultura contribuye en la economía de varios países gracias a la generación de empleos **(Liu et al., 2024).**

1.1.1.2. Definición

La codorniz es una especie de ave originaria de Europa, África y Asia, este tipo de ave es importante en el sector avícola debido a que se caracterizan por tener una elevada productividad tanto de huevos como de carne en todo el mundo **(Suhem et al., 2023).** Por otra parte, es importante destacar que la nutrición para este tipo de ave es esencial, ya que influye directamente en la calidad de sus productos, por ello se debe mantener un equilibrio adecuado en su dienta diría para evitar que exista efectos negativos en la salud y producción **(Olgun et al., 2022)**.

El huevo de codorniz *(Coturnix coturnix)* es un alimento altamente nutritivo, que se caracteriza por un tamaño promedio de 7 a 12 g, adaptándose a diversas condiciones de crianza y contribuye de manera positiva ya que la alimentación de las codornices es relativamente baja y son resistentes a cualquier tipo de enfermedad **(Mokhtarzadeh et al., 2022)**. Además, tiene la capacidad de producir cada ave hasta 300 huevos al año **(Haqani et al., 2021)**. La importancia de este huevo se caracteriza por sus componentes nutricionales, previniendo distintas enfermedades y se ha usado en diversos tratamientos para mejorar la salud humana **(Tolik et al., 2014)**. En los últimos años el consumo de huevos de codorniz a incrementando de manera significativa, con un aumento del 10% en el mercado mundial, gracias a que es considerado como el segundo alimento más consumido por las personas a comparación del huevo de gallina **(Northcutt et al., 2022)**.

Según un estudio realizado por **Nora et al. (2024)**, se observa que la cáscara del huevo de codorniz presenta distintos tipos de colores, incluyendo el color azul, blanco y verde, cada uno con sus respectivas manchas que van a variar en el tamaño del huevo. En este estudio también se destacó en observar la presencia de tres tipos de colorantes primarios a partir de la cáscara de huevo que son protoporfirina, biliverdina y quelato de zinc, por lo tanto, estas características del color pueden influir en la calidad del producto como en la decisión de su compra **(Nora et al., 2024)**.

1.1.1.3. Producción del huevo de codorniz

En los últimos años, la producción de huevo de codorniz se ha destacado por un aumento en su popularidad en el mercado, principalmente en Europa y América, es decir, la crianza de este tipo de ave es necesaria ya que ha generado distintos beneficios para los productores y consumidores **(Narushin et al., 2024)**.

La coturnicultura es una actividad destacada en varios países, entre ellos Colombia, Ecuador, Venezuela y Brasil, donde se ha observado un significativo crecimiento en la comercialización de huevos de codorniz **(Zamora & Chacón, 2021)**. En Ecuador, el rendimiento comercial de estos huevos ha experimentado un notable aumento en los últimos años, gracias al fomento de la cría de aves. Es importante destacar que las provincias claves para la cría de codornices son Cañar, Guayas, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, desempeñando un papel esencial en la producción de huevos. En el país, esta actividad se ha vuelto atractiva y llamativa debido al desarrollo que ha experimentado en la actualidad **(Inga, 2022)**. A nivel nacional se produce principalmente 10 millones de huevos por día. En el año 2019, Tungurahua ha sido una de las provincias líder en la producción de huevos en el Ecuador con un 40 % del total de la producción nacional, es decir, generalmente se produce 4 millones de huevos **(Urbina, 2023)**.

1.1.1.4. Valor nutricional

Según un estudio realizado por **Haqani et al. (2021)**, establecen que el huevo de codorniz es una fuente de proteína necesaria para la población, cuenta con todos los aminoácidos y aportan múltiples vitaminas y minerales dando un valor nutricional eficiente para el consumidor. En la clara de este tipo de huevo se encuentra aproximadamente 183 tipos de proteínas, entre ellos el ácido glutámico que se encuentra en mayor cantidad **(Sun et al., 2019)**.

El huevo de codorniz contiene distintas propiedades nutricionales para el consumidor, principalmente el contenido de la clara de huevo es del 60 % y su yema está comprendido por un tercio de su peso **(Tolik et al., 2014)**. Según un estudio realizado por **Sun et al. (2019)**, reportaron que el contenido de nutricional de la clara de huevo de codorniz en donde la humedad (87.7%), proteína (10.6%), ceniza (0.76%), grasa (0.20%), carbohidratos (0.70%) y pH (9.33) **(Silva et al., 2020)**. Por último, el consumo de huevos de codorniz se promueve de manera efectiva para enfermedades respiratorias, favorece a la memoria de los niños, mejorar el color de la piel, previene alergias y es un fuerte antioxidante. De acuerdo con **Agina et al. (2020)**, establecen que este tipo de huevo, principalmente en la clara tiene un alto contenido de proteínas y bajo contenido de grasa, beneficiando a la salud de las personas.

1.1.1.5. Almacenamiento

A partir de una investigación llevada a cabo por **Northcutt et al. (2022)**, establecen que los huevos de codorniz se almacenan en un rango de temperatura a partir de los 5 a 18 °C. La temperatura y el tiempo de almacenamiento es un factor importante en la preservación de los alimentos, como es en el huevo de codorniz, llegando a alterar al producto y afectar a la calidad del huevo. Además, si este tipo de huevos no se mantienen en temperaturas optimas, su vida útil se verá reducida **(Northcutt et al., 2022)**.

Según **Silva et al. (2020)**, han registrado diversos casos de pérdidas del huevo cuando se almacena en temperaturas al ambiente, durando un tiempo aproximadamente de tres semanas. Por otro lado, este estudio destaco que es necesario que los huevos de codorniz se almacenen en condiciones adecuadas para que se mantenga sus propiedades nutricionales. Así también el contenido de humedad desempeña un papel esencial en su conservación, como es en el caso de la albumina del huevo se vuelve menos viscoso cuando existe una perdida en su contenido de agua.

1.1.2. Secado por aspersión o Spray Drying

1.1.2.1. Antecedentes del secado por aspersión o Spray Drying

En 1872, Samuel Percy inventó el método de secado por aspersión, también conocido como Spray Drying, describió el proceso y funcionamiento como la atomización y desecación simultánea de sustancias líquidas y sólidas, el propósito fue eliminar la humedad y prevenir cambios químicos perjudiciales. Este autor realizo sus primeras investigaciones de secado por aspersión en distintas soluciones de dextrina, almidón y gelatina, llegando a una conclusión en donde afirmo que mediante esta técnica se puede obtener polvo. A partir del año de 1920 se aplicó por primera de manera industrial **(Samborska et al., 2022)**.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo del secado por aspersión se impulsó para la producción de leche en polvo. Desde entonces, este proceso ha experimentado numerosos cambios en su diseño con el objetivo de mejorar su eficiencia **(Ohtake et al., 2020)**. El método de secado por aspersión se ha implementado en diferentes industrias para elaborar variedades de productos en polvo, incluyendo alimentos, aromas, probióticos, antibióticos, detergentes, entre otras aplicaciones. En la actualidad, esta técnica es popular en la industria alimentaria y en la industria farmacéutica. En el área de alimentos se

utiliza ampliamente para la encapsulación debido a su rapidez, simplicidad, disponibilidad de equipo y eficacia **(Samborska et al., 2022)**.

1.1.2.2. Definición

El secado por aspersión es una técnica fundamental en la industria alimentaria, transformando alimentos líquidos en polvo en un menor tiempo. Este proceso implica la atomización del producto en diminutas microgotas que entran en contacto con una corriente de aire caliente, funcionando como medio calefactor y de fluido de transporte **(Dantas et al., 2023)**. Al estar el alimento en contacto con el aire caliente impacta significativamente tanto en la eficiencia como en la calidad del proceso de secado. Es importante destacar que este procedimiento está sujeto a diversas condiciones que influyen en el proceso de secado, tales como la temperatura de entrada y salida, el tamaño de las gotas, la velocidad del aire, el contenido de humedad, entre otros aspectos **(Piñón et al., 2020)**.

La humedad en el proceso de secado por aspersión resalta valores bajos y por lo que evita que exista una proliferación de microorganismos, según **Gawałek (2021)**, demostró porcentajes del contenido de humedad y actividad de agua en los alimentos en polvo, que oscilan entre 2.84 a 8.10% y 0.18 a 0.23% respectivamente. La temperatura de entrada se define como la temperatura del medio, es necesario que sea elevada para lograr un producto con menor contenido de humedad, evitando así la degradación térmica y la aglomeración de partículas. Esta temperatura inicial se reducirá gradualmente a lo largo de las distintas etapas del proceso, especialmente cuando el gas se encuentra con las gotas atomizadas. Es importante tener en cuenta que un aumento en la temperatura inicial resultará que las partículas sean de mayor tamaño y un menor contenido de humedad, obteniendo un rendimiento óptimo **(Li et al., 2023)**. Mientras que la temperatura de salida esta influenciada por diferentes factores, principalmente por la temperatura de entrada del gas y la concentración de los sólidos en el líquido **(Mohammed et al., 2020)**.

Según **Mohammed et al. (2020)**, establecen que, en el proceso de secado por aspersión, la atomización del sistema desempeña un papel crucial en la determinación del tamaño de las partículas de polvo y en el tamaño de las gotas. Este tamaño se clasifica generalmente en pequeño (1 a 5 μm), mediano (5 a 25 μm) y grande (10 a 60 μm). Además, existe una limitación directa entre el tamaño de las gotas y el de las partículas, es decir, cuanto mayor sea el tamaño de las gotas, mayor será el tamaño de las partículas resultante. El secado por aspersión es ampliamente utilizado en una variedad de productos, ya que preserva sus características fisicoquímicas. En el ámbito de la industria alimentaria, este método se emplea en la deshidratación de lácteos, ovoproductos, jugos concentrados de frutas, alimentos para bebés, proteínas comestibles, café, y

productos nutricionales para personas adultas **(Azhar et al., 2020)**. Según **Camino et al. (2020)**, describe que el secado por aspersión ha generado altos costos gracias al aumento de energía que consume este proceso. A través de esta investigación establecen que el producto obtenido en este tipo de secado es usado como un principal ingrediente, por lo que se puede realizar mezclas y diluirse en agua **(Camino et al., 2020)**.

1.1.2.3. Etapas del secado por aspersión o Spray Drying

1.1.2.3.1. Atomización

En esta fase implica el bombeo de un alimento líquido, generalmente concentrado para reducir la cantidad de agua que se evaporará durante el proceso de secad hacia un atomizador. La atomización genera resultados eficientes ya que el líquido se acelera con gran fuerza en un espacio estrecho y está expuesto a grandes tensiones de alargamiento la cual provoca deformaciones y rupturas de las gotas de líquido. Además, en esta etapa el atomizador se opera de manera que genere gotas con un tamaño de partícula específico la cual esta influenciado por el tipo de atomizador como de la entrada de energía **(Casanova, 2013)**. En este proceso, se puede identificar dos tipos de atomizadores, el atomizador de cono hueco donde el líquido se introduce en una cámara de turbulencia y forma un núcleo de aire dado por las velocidades impartidas al líquido y el atomizador por remolino de presión donde el líquido se introduce en una cámara de alta presión y mediante su diseño geométrico de su boquilla, se genera un remolino a alta velocidad que fragmenta el líquido en pequeñas gotas **(Höhne et al., 2024)**.

1.1.2.3.2. Flujo y contacto con el aire

En esta fase se emplea un dispersor de aire para optimizar el contacto entre el producto atomizado y el aire caliente. La interacción y movimiento de las gotas y el aire en la cámara de secado pueden darse de tres formas: en paralelo, contracorriente y en flujo mixto **(Casanova, 2013)**. Según **Camino et al. (2020)**, establecen la importancia de los cambios en el flujo de aire en la cámara de secado, influyendo en la formación del tamaño de las partículas del alimento en polvo, también menciono que el flujo de aire se puede dar de manera ascendente cerca de la pared ocasionando colisiones y la aglomeración de partículas, y de manera descendente en la zona del eje.

1.1.2.3.3. Evaporación, secado y formación de la partícula

El proceso de intercambio de materia y calor comienza inmediatamente después de la atomización y continúa mientras la gota se encuentra en el aire caliente. La gota, compuesta por agua y sólidos en la misma proporción que el alimento líquido, comienza a perder agua en forma de vapor, lo que inicia el proceso de formación de la partícula. Al finalizar la etapa de secado dentro del atomizador, la partícula está completamente formada, principalmente con sólidos **(Casanova, 2013)**.

Según **Ireneusz et al. (2022)**, concluyen que la aglomeración de partículas se aplica en los polvos producidos en el proceso de secado por aspersión generado por algunos factores como la temperatura empleada en el secado, las características del material y la configuración de boquillas. La aglomeración se describe por la unión de partículas sólidas dadas por las fuerzas físicas y químicas que actúan a corta distancia debido a los cambios de la superficie del sólido, el proceso de aglomeración de partículas implica la unión de partículas primarias para formar las partículas secundarias más grandes y porosas **(Ireneusz et al., 2022)**.

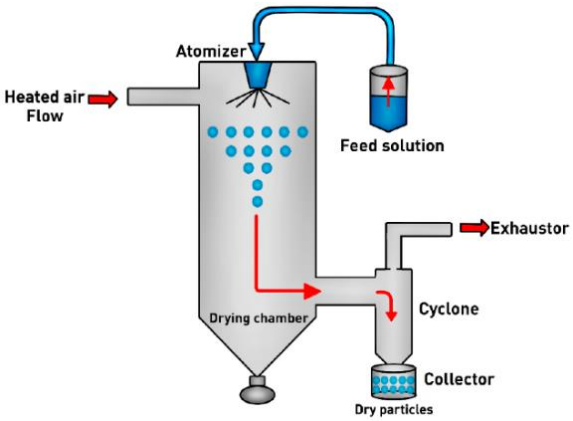


Figura 1. Proceso de secado por aspersión.

Fuente: Marante et al. (2020).

1.1.2.4. Deshidratación

El método de deshidratación ha sido empleado desde hace muchos años y sigue siendo uno de los enfoques más prevalentes en la actualidad. En tiempos pasados, nuestros ancestros llevaban a cabo la deshidratación de alimentos como frutas, verduras, carnes y pescados mediante la exposición al sol. Este proceso demuestra ser eficaz al proporcionar productos de alta calidad y al mismo tiempo ofrece diversos beneficios para la salud de las personas **(Calín et al., 2020)**.

La deshidratación es un proceso que permite mantener la conservación de distintos alimentos, es decir, permite eliminar una gran cantidad de agua prologando su vida útil **(Oré et al., 2020)**. Por otra parte, presenta una serie de cambios físicos y químicos por lo que se obtendrá distintos atributos sensoriales, así como el color y sabor que va a depender del proceso utilizado para deshidratar **(Mohammadi et al., 2020)**.

1.1.3. Alimentos en polvo

1.1.3.1. Definición

Los alimentos en polvo son alimentos en donde su contenido de agua es reducido con la finalidad de ser almacenado por un largo tiempo. En la actualidad, el consumo de estos alimentos en polvo ha incrementado por su seguridad y calidad **(Elisama & Elane, 2023)**. Además, los alimentos en polvo provienen de un proceso de secado y se utilizan como ingredientes principales para elaborar distintos alimentos **(Bas et al., 2020)**.

1.1.3.2. Beneficios de los alimentos en polvo

Los alimentos realizados en polvo tienen la capacidad de preservar distintas propiedades fisicoquímicas, aporta un valor nutritivo y mejora las propiedades organolépticas dentro de un producto. Por otra parte, tiene una mejor facilidad en su almacenamiento, generando una reducción en costos ya que estos alimentos no utilizan grandes espacios y tienen una mayor durabilidad, evitando que se desperdicie en un corto tiempo **(Pérez & Afanador, 2021)**. Además, estos productos no necesitan de un proceso de esterilización ya que dan una mayor estabilidad **(Samborska et al., 2022).**

1.1.3.3. Vida útil

La vida útil de los alimentos sometido en el proceso de secado puede ser dado por diferentes parámetros como es el tipo de alimento, el proceso de elaboración, el contenido de agua, el envase y el almacenamiento. Los alimentos en polvo generalmente tardan en vencerse, pueden durar meses o hasta años, a comparación de otros productos. Además, contribuye significativamente en su prolongación de su vida útil, evita que exista el desarrollo de microorganismos y el deterioro del alimento. Por otra parte, el envasado es fundamental en todos los alimentos principalmente en los alimentos en polvo, estos deben ser protegidos de la luz y humedad, con el objetivo de mantener la calidad y la estabilidad del producto **(Elisama & Elane, 2023)**.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar las temperaturas de secado por aspersión para la producción de clara de huevo de codorniz *(Coturnix coturnix)* en polvo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la mejor combinación de temperatura de entrada y salida en el secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz en polvo.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo obtenida.
- Estimar el tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico del producto obtenido.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Laboratorios

- Laboratorio de Alimentos (FCIAB - UTA).
- Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).
- Laboratorios de la Unidad Operativa de la Dirección de Investigación y Desarrollo (OUDIDE).

Materia prima

- Huevo de codorniz

Reactivos

- Agua destilada
- Peptona
- Hexano

Equipos

- Mufla
- Spray drying
- Desecador
- Balanza
- Plancha de agitación
- Baño maría
- Centrifuga
- Colorímetro
- Estufa
- pH-metro
- Incubador

- Homogeneizador
- Balanza infrarroja

2.2. Métodos

2.2.1. Determinación de la mejor combinación de temperatura de entrada y salida en el secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz en polvo.

2.2.1.1. Obtención de la materia prima

El huevo de codorniz se obtuvo en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato en la Provincia de Tungurahua.

2.2.1.2. Proceso de pasteurización de la clara del huevo

El proceso siguió la metodología de **Ekpo et al. (2022),** e iniciaron con la separación entre las claras y las yemas de huevo de codorniz. Se colocó la clara de huevo en un envase de vidrio, se realizó una pasteurización en un baño maría a una temperatura de 75 °C, durante 3 minutos. Se agitó continuamente las claras de huevo para mantenerla de forma líquida.

2.2.1.3. Estudio de temperaturas de entrada y salida

Se aplicaron varias temperaturas para determinar la óptima en términos de contenido proteico. La tabla 1 muestra las temperaturas de entrada y salida de los diferentes tratamientos aplicados.

Tabla 1.
Temperaturas de entrada y salida para el proceso de secado por aspersión.

Tratamientos	Entrada (°C)	Salida (°C)
Tratamiento 1	120	80
Tratamiento 2	140	90
Tratamiento 3	160	90

2.2.1.4. Proceso de secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz

Se empleo el equipo de secado por aspersión, (Spray Drying, marca BUCHI -, B290, Alemania), para secar la clara de huevo de codorniz. Las claras, fueron sometidas al proceso de secado por aspersión siguiendo la metodología de **Marante et al. (2020),** para lo cual se colocó 200 mL de materia prima en un vaso de precipitación, en donde se colocó una manguera que llevo al alimento hacia la entrada aire de atomización, posteriormente al cilindro de pulverización y al ciclón, finalmente el alimento en polvo es recogido por un recipiente. Las temperaturas de inicio y salida aplicadas se especificaron en la **Tabla 1**.

2.2.1.5. Empaque

El empaque del producto en polvo se llevó a cabo utilizando una bolsa doypack de polipropileno con cierre zip, que ofreció una solución versátil y segura para almacenar evitando una rehidratación del producto.

2.2.1.6. Rendimiento

El rendimiento del proceso de secado por aspersión de las muestras se determinó siguiendo la metodología de **González et al. (2022)**, para lo cual se calculó la proporción entre la cantidad de producto final obtenido después del secado (en forma de polvo) y la cantidad inicial de alimento introducido en el equipo. Esta relación se expresó mediante la siguiente ecuación.

$$\%\ Rendimiento = \frac{Cantidad\ del\ producto\ obtenido\ (g)}{Cantidad\ del\ producto\ liquido\ (g)} * 100$$

Ecuación (1).

2.2.1.7. Análisis estadístico

El respectivo análisis estadístico se realizó mediante una aplicación en donde dio a conocer cuál es el mejor tratamiento, con los datos obtenidos en el análisis de proteína de cada tratamiento del secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz.

2.2.1.8. Análisis proteico

La determinación del porcentaje de proteína del producto obtenido luego de ser aplicado a cada tratamiento se realizó siguiendo la metodología de **Mera (2015)**, para lo cual se realizó mediante el método Dumas. Se coloco 500 mg de las muestras en polvo en las capsulas de aluminio y se analizó en el equipo Dumas Nitrogen Analyzer (Velp NDA 701). Durante 15 minutos el sistema reporto los resultados del contenido de proteína. Además, cabe señalar que se escogió al mejor tratamiento en términos proteico para realizar los distintos análisis.

2.2.2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo obtenida.

Para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la clara de huevo de codorniz en polvo se aplicaron metodologías validadas descritas a continuación.

2.2.2.1. Humedad

Para el análisis del contenido de humedad del alimento, se empleó 3 gramos de la muestra en forma de polvo. La muestra se colocó en una balanza infrarroja previamente calibrada para garantizar la exactitud de las mediciones. El procedimiento concluyo una vez que se eliminó la humedad, el cual el quipo resalto los porcentajes. Este proceso se llevó a cabo por duplicado para asegurar la precisión de los resultados **(AOAC Ed20. 925.10, 2023)**.

2.2.2.2. pH

En base a la normativa **NTE INEN 526 (2012)**, se pesó 2 g de la muestra en polvo en un vaso de precipitación y se disolvió con 10 mL de agua destilada. El pH se medió en un equipo pH-metro (Orion VersaStar) digital calibrado, a temperatura ambiente, por duplicado.

2.2.2.3. Índice de solubilidad en agua

Se determinó el índice de solubilidad del agua, siguiendo la metodología de **Serna et al. (2015)**, para lo cual, se preparó una solución combinando 0,5 gramos de polvo de clara de huevo de codorniz con 50 mL de agua destilada en un tubo Falcon. La mezcla se agitó en una placa de agitación a 1150 rpm durante 5

minutos y posteriormente se centrifugó a 3000 rpm durante 5 minutos. Se extrajo 12.5 mL del sobrenadante y se transfirió a una placa de Petri previamente pesada. Las placas se secaron en una estufa a 105 °C durante 5 horas. El porcentaje de solubilidad se calculó mediante la diferencia de peso utilizando la ecuación 2.

$$Solubilidad\ en\ agua\ \% = \frac{peso\ sólidos\ en\ el\ sobrenadante}{peso\ de\ la\ muestra} * 100$$

Ecuación (2).

2.2.2.4. Cenizas

En la mufla se colocó un crisol limpio a una temperatura de 550°C durante 15 minutos. Después del tiempo transcurrido se enfrió en un desecador y pesó el crisol vacío. Se colocó 2 g de la muestra en polvo en el mismo crisol. Posteriormente se colocó en la mufla a 550°C durante un tiempo de 4 horas y se transfirió en un desecador para enfriarlo y pesarlo. El análisis se realizó por duplicado. y se calculó mediante la ecuación 3, siguiendo la metodología de la **AOAC Ed20. 923.03, (2023).**

$$\%Ceniza = \frac{W_a - W_c}{W_s - W_c} * 100$$

Ecuación (3).

Donde:

$W_a = \ Peso\ del\ crisol\ con\ ceniza\ (g)$
$W_c = Peso\ del\ crisol\ vacío\ (g)$
$W_s = \ Peso\ del\ crisol\ con\ la\ muestra\ (g)$

2.2.2.5. Color

La medición del color se realizó aplicando la metodología de **Panduro (2015)**, utilizando un colorímetro. Se determinaron parámetros de color a partir de a*(verde (-) a rojo (+)), b* (azul (-) a amarillo (+)) y L* (L*= 0 negro y L*= 100 blanco), para la clara de huevo en polvo.

2.2.2.6. Grasas

Se pesó 8 gramos de la muestra, se secó en una estufa a 105°C durante aproximadamente 3 horas. En un cartucho de extracción completamente libre de grasa se pesó el recolector de grasa de aluminio y se añadió 50 mL de hexano en los recipientes. Después, el cartucho y el recolector se introdujeron en un analizador de grasa. El proceso se llevó a cabo en tres etapas: ebullición durante 40 minutos, enjuague de 60 minutos y, finalmente, la recuperación del hexano durante 30 minutos. Se realizó el cálculo mediante la ecuación 6.

$$\%Grasa = \frac{(m_2 - m_1)}{m} * 100$$

Ecuación (4).

Donde:

$m = \ peso\ de\ la\ muestra$

$m_1 = masa\ del\ recolector\ vacío$

$m_2 = \ masa\ del\ recolector\ con\ grasa$

2.2.3. Estimación del tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico del producto obtenido.

2.2.3.1. Análisis microbiológico

La estimación de la vida útil se llevará a cabo mediante el análisis de la carga microbiana presente en el mejor tratamiento del producto en polvo, siguiendo las pautas establecidas en la normativa **NTE INEN 1973 (2011)**, la cual está específicamente diseñada para huevos comerciales y ovoproductos.

Para la evaluación correspondiente, se llevó a cabo distintos análisis microbiológicos en las muestras, específicamente de *Salmonella, Escherichia coli, aerobios mesofilos,* mohos y levaduras.

- Para el análisis de *Salmonella* se realizará el método AOAC 2016.01.

Se realizó la dilución de 25 gramos de muestra en 225 mL de agua peptona y se homogeneizó. Luego, la mezcla se incubó a 35°C durante 24 horas. Pasado este periodo, se tomaron 9 mL de Rappaport y 1 mL de la muestra incubada, los cuales se aplicaron en una placa de XLD. Posteriormente, la placa se estiró y se incubó a 35°C durante 24 horas.

- Para el análisis de *Escherichia coli* se realizará el método PE01-5.4 MB AOAC R1:110402 Ed 20, 2016.

Se llevaron a cabo diluciones utilizando 10 g de la muestra en 90 mL de agua peptonada, las cuales fueron homogeneizadas y luego colocadas en placas Petrifilm sobre una superficie plana. Utilizando una micropipeta, se agregó 1 mL de la última dilución en el centro de la película inferior de cada placa, evitando la formación de burbujas. Posteriormente, las placas Petrifilm se incubaron a 37°C durante 24 horas, tras lo cual se procedió al conteo de las colonias presentes.

- Para el análisis de aerobios mesófilos se procederá mediante la AOAC 990.12. Ed. 22, 2023

Se llevó a cabo el examen microbiológico de aerobios mesófilos en la muestra en polvo. Se tomo 10 g de la muestra en polvo y se colocó en bolsas estériles con 90 mL de agua peptona. Posteriormente, se homogeneizo en un Stomacher a 200 rpm durante un minuto. Se realizó diluciones de 10^{-1} y 10^{-3}. Para el recuento de los aerobios mesófilos, se inoculo 1 mL de la muestra en una placa Petrifilm en el centro de la película y se incubó a 35 °C durante 48 horas **(NTE INEN 1529-5, 2006)**.

- Para el análisis de mohos y levaduras se realizará el AOAC 997.02, Ed, 22,2023.

Se emplearon 10 g de la muestra, los cuales se mezclaron con 90 mL de agua peptonada y se homogeneizaron. Luego, con una pipeta previamente esterilizada, se realizaron distintas diluciones utilizando 1 mL de la muestra en placas Petrifilm. Estas diluciones se llevaron a cabo comenzando con la menor concentración. Se utilizó una placa específica para controlar la carga microbiana del ambiente, la

cual se dejó reposar para permitir la solidificación del agar. Todas las placas se incubaron a una temperatura de 22 a 25 °C durante 5 días.

2.2.3.2. Estimación de vida útil mediante la modelo Monod-hinshelwood

Es importante destacar que este proceso se llevó a cabo tanto en el día 1, día 7, día 15 y día 30, para su respectivo análisis de vida útil. Considerando el contenido del análisis microbiológico se aplicó en el modelo de Monod – Hinshelwood para determinar la vida útil del producto, se expresó de la siguiente forma:

$$t = \frac{Log\ N_s - Log\ N_0}{Log\ 2} * Tg$$

Ecuación (5).

Donde:

$N_0 = \frac{UFC}{g} valor\ inicial\ presente\ en\ el\ producto$

$N_s = \frac{UFC}{g}\ valor\ máximo\ establecido\ en\ la\ norma$

$Tg = tiempo\ de\ generación\ de\ la\ carga\ microbiana\ presente\ en\ el\ producto$

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Determinación de la mejor combinación de temperatura de entrada y salida en el secado por aspersión de la clara de huevo de codorniz en polvo.

3.1.1.1. Determinación de sólidos de la clara de huevo pasteurizado

Las claras de huevo fueron pasteurizadas a 70°C por 3 minutos en baño maría, según **Ekpo et al. (2022)**, la pasteurización de la clara de huevo líquida se lo realiza a partir de temperaturas mayor a 60 °C con un tiempo de 4 minutos para evitar la proliferación de microorganismos. Se determino el porcentaje de humedad de la clara de huevo líquida pasteurizada obteniendo un resultado de 86,99% y además se analizó el contenido de sólidos totales obteniendo un valor de 13.01%. Según **Sun et al., (2019)**, el porcentaje de humedad presente en la clara de huevo de codorniz es de 87.7 %, por lo tanto, el valor obtenido en este trabajo es similar a dicha investigación. También, **Vargas-Del-río et. al. (2022),** para el proceso de secado por aspersión de la clara de huevo de gallina reporta concentraciones de sólidos totales de 10.60 – 16.37%, valores que concuerdan con los obtenidos.

3.1.1.2. Selección de temperaturas de entrada y salida del secado por aspersión

El estudio de las temperaturas de entrada y salida del secado se visualizan en la Tabla 2, para cada uno de los tratamientos planteados, se determinó las temperaturas mediante el uso de un diagrama psicrométrico con la finalidad de obtener un producto final con una humedad del 10 %. De acuerdo con **Tao et al. (2024)**, los valores de temperatura de entrada y salida para un eficiente secado por aspersión se establecen entre 100 a 160°C y entre 60 a 90 °C, respectivamente.

En el análisis realizado por **Esquivel et al. (2015)**, se establece que, si la temperatura de entrada es baja, la velocidad de evaporación disminuye por ende el contenido de agua será mayor y las partículas de mayor tamaño. Entonces, la temperatura de entrada influye principalmente en la calidad y eficiencia del producto, permitiendo acelerar el proceso de evaporación del líquido para que se forme las partículas en polvo **(Piñón et al., 2020)**.

Después del proceso de secado por aspersión se obtuvo los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Porcentajes del rendimiento y proteína de los tratamientos del secado por aspersión.

Tratamiento	Temperatura (°C)		Rendimiento producto final (%)	Proteína (%)
	Inicio	Final		
1	120	80	6.3	84.553 ± 0.012^{a}
2	140	90	7.69	86.215 ± 0.803^{a}
3	160	90	10	93.237 ± 0.305^{b}

Nota: Los resultados en el caso de la proteína son el promedio de dos repeticiones.

3.1.1.3. Rendimiento del proceso de secado de la clara de huevo de codorniz

La determinación del rendimiento del proceso de secado de la clara de huevo de codorniz se realizó a tres distintas temperaturas. En la tabla 2, se muestra los resultados del porcentaje del rendimiento de cada tratamiento planteado. Se observa que los valores obtenidos en el presente estudio son bajos, comparados con aquellos reportados por **Cegledi et al. (2022)**, quienes establecen que el rendimiento del secado por aspersión abarca valores entre 64.63 – 87.23%, para que sea eficaz. Esto podría venir dado por la aglomeración de las partículas en la cámara de secado lo que hace que el proceso tenga un colapso y que el producto final sea limitado. De acuerdo con **Samborska et al. (2022)**, las temperaturas de entrada deben ser lo más alto posible ya que permiten obtener una menor cantidad de agua en el producto, evitando que se peguen las partículas en la cámara de secado del Spray Drying.

De acuerdo con el estudio de **Arrazola et al. (2014)**, el proceso de secado por aspersión es considerado como una de las técnicas que puede generar altos rendimientos por el corto tiempo de secado, sin embargo, dentro de las limitaciones es la obtención de un bajo porcentaje de rendimiento en el proceso de debido a la alta viscosidad de la materia prima, provocando que los sólidos se adhieran a la cámara generando que el proceso no sea de forma eficaz.

3.1.1.4. Análisis estadístico del mejor tratamiento

Los resultados obtenidos del análisis estadístico, realizado por la aplicación IBM SPSS Statistics con un diseño completamente aleatorio (DCA), indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos. A través del análisis comparativo TUKEY, destaca que, en términos de contenido de proteínas, los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente similares, mientras el tratamiento 3 difiere significativamente. Por lo tanto, según el análisis del contenido de proteínas, el tratamiento 3 resulta ser el mejor, representando un valor superior en comparación con los demás tratamientos (tabla 2).

3.1.1.5. Análisis proteico

En la tabla 2 se muestra el contenido de proteína en el producto en polvo realizado por el proceso de secado por aspersión. Los resultados indican que el tratamiento 3 presenta el mayor porcentaje de proteína, con un 93.237 %. En particular, la clara de huevo es considerada como uno de los alimentos que se caracteriza por tener un alto porcentaje de proteína, dentro de estas proteínas se encuentran aminoácidos esenciales, entre ellas, las más abundantes son la ovoalbúmina, ovotransferrina y la lisozima **(Ramírez et al., 2021)**. **Chen et al. (2021)**, mencionan que la cantidad de proteína en el proceso de secado por aspersión puede presentar un aumento en sus valores debido a las temperaturas. Sin embargo, también señalan que este proceso es más seguro, ya que mantiene altos valores de contenido de proteína en comparación con otros procesos de secado como la liofilización **(Chen et al., 2021)**.

Por otra parte, cabe señalar que el mejor tratamiento en cuanto al contenido de proteína en este proceso se obtuvo con una temperatura de entrada de 160 ºC y de salida de 90 °C. En un estudio realizado por **Dong et al. (2024)**, se reporta un valor similar de 96.19 % en el contenido de proteína obtenido mediante el proceso de secado por aspersión. Además, en este estudio describe que el proceso proporciona un mayor contenido de aminoácidos esenciales, donde, inició con una temperatura de entrada de 180°C y una temperatura final de 69°C. Esto sugiere que las temperaturas fueron adecuadas, sin llegar a afectar de manera adversa al contenido de proteína. De acuerdo con la Normativa **NTE INEN 1973 (2011)**, diseñada para huevos comerciales y ovoproductos, se especifica que el contenido de proteína no debe ser menor al 45% para que el producto en polvo sea apto para el consumo.

Samborska et al. (2022), determinaron que las proteínas no se ven afectadas por las temperaturas de entrada y salida, cuando estas varían entre 160 a 180 °C y 60 a 90 °C, respectivamente. Además, mencionan que las temperaturas superiores a 200 °C existen la probabilidad de afectar el contenido proteico de los

alimentos. Esto se debe a que, al estar a altas temperaturas, el proceso se realiza en menor tiempo, lo que provoca que solo se evapore el contenido de agua del alimento, evitando que sus propiedades nutricionales se vean afectadas. Según **Li et al. (2020)**, el contenido de proteína se mantiene eficazmente en el proceso de secado, manteniendo su estabilidad, debido a que las partículas de proteína tienen la capacidad de formar una película delgada a su alrededor, lo que las protege y permite obtener un producto de alta calidad.

3.1.2. Evaluación de las características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo obtenida.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las características fisicoquímicas para el mejor tratamiento de clara de huevo en polvo.

Tabla 3.

Características fisicoquímicas de la clara de huevo en polvo en el mejor tratamiento.

Parámetro	Mejor tratamiento de secado
Humedad (%)	8.543±0.478
pH	10.64±0.021
Índice de solubilidad (%)	80
Ceniza (%)	5.93±0.113
Grasa (%)	0.7

Nota: Los análisis fisicoquímicos realizados son el promedio de dos repeticiones.

3.1.2.1. Humedad

En la tabla 3, la humedad del producto en polvo obtenido en el mejor tratamiento fue menor al 10%. Un estudio reportado por **Tran & Nguyen (2018)**, muestra resultados similares a los de esta investigación, con un porcentaje de humedad del 8.49% al utilizar una temperatura de entrada de 150 °C en el proceso de secado. Esto indica que, a mayor temperatura de entrada, el contenido de humedad en el producto disminuye, debido a que, al incrementar la temperatura, aumenta la evaporación del agua presente en el alimento.

Por otra parte, **Hinostroza et al. (2024)**, determinaron un rango de humedad entre 1.5% y 9.49% en el proceso de secado por aspersión, resaltando que el contenido de humedad está relacionado directamente con la concentración de sólidos en el alimento. Este control se realiza con el fin de conservar el producto y asegurar su estabilidad durante el almacenamiento. En este sentido, **Piñón et al. (2020)**, establecen que es necesario iniciar el proceso de secado con una alta temperatura para eliminar la mayor cantidad posible de humedad del producto. En la industria alimentaria, el control de la humedad se gestiona mediante la regulación de las temperaturas de inicio y salida durante este proceso, lo cual es crucial para obtener un producto en polvo de calidad y prolongar su vida útil sin causar reacciones químicas y evitando el crecimiento de microorganismos **(Abdullah et al., 2020)**. De acuerdo con la Normativa **NTE INEN 1973 (2011)**, diseñada para huevos comerciales y ovoproductos, el contenido de humedad debe ser de hasta un 8% para que el producto sea aceptado y comercializado.

3.1.2.2. pH

El pH de los alimentos es uno de los parámetros más importantes, ya que determina la probabilidad de deterioro, la vida útil y las propiedades nutricionales **(Acosta, 2008)**. En la tabla 3, el mejor tratamiento proporcionó un valor de pH de 10.64 en la clara de huevo en polvo. Este resultado es similar al obtenido en un estudio realizado por **Castillo (2022)**, quien estableció que la clara de huevo en polvo deshidratada debe tener un valor de pH entre 7.0 y 10.5 para que pueda ser comercializada y consumida. Además, describe que al tener un pH mayor a 7 puede evitar el crecimiento de microorganismos y mejorar su conservación.

Asimismo, en otro estudio realizado por **Vargas-Del-río et al. (2022)**, se reporta un valor de 9.78±0.08 para la clara de huevo en polvo obtenida por secado por aspersión. Estos autores resaltan que el incremento de pH puede provocar cambios en sus propiedades durante el proceso de secado, lo cual ocurre cuando se pierde CO2 en el producto en estado líquido antes de que se evaporice por completo.

3.1.2.3. Índice de solubilidad en agua

El índice de solubilidad en agua presentado en la tabla 3, alcanzó un valor del 80%. De acuerdo con **Serna et al. (2015)**, el índice de solubilidad tiene altos valores cuando el tamaño de la partícula es pequeño, ya que estas tienden a diluirse a una mayor velocidad que las partículas grandes. Esto implica que la mayor parte de sus partículas son solubles en agua y tienen una interacción proteína – agua. Además, mediante la solubilidad en agua se puede analizar el comportamiento y la calidad de la solución. El valor obtenido es

similar al reportado en el análisis realizado por **Lisiecka et al. (2023)**, quienes establecen valores de la solubilidad entre el 84.85 y el 91.29 % en el proceso de secado. Asimismo, señalan que este parámetro es importante tanto para su reconstitución como para realizar el proceso de encapsulación.

3.1.2.4. Ceniza

Las cenizas en los productos en polvo son aquellos residuos inorgánicos que quedan después de ser sometido el producto a altas temperaturas durante el proceso de secado. Dentro del contenido de cenizas se encuentran compuestos minerales, y esta propiedad se considera como un indicador de la calidad del producto **(Czaja et al., 2020)**. En la tabla 3, se obtuvo un valor de 5.93 % de cenizas. Los resultados del contenido de ceniza concuerdan con el análisis realizado por **Burley & Patterson (2017)**, quienes obtuvieron valores donde el contenido de cenizas fue 6% en el proceso de secado de la clara de huevo de gallina. Mediante un estudio realizado por **Caliskan & Nur (2013)**, resalta que los valores del contenido de ceniza pueden disminuir cuando las temperaturas de entrada y salida tienen efectos en este parámetro.

3.1.2.5. Color

Los resultados obtenidos del análisis de color del producto en polvo son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4.
Análisis del color de la clara de huevo en polvo en el mejor tratamiento.

Color	Promedio
L*	96.85±0.495
a*	-0.85±0.071
b*	7.5±0

Nota: Los resultados del color son el promedio de dos repeticiones.

En la tabla 4 se observa el análisis de color, desarrollado por la temperatura de secado por aspersión. Se deduce que L* representa una coloración de luminosidad, a* es negativo por lo que representa una coloración verde y b* representa una coloración amarilla. Los valores obtenidos son similares al análisis realizado por **Vargas-Del-río et al. (2022),** quienes establecieron valores de color para L*= 95.6±0.2, a*= -0.6±0.2 y b*= 8.0 ±1.2 a partir del secado de la clara de huevo de gallina con una temperatura de 120 °C

en la entrada del proceso. Además, de acuerdo con la normativa **NTE INEN 1973 (2011)**, diseñada para huevos comerciales y ovoproductos, se establece que no debe tener ningún tipo de colorantes. Según **Drozłowska et al. (2021)**, el color amarillo en las muestras en polvo es ocasionado por la reacción de Maillard después del proceso de secado.

3.1.2.6. Grasa

En la tabla 3, el contenido de grasa en el producto en polvo fue un valor relativamente bajo. Este parámetro es importante ya que la clara del huevo es popular por su bajo contenido de grasa en comparación con la yema. De acuerdo con la Normativa **NTE INEN 1973 (2011)**, diseñada para huevos comerciales y ovoproductos, se especifica que el contenido de grasa debe ser menor al 42% para que el producto en polvo sea apto para el consumo y para su comercialización. El porcentaje de grasa concuerda con un estudio realizado por **Vargas-Del-río et al. (2022)**, en donde se obtuvo un valor de 1.21% en la clara de huevo de gallina en polvo determinado por el secado por aspersión.

A partir de un estudio realizado por **Keshani et al. (2015)**, el contenido de grasa impacta directamente en el rendimiento del producto secado por aspersión. Es decir, un contenido bajo de grasa tiende a disminuir el rendimiento, lo cual, esto viene influenciado por diversas condiciones del proceso de secado por aspersión, como la temperatura, la velocidad del aire y la humedad del alimento. Sin embargo, un nivel bajo de grasa puede mejorar la estabilidad y la estructura del producto.

3.1.3. Estimación del tiempo de vida útil mediante análisis microbiológico del producto obtenido.

3.1.3.1. Análisis microbiológico

A continuación, se muestra los análisis microbiológicos del mejor tratamiento de la clara de huevo en polvo.

Tabla 5.

Análisis microbiológico del mejor tratamiento de la clara de huevo en polvo.

Tiempo	Salmonella (UFC/g)	*E. coli* (UFC/g)	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos (UPM/g)	Levaduras (UPL/g)
Día 1	Ausencia	Ausencia	$4.0x10^3$	10	10
Día 7	Ausencia	Ausencia	$2.7x10^3$	10	10
Día 15	Ausencia	Ausencia	$7.3x10^2$	15	10
Día 30	Ausencia	Ausencia	$6.9x10^2$	15	10

Nota: Los análisis fueron realizados en el laboratorio de control y análisis de alimentos (LACONAL). **UFC/g**: Unidades Formadora de Colonias por gramo, **UPM/g**: Unidades Propagadoras de Mohos por gramo y **UPL/g**: Unidades Propagadoras de Levaduras por gramo.

3.1.3.1.1. Salmonella

En la tabla 5, los resultados obtenidos a través del análisis de salmonella de la clara de huevo en polvo concuerdan con lo establecido con la norma **NTE INEN 1973 (2011)**, especificado para huevos y ovoproductos. Por lo tanto, el contenido cumple con la normativa, lo que garantiza que el producto sea de calidad y garantice una seguridad para su consumo. De acuerdo con el estudio dado por **Kocetkovs et al. (2022)**, el proceso de pasteurización es eficaz porque evita y elimina el crecimiento de microorganismos patógenos, principalmente Salmonella y *E. coli*, gracias a la efectividad del tiempo y las altas temperaturas. Además, establecen que el proceso de pasteurización genera una buena calidad higiénica en el alimento y en sus procesos a elaborar para prolongar su vida útil.

3.1.3.1.2. *Escherichia coli*

En la tabla 5, los resultados obtenidos a través del análisis de *E. coli* de la clara de huevo en polvo concuerdan con lo establecido con la norma **NTE INEN 1973 (2011)**. La normativa requiere la ausencia de *E. coli* en ovoproductos, lo que indica que el producto es de calidad y eficaz para consumirlo y almacenarlo por un tiempo prolongado. **Etriby (2017)**, indica que el producto en polvo debe estar libre de

E. coli, ya que mediante el proceso de pasteurización eliminará completamente este microorganismo, asegurando así que se cumplan los estándares de calidad.

3.1.3.1.3. Aerobios Mesófilos

El análisis de aerobios mesófilos en la clara de huevo en polvo se observa en la tabla 5. De acuerdo con la norma **NTE INEN 1973 (2011)**, el valor mínimo del 10^4 UFC/g y un valor máximo del $5x10^4$ UFC/g. Los resultados obtenidos indican valores inferiores a lo establecido por la normativa, es decir, cumplen con los estándares requeridos para huevos y ovoproductos.

De acuerdo con un estudio realizado por **Bashir et al. (2023)**, los valores de aerobios mesófilos en el producto en polvo son inferiores a 40.000 UFC/g establecidos por la Autoridad de Normas de Seguridad Alimentaria de la India (FSSAI), proporcionando así una garantía de seguridad microbiológica. Además, en este estudio describe la importancia de las condiciones óptimas para el almacenamiento para prevenir el crecimiento de estos microorganismos. Por lo tanto, los distintos valores de los aerobios mesófilos son ocasionados por las condiciones de temperatura y humedad en su almacenamiento, de igual manera esto contribuye a la prolongación de la vida útil del producto.

3.1.3.1.4. Mohos y Levaduras

El análisis de mohos y levaduras de la clara de huevo en polvo se presenta en la tabla 5. Los resultados cumplen con los parámetros establecidos por la normativa NTE INEN 2471, especifica un valor mínimo de para mohos y levaduras en productos en polvo. Por lo tanto, en dicho análisis cumple con la normativa, el mayor contenido durante el transcurso del tiempo para mohos fue de 15 (UPM/g) y para levaduras fue de 10 (UPL/g) lo que significa que el producto es de alta calidad, presentando niveles inferiores de estos microorganismos. El estudio realizado por **Suhag et al. (2021)**, establece que el contenido de mohos y levaduras en los alimentos en polvo permite conocer la seguridad del producto, permitiendo su comercialización y consumo. Además, el crecimiento de estos microorganismos está relacionado con el contenido de agua en el alimento en polvo, con la finalidad de obtener una estabilidad microbiana en su almacenamiento.

3.1.3.2. Comportamiento microbiológico

En la figura 2, los resultados indican que los niveles de microorganismos aerobios mesófilos se mantienen por debajo de los límites establecidos por la Normativa Técnica Ecuatoriana. **Alp & Bulantekin (2021)**, establecen que, en alimentos en polvo, los aerobios mesófilos tardan en desarrollarse debido a la baja cantidad de humedad presente en estos productos. Además, señala que, para prevenir el crecimiento de estos microorganismos, los productos deben mantenerse en condiciones libres de humedad. **Alamri et al. (2021)**, indican que el contenido de microorganismos puede aumentar cuando el producto se almacena en diferentes tipos de envases, especialmente en bolsas de plástico, ya que estas aumentan la cantidad de humedad, favoreciendo así el crecimiento microbiano. Por lo tanto, recomienda que el recipiente ideal sea de vidrio hermético.

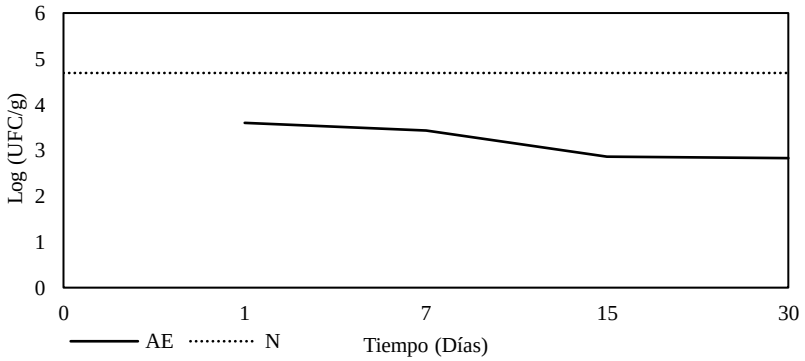


Figura 2. Comportamiento de aerobios mesófilos durante un período de 30 días.

Nota: AE: valor obtenido en el análisis y **N:** límite establecido por la normativa NTE INEN.

En la figura 3, los resultados indican un incremento de moho, sin embargo, el producto no se ve afectado, ya que los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa NTE INEN. Según **Dagnas & Membré (2013)**, reportan que los alimentos en polvo son susceptibles al desarrollo de hongos y que el crecimiento de estos microorganismos viene generado cuando las esporas están expuestas con el aire, ocasionando un incremento microbiano durante el almacenamiento del producto.

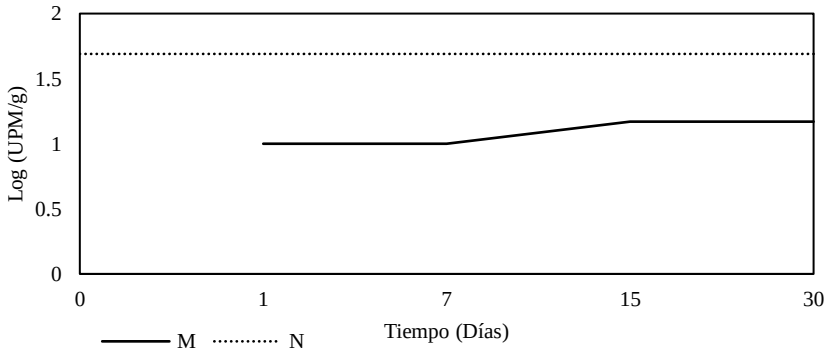


Figura 3. Comportamiento de mohos durante un período de 30 días.

Nota: **M:** valor obtenido en el análisis y **N:** límite establecido por la normativa NTE INEN.

La figura 4 muestra el comportamiento de las levaduras, cuyos recuentos son similares en los días 1, 7, 15 y 30. Los resultados se encuentran por debajo de los límites permitidos por la normativa. De acuerdo con el estudio de **Suhag et al. (2021)**, las levaduras se mantienen estables si existe un bajo contenido de humedad, la cual, esto genera un impacto con la vida útil del producto ya que permite garantizar un buen almacenamiento.

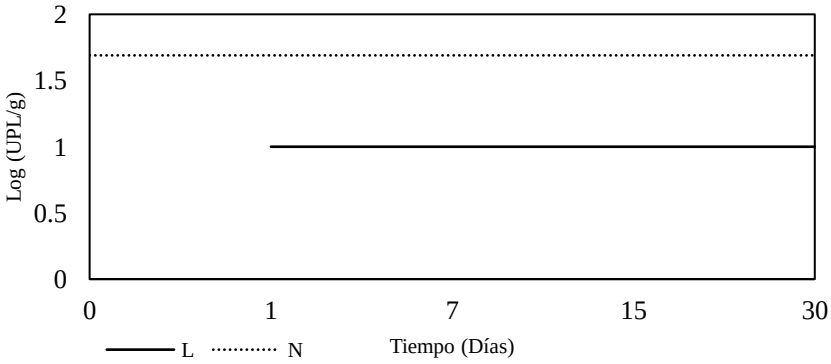


Figura 4. Comportamiento de levaduras durante un período de 30 días.

Nota: L: valor obtenido en el análisis y **N:** límite establecido por la normativa NTE INEN.

3.1.3.3. Estimación de vida útil mediante el modelo Monod – Hinshelwood

Cálculo demostrativo del modelo de Monod – Hinshelwood de mohos.

$$t = \frac{Log\ (50) - Log\ (15)}{Log\ 2} * 30$$

$$t = \frac{1.69 - 1.17}{0.30} * 30$$

$$t = 52\ días$$

Después del análisis microbiológico del producto en polvo, se obtuvo los resultados que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6.
Análisis de vida útil.

Microorganismo	Vida útil (Días)
Aerobios mesófilos	126
Mohos	52
Levaduras	69

En la tabla 6, se observa la estimación de vida útil del mejor tratamiento de la clara de huevo en polvo, dado por el análisis microbiológico y por el modelo de Monod – Hinshelwood. Los resultados estiman un tiempo de vida útil de 52 días en base al comportamiento de mohos.

Mediante un estudio reportado por **Torres et al. (2021)**, determinó que los alimentos que son secados tienen una larga vida útil, influenciada por la temperatura a la que se encuentra almacenada. Es decir, si la temperatura aumenta, la vida útil del producto disminuye, afectando de manera negativa su aceptación. Estos autores establecen que la mejor temperatura para almacenar los alimentos en polvo es entre 15 a 35 °C, lo cual puede extender su vida útil de 3 a 9 meses. Además, señalaron que si existe una coloración oscura en el alimento puede generar efectos negativos en sus propiedades nutricionales y organolépticas.

Por otra parte, la estimación de vida útil está directamente influenciada por el contenido de humedad del producto. Al reducir la humedad en el producto en polvo se puede lograr una actividad de agua con valores inferiores a 0.85. Mediante este parámetro se puede garantizar una seguridad alimentaria, ya que evita el crecimiento de microorganismos y se puede tener una vida útil prolongada en condiciones ambientales, permitiendo su consumo sin provocar ningún riesgo ni alteración a la salud por estos microorganismos **(Vargas, 2015)**. Un estudio similar de **Bashir et al. (2023)**, muestran que la vida útil en los productos en polvo almacenados en condiciones ambientales fue de 50 a 104 días.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se evaluó las temperaturas de entrada de secado por aspersión para la producción de clara de huevo de codorniz en polvo. El mejor tratamiento en términos proteicos se analizó distintas propiedades fisicoquímicas como microbiológicas.

- Se determino la mejor combinación de temperaturas de entrada y salida para el secado por aspersión para la clara de huevo de codorniz en polvo, en base al diagrama psicrométrico y al rendimiento del producto final. Además, se realizó el análisis de proteínas para los tratamientos. Obteniéndose el 93.237% para el tratamiento 3 de la clara de huevo en polvo, donde aplico las temperaturas de 160 °C y 90 °C en la entrada y salida.

- Se evaluó las características fisicoquímicas en el mejor tratamiento de la clara de huevo en polvo, los resultados de los diversos análisis se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1973 para huevos y ovoproductos.

- El tiempo de vida útil para el mejor tratamiento en polvo es de 52 días en base al comportamiento microbiano, específicamente de los mohos debido a un incremento de UPM/g en los días analizados.

4.2. Recomendaciones

- Realizar un análisis de textura de la clara de huevo en polvo obtenido en las diferentes temperaturas mediante la técnica de secado por aspersión.

- Comparar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con un proceso distinto al proceso de secado por aspersión con la finalidad de observar si existe una diferencia significativa entre sus propiedades.

- Realizar el secado por aspersión con distintas diluciones, ya sea maltodextrina o sacarosa, con el objetivo de comprender si afecta de manera relativa en el contenido de proteína y en el rendimiento en la clara de huevo de codorniz.

C. MATERIALES DE REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

Abdullah, Z., Taip, F., Kamal, S., & Abdul, R. (2020). Nonlinear model-based inferential control of moisture content of spray dried coconut milk. *Foods*, *9*(9). https://doi.org/10.3390/foods9091177

Acosta, R. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos* (1st ed.). https://www.google.com.ec/books/edition/Saneamiento_ambiental_e_higiene_de_los_a/g7YIShB-SXsC?hl=es-419&gbpv=1&dq=pH+en+alimentos+en+polvo&pg=PA102&printsec=frontcover

Agina, O., Chukwudi, C., David, S., & Okoye, C. (2020). Comparative effect of quail and chicken egg consumption on lipid profile, total proteins and blood parameters of male albino rats (Rattus norvegicus). *Comparative Clinical Pathology*, *29*(3), 745–754. https://doi.org/10.1007/s00580-020-03106-y

Alamri, M. S., Qasem, A. A. A., Mohamed, A. A., Hussain, S., Ibraheem, M. A., Shamlan, G., Alqah, H. A., & Qasha, A. S. (2021). Food packaging's materials: A food safety perspective. In *Saudi Journal of Biological Sciences* (Vol. 28, Issue 8, pp. 4490–4499). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.047

Alp, D., & Bulantekin, Ö. (2021). The microbiological quality of various foods dried by applying different drying methods: a review. In *European Food Research and Technology* (Vol. 247, Issue 6, pp. 1333–1343). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s00217-021-03731-z

AOAC Ed20. 923.03. (2016). *Determinación de cenizas: Gravimetría*.

AOAC Ed20. 925.10. (2016). *Determinación de humedad: Gravimetría*.

Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de antocianinas de berenjena (Solanum melongena L.) mediante Secado por aspersión y evaluación de la estabilidad de su color y capacidad antioxidante. *Informacion Tecnologica*, *25*(3), 31–42. https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006

Azhar, M. D., Hashib, S. A., Ibrahim, U. K., & Rahman, N. A. (2020). Development of carrier material for food applications in spray drying technology: An overview. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 1371–1375. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.140

Bas, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2020). Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/su12041284

Bashir, O., Hussain, S., Ameer, K., Amin, T., Beenish, Ahmed, I. A. M., & Aljobair, M. (2023). Influence of Anticaking Agents and Storage Conditions on Quality Characteristics of Spray Dried Apricot Powder: Shelf Life Prediction Studies Using Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) Model. *Foods*, *12*(1). https://doi.org/10.3390/foods12010171

Burley, H., & Patterson, P. (2017). Brazil nut meal and spray-dried egg powders as alternatives to synthetic methionine in organic laying hen diets. *Poultry Science*, *96*(11), 3994–4005. https://doi.org/10.3382/PS/PEX222

Calín, Á., Lipan, L., Cano, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell, Á., & Figiel, A. (2020). Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. *Foods*, *9*(9). https://doi.org/10.3390/foods9091261

Caliskan, G., & Nur, S. (2013). The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. *Food and Bioproducts Processing*, *91*(4), 539–548. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.06.004

Camino, F., López, H., & Gutierrez, J. (2020). The development and application of sticky-point models to spray drying processes for the manufacturing of nutritional powder products and infant formulas. *Journal of Food Engineering*, *279*. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109947

Casanova, M. (2013). *Secado por aspersión de jugos de frutas: efecto de las variables de proceso sobre el producto final*. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/d0458f01-5a5e-452c-9c4b-0e940e050cbc/content

Castillo, V. (2022). *Factores que influyen en la producción de clara de huevo en polvo con propiedades funcionales naturales reducidas*. https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/39103855-155a-40cb-8e1d-f115c3b6b28d/content

Cegledi, E., Garofulić, I. E., Zorić, Z., Roje, M., & Dragović-Uzelac, V. (2022). Effect of Spray Drying Encapsulation on Nettle Leaf Extract Powder Properties, Polyphenols and Their Bioavailability. *Foods*, *11*(18). https://doi.org/10.3390/FOODS11182852/S1

Chen, W., Chiu, H., Feng, Z., Maes, E., & Serventi, L. (2021). Effect of Spray-Drying and Freeze-Drying on the Composition, Physical Properties, and Sensory Quality of Pea Processing Water (Liluva). *Foods*, *10*(6), 1401. https://doi.org/10.3390/FOODS10061401

Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*, *9*(3). https://doi.org/10.3390/foods9030280

Dagnas, S. P., & Membré, J. M. (2013). Predicting and preventing mold spoilage of food products. In *Journal of Food Protection* (Vol. 76, Issue 3, pp. 538–551). https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-349

Dantas, A., Costa, D., Felipe, X., & Gou, P. (2023). Innovations in spray drying technology for liquid food processing: design, mechanisms, and potential for application. *Applied Food Research*, *4*. https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100382

Dong, X., Woo, M., & Quek, S. (2024). The physicochemical properties, functionality, and digestibility of hempseed protein isolate as impacted by spray drying and freeze drying. *Food Chemistry*, *433*. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.137310

Drozłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., Bienkiewicz, G., & Łopusiewicz, Ł. (2021). The influence of flaxseed oil cake extract on oxidative stability of microencapsulated flaxseed oil in spray-dried powders. *Antioxidants*, *10*(2), 1–17. https://doi.org/10.3390/antiox10020211

Ekpo, K., Osseyi, G., Dossou, J., & Ahyi, V. (2022). Comparative Study of the Physicochemical and Microbiological Quality of Liquid, Freeze-Dried, Hot Air-Dried, and Pasteurized Quail Eggs Produced in Benin. *International Journal of Food Science*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/1991659

Elisama, R., & Elane, P. (2023). A comprehensive approach about comparison between drying technologies and powdered dairy products. *Food Research International*, *173*, 113–326. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113326

Esquivel, B., Ochoa, L., & Rutiaga, O. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, *16*(2), 180–192. https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf

Etriby, D. (2017). Microbiological Study of Some Cheese and Milk Powder Samples. *The Egyptian Journal of Medical Microbiology*, *26*(1), 25–32. https://doi.org/10.12816/0046269

Gawałek, J. (2021). Effect of spray dryer scale size on the properties of dried beetroot juice. *Molecules*, *26*(21). https://doi.org/10.3390/molecules26216700

González, M., Chong, S., Cruz, Y., Ruiz, M., & Cerón, G. (2022). Evaluación de nano secado por aspersión a alta concentración de alimentación. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, *10*, 172–177. https://doi.org/10.29057/ICBI.V10IESPECIAL7.9836

Haqani, M., Nomura, S., Nakano, M., Goto, T., Nagano, A. J., Takenouchi, A., Nakamura, Y., Ishikawa, A., & Tsudzuki, M. (2021). Mapping of quantitative trait loci controlling egg-quality and-production traits in japanese quail (Coturnix japonica) using restriction-site associated dna sequencing. *Genes*, *12*(5). https://doi.org/10.3390/genes12050735

Hinostroza-Quiñonez, G., Alcántara-Mucha, L., Espinoza-Silva, C., Quispe-Solano, M., & Saavedra-Mallma, N. (2024). Physicochemical and functional properties of microcapsules of papaya seed extract (Carica papaya L.) obtained by spray drying. *NFS Journal*, *35*. https://doi.org/10.1016/j.nfs.2024.100164

Höhne, S., Taboada, M. L., Schröder, J., Gomez, C., Karbstein, H. P., & Gaukel, V. (2024). Influence of Nozzle Geometry and Scale-Up on Oil Droplet Breakup in the Atomization Step during Spray Drying of Emulsions. *Fluids*, *9*(3), 70. https://doi.org/10.3390/fluids9030070

Inga, E. (2022). Factores determinantes para la incubación de huevos de codorniz. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19597

Ireneusz, Z., Krzysztof, C., & Bang, G. (2022). Mechanism of Particle Agglomeration for Single and Multi-Nozzle Atomization in Spray Drying: A Review. *Processes*, *10*(4). https://doi.org/10.3390/pr10040727

Keshani, S., Daud, W., Nourouzi, M., Namvar, F., & Ghasemi, M. (2015). Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 146, pp. 152–162). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.004

Kocetkovs, V., Radenkovs, V., Juhnevica-Radenkova, K., & Muizniece-Brasava, S. (2022). Variation in the Fatty Acid and Amino Acid Profiles of Pasteurized Liquid Whole Hen Egg Products Stored in Four Types of Packaging. *Animals* , *12*(21), 2990. https://doi.org/10.3390/ANI12212990

Li, J., Sun, J., Gu, L., Su, Y., Yang, Y., Chang, C., & Han, Q. (2023). Foaming properties of dried egg white at different outlet temperatures. *Journal of Food Engineering*, *343*, 111379. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2022.111379

Li, K., Pan, B., Ma, L., Miao, S., & Ji, J. (2020). Effect of dextrose equivalent on maltodextrin/whey protein spray-dried powder microcapsules and dynamic release of loaded flavor during storage and powder rehydration. *Foods*, *9*(12). https://doi.org/10.3390/foods9121878

Lisiecka, K., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., & Różyło, R. (2023). Influence of Soluble Fiber as a Carrier on Antioxidant and Physical Properties of Powders Produced Based on the Spray Drying of Malvae arboreae flos Aqueous Extracts. *Foods*, *12*(18). https://doi.org/10.3390/foods12183363

Liu, Y., Song, M., Bai, H., Wang, C., Wang, F., & Yuan, Q. (2024). Curcumin improves the egg quality, antioxidant activity, and intestinal microbiota of quails during the late laying period. *Poultry Science*, *103*(1). https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103233

Luo, X., Wang, Q., Wu, Y., Duan, W., Zhang, Y., Geng, F., Song, H., Huang, Q., & An, F. (2022). Mechanism of effect of heating temperature on functional characteristics of thick egg white. *LWT*, *154*, 112807. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112807

Marante, T., Viegas, C., Duarte, I., Macedo, A., & Fonte, P. (2020). An overview on spray-drying of protein-loaded polymeric nanoparticles for dry powder inhalation. *Pharmaceutics*, *12*(11), 1–23. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12111032

Mera, L. (2015). *Comparación de los mètodos kjeldahl y dumas para análisis de proteína cruda en materias primas y productos terminados en una planta de alimentos balanceados*. https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b5e6c91f-b861-452f-9941-584406ede25f/content

Mohammadi, X., Deng, Y., Matinfar, G., Singh, A., Mandal, R., & Pratap, A. (2020). Impact of three different dehydration methods on nutritional values and sensory quality of dried broccoli, oranges, and carrots. *Foods*, *9*(10). https://doi.org/10.3390/foods9101464

Mohammed, N., Tan, C., Manap, Y., Muhialdin, B., & Hussin, A. (2020). Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review. *Molecules*, *25*(17). https://doi.org/10.3390/molecules25173873

Mokhtarzadeh, S., Nobakht, A., Mehmannavaz, Y., Palangi, V., Eseceli, H., & Lackner, M. (2022). Impacts of Continuous and Intermittent Use of Bovine Colostrum on Laying Japanese Quails: Egg Performance and Traits, Blood Biochemical and Antioxidant Status. *Animals*, *12*(20). https://doi.org/10.3390/ani12202811

Narushin, V. G., Volkova, N. A., Vetokh, A. N., Dzhagaev, A. Y., Volkova, L. A., Griffin, D. K., Romanov, M. N., & Zinovieva, N. A. (2024). Metabolic Rate and Egg Production in Japanese Quails Can Be Predicted by Assessing Growth Parameters of Laying Hens. *Animals*, *14*(2). https://doi.org/10.3390/ani14020258

Nora, I., Usama, A., Mohamed, E.-K., Atef, A., Mohammed, A., Khaled, E.-T., & Fayiz, R. (2024). The relationship between eggshell color, hatching traits, fertility, mortality, and some qualitative aspects of Japanese quail (Coturnix japonica) eggs. *Poultry Science*, *103*(2). https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103298

Northcutt, J. K., Buyukyavuz, A., & Dawson, P. (2022). Quality of Japanese quail (Coturnix coturnix japonica) eggs after extended refrigerated storage. *Journal of Applied Poultry Research*, *31*(3), 100–280. https://doi.org/10.1016/J.JAPR.2022.100280

NTE INEN 526. (2012). *Harinas de origen vegetal. Determinación de ión hidrógeno o pH*.

NTE INEN 1529-5. (2006). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de las cantidades de microorganismos aerobios mesófilos.*

NTE INEN 1973. (2011). *Huevos comerciales y ovoproductos.*

Ohtake, S., Izutsu, K., & Lechuga, D. (2020). *Drying technologies for biotechnology and pharmaceutical applications*. https://doi.org/10.1002/9783527802104.ch7

Olgun, O., Gül, E., Kılınç, G., Yıldız, A., Çolak, A., & Sarmiento, A. (2022). Performance, Egg Quality, and Yolk Antioxidant Capacity of the Laying Quail in Response to Dietary Choline Levels. *Animals*, *12*(23). https://doi.org/10.3390/ani12233361

Oré, J., Pérez, J., Janampa, K., Cerón, O., & Morales, O. (2020). Deshidratación de frutas en un módulo solar multipropósito. *TECNIA*, *30*(1), 59–65. https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.852

Oviawe, E., Fadason, S., Lawal, M., & Suleiman, M. (2022). Proximate and mineral composition of Japanese quail egg and its possible role in bone healing. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, *20*(2), 111–118. https://doi.org/10.4314/sokjvs.v20i2.5

Panduro, C. (2015). *Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (chenopodium quinoa) sobre el contenido de proteína, color, firmeza y aceptabilidad general de nuggets de pollo* [Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/850/PANDURO_CESAR_SUSTITUCI%c3%93N%20HARINA_TRIGO_QUINUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez, L., & Afanador, A. (2021). *Caracterización tecnológica del huevo entero en polvo para su aprovechamiento en la industria de alimentos*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Pérez, M., Tang, J., Barbosa, G., & Zhu, M. (2021). Influence of water activity and dry-heating time on egg white powders quality. *LWT*, *140*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110717

Piñón, C., Leyva, C., Terán, Y., Espinosa, V., Álvarez, C., & Saavedra, M. (2020). Encapsulation of active ingredients in food industry by spray-drying and nano spray-drying technologies. *Processes*, *8*(8). https://doi.org/10.3390/PR8080889

Ramírez, L., Cortés, M., & Micanquer, A. (2021). El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *20*(1), 221–239. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1438

Renzetti, S., van den Hoek, I. A. F., & van der Sman, R. G. M. (2020). Amino acids, polyols and soluble fibres as sugar replacers in bakery applications: Egg white proteins denaturation controlled by hydrogen bond density of solutions. *Food Hydrocolloids*, *108*. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106034

Salminen, H., Ankenbrand, J., Zeeb, B., Badolato, G., Schäfer, C., Kohlus, R., & Weiss, J. (2019). Influence of spray drying on the stability of food-grade solid lipid nanoparticles. *Food Research International*, *119*, 741–750. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.056

Samborska, K., Poozesh, S., Barańska, A., Sobulska, M., Jedlińska, A., Arpagaus, C., Malekjani, N., & Jafari, S. M. (2022). Innovations in spray drying process for food and pharma industries. *Journal of Food Engineering*, *321*. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2022.110960

Sarabandi, K., Gharehbeglou, P., & Jafari, S. M. (2020). Spray-drying encapsulation of protein hydrolysates and bioactive peptides: Opportunities and challenges. *Drying Technology*, *38*(5–6), 577–595. https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1689399

Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (Mangifera indica) como fuente de ingredientes funcionales. *Informacion Tecnologica*, *26*(2), 41–50. https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006

Silva, Y., Fernandes, T., Muniz, E., Marengoni, N., Carvalho, P., & Silva, N. (2020). Effect of storage time and temperature on the quality of japanese quail eggs. *Boletim de Indústria Animal*, *77*, 1–16. https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1489

Suhag, Y., Nayik, G., Karabagias, I., & Nanda, V. (2021). Development and characterization of a nutritionally rich spray-dried honey powder. *Foods*, *10*(1). https://doi.org/10.3390/foods10010162

Suhem, K., Phothisuwan, S., Kongchoosi, N., & Matan, N. (2023). Controlled release of Litsea cubeba oil from antimicrobial quail egg tray based on water lettuce root and banana stalk to inhibit the growth of pathologic bacteria, and its reusability. *Food Control*, *154*. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.110006

Sun, C., Liu, J., Yang, N., & Xu, G. (2019). Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*, *98*(10), 4516–4521. https://doi.org/10.3382/PS/PEZ259

Tao, Y., Tang, Z., Huang, Q., Xu, X., Cheng, X., Zhang, G., Jing, X., Li, X., Liang, J., Granato, D., & Sun, Y. (2024). Effects of spray drying temperature on physicochemical properties of grapeseed oil microcapsules and the encapsulation efficiency of pterostilbene. *Science and Technology*, *193*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115779

Tolik, D., Poławska, E., Charuta, A., Nowaczewski, S., & Cooper, R. (2014). Characteristics of egg parts, chemical composition and nutritive value of Japanese Quail eggs - A review. *Folia Biologica (Poland)*, *62*(4), 287–292. https://doi.org/10.3409/fb62_4.287

Torres, A., Guerra, M., & Rosquete, Y. (2021). Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de lisina disponible. *Ciencia Tecnologíca Alimentaria*, *21*, 129–133. https://www.scielo.br/j/cta/a/SBsS9MZ4GrC5zgdyYwYc3dR/?format=pdf&lang=es#:~:text=Condiciones%20de%20almacenamiento%20por%20debajo,del%20indicador%20de%20deterioro%20evaluado

Tran, T. T. A., & Nguyen, H. V. H. (2018). Effects of spray-drying temperatures and carriers on physical and antioxidant properties of lemongrass leaf extract powder. *Beverages*, *4*(4). https://doi.org/10.3390/beverages4040084

Urbina, J. (2023). *Análisis unifactorial de los efectos del despique en la produccion de huevos de codorniz (Coturnix coturnix japónica) en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato*. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38260/1/005%20Veterinaria%20-%20Urbina%20Mayorga%20Jordy%20Steven.pdf

Vargas, D. (2015). *Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) en polvo*.

Vargas-Del-río, L. M., García-Figueroa, A., Fernández-Quintero, A., & Rodríguez-Stouvenel, A. (2022). Spray-Drying Hen Eggs: Effects of the Egg Yolk to Egg White Ratio and Sucrose Addition on the Physicochemical, Functional, and Nutritional Properties of Dried Products and on Their Amino Acid Profiles. *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(9). https://doi.org/10.3390/app12094516

Zamora, R., & Chacón, A. (2021). Consumo y venta del huevo de codorniz en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, *15*(2), 162–182. https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.49418

ANEXOS

Anexos 1. Galería de fotos



Imagen 1. Separación y pasteurización de la clara de huevo.

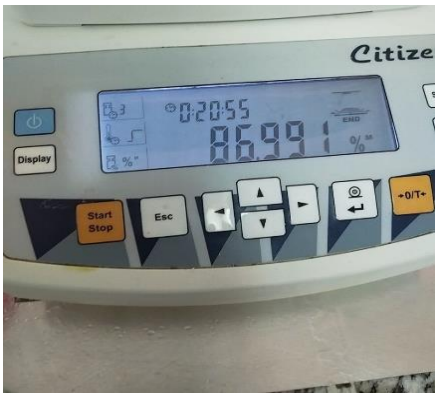


Imagen 2. Porcentaje de humedad de la clara de huevo líquida.

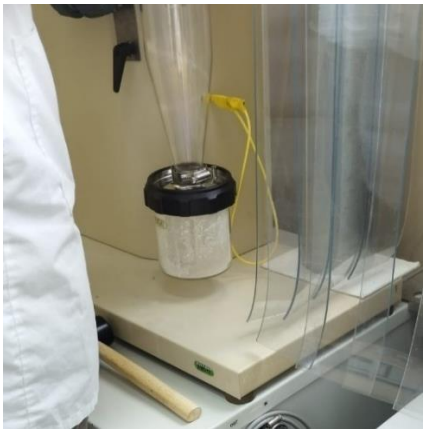


Imagen 3. Proceso de secado por aspersión.



Imagen 4. Empaque del producto obtenido en polvo.



Imagen 5. Determinación de color.

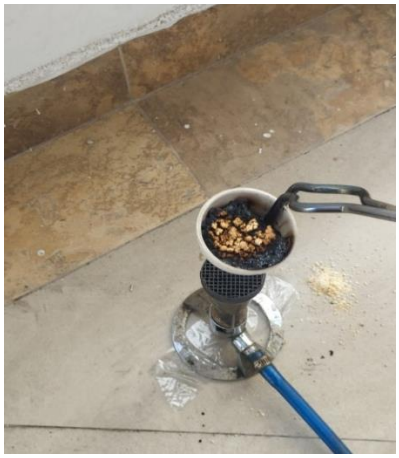


Imagen 6. Determinación de cenizas.



Imagen 7. Determinación del índice de solubilidad.