



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y

MINERALES PREDOMINANTES EN LA MUÑA EN POLVO

(*Minthostachys mollis*) OBTENIDA POR EL MÉTODO DE SECADO

POR ATOMIZACIÓN

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN DIEGO SAMPÉN CONTRERAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A mis queridos padres Luís y Antonia, que supieron guiarme con cariño y sabiduría otorgándome su absoluta consideración, apoyo y comprensión para lograr alcanzar mis objetivos.

A mis queridos hermanos María, José, Ana, Eliazar y Elena, por todo el apoyo mutuo que nos brindamos incondicionalmente, dándonos fuerzas e impulsarnos a que sigamos encaminándonos hacia adelante.

A mi madrina Reneé, por sus palabras de aliento, motivación y sabios consejos para la culminación de mis estudios universitarios y el apoyo brindado para la ejecución de este trabajo de investigación.

Juan Diego.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Del Altiplano – Puno, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios superiores y brindándome la oportunidad de llevar a cabo mi formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería Química y a toda su plana docente y administrativa, quienes con sus enseñanzas y conocimientos contribuyeron para labrar mi vida profesional.

A mi asesor de tesis Dr. Edwin Guido Boza Condorena que con su experiencia, conocimientos, sugerencias y recomendaciones pude ejecutar la realización del presente trabajo de investigación.

Al jurado dictaminador conformado por el presidente M.Sc. Salomón Ttito León, primer miembro Dr. Moisés Pérez Capa y segundo miembro Dr. Roger Huanqui Pérez por sus observaciones y aportes para la realización de esta tesis.

A toda mi familia y amigos en general que en el transcurso de mi vida me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante.

Juan Diego.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN11

ABSTRACT12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Problemas de investigación.14

1.1.1. Problema general 14

1.1.2. Problemas específicos 14

1.2. Justificación de la investigación.15

1.2.1. Justificación social 15

1.2.2. Justificación ambiental 15

1.2.3. Justificación tecnológica 15

1.3. Hipótesis de la investigación.....16

1.3.1. Hipótesis general..... 16

1.3.2. Hipótesis específicas 16

1.4. Objetivos de la investigación.17

1.4.1. Objetivo general..... 17

1.4.2. Objetivos específicos 17



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	19
2.2. Marco teórico.....	20
2.2.1. Secado por atomización.....	20
2.2.2. Productos secados por el método de secado por atomización	21
2.2.3. Generalidades de los productos naturales en polvo	21
2.2.4. Factores que influyen en el secado por atomización.....	21
2.2.5. Procesos tecnológicos para la obtención de productos naturales en polvo	22
2.2.6. Ventajas y desventajas de la operación de secado por atomización	23
2.2.6.1. Ventajas	23
2.2.6.2. Desventajas	24
2.2.7. La muña (<i>Minthostachys Mollis</i>).....	25
2.2.8. Taxonomía de la muña	25
2.2.9. Propiedades botánicas de la muña	26
2.2.10. Composición de la muña	27
2.2.11. Usos de la muña.....	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Equipo e instrumentos.....	31
3.2. Materia prima vegetal (MPV).....	33
3.3. Reactivos.	33



3.4. Materiales experimentales.....	34
3.5. Materiales de laboratorio.	34
3.6. Metodología de investigación.	35
3.6.1. Recolección, selección y lavado de la materia prima vegetal (MPV)	36
3.6.2. Secado natural de una parte de la materia prima vegetal y selección	36
3.6.3. Preparación de los extractos	37
3.6.4. Separación de la materia prima vegetal (MPV) usada	37
3.6.5. Filtración.....	37
3.6.6. Envasado de los extractos.....	37
3.6.7. Secado por atomización.....	38
3.6.8. Obtención de los productos y determinación de sus parámetros de producción.....	38
3.6.9. Envasado y almacenamiento de los productos	39
3.7. Determinación de las propiedades fisicoquímicas y minerales predominantes en los productos.....	39
3.7.1. Métodos y normas utilizados para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y minerales predominantes	39
3.7.1.1. Determinación del porcentaje de humedad	30
3.7.1.2. Determinación del pH	40
3.7.1.3. Determinación del porcentaje de cenizas	41
3.7.1.4. Determinación de calcio	41
3.7.1.5. Determinación de fósforo.....	42
3.7.1.6. Determinación del porcentaje de solubilidad en agua.....	42
3.7.1.7. Determinación del rendimiento de los productos	43
3.8. Diseño experimental.	43
3.8.1. Variable dependiente (1)	44



3.8.2. Variables independientes (3)44

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del secado por atomización de las hojas frescas y secas de muña.....46

4.2. Resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas para los productos de muña
(*Minthostachys mollis*).48

4.3. Resultados obtenidos de los minerales para los productos de muña (*Minthostachys
mollis*).49

4.4. Resultados del rendimiento de los productos de muña (*Minthostachys mollis*)
expresados en porcentaje (%).49

4.5. Rendimiento de los productos obtenidos en función a sus tiempos de producción. 52

4.6. Análisis de varianza.53

 4.6.1. Análisis de varianza para el rendimiento óptimo de los productos54

 4.6.2. Coeficiente de regresión y modelo matemático.....56

V. CONCLUSIONES61

VI. RECOMENDACIONES62

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS63

ANEXOS.....68

Área: Investigación.

Línea: Tecnologías ambientales y recursos naturales.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de noviembre de 2020.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Composición de la muña seca en 100 g de parte comestible.	28
Tabla 2: Composición de minerales de la muña fresca y seca en 100 g de parte comestible.	28
Tabla 3: Uso medicinal de la muña.	30
Tabla 4: Cantidad recolectada de la materia prima vegetal (MPV).	36
Tabla 5: Datos de la preparación de los extractos de hojas frescas y secas de muña.	38
Tabla 6: Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muña en polvo.	48
Tabla 7: Resultado de los análisis de los minerales predominantes de hojas frescas y secas de muña en polvo.	49
Tabla 8: Resultados del porcentaje de rendimiento para los productos de hojas frescas y secas de muña (<i>Minthostachys mollis</i>).	50
Tabla 9: Rendimiento de los productos y sus tiempos de producción.	53
Tabla 10: Datos para el análisis de varianza.	53
Tabla 11: Datos para el diseño factorial en la obtención de los productos.	54
Tabla 12: Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de los productos.	55
Tabla 13: Coeficiente de regresión para el rendimiento.	56
Tabla 14: Valores óptimos de obtención de los productos.	57



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Esquema del proceso de secado por atomización.	20
Figura 2: Planta de muña (<i>Minthostachys mollis</i>).....	27
Figura 3: Equipo de secado por atomización.....	32
Figura 4: Diagrama de flujo de obtencion de hojas frescas de muña en polvo....	46
Figura 5: Diagrama de flujo de obtención de hojas secas de muña en polvo.....	47
Figura 6: Rendimientos promedio de los productos de hojas frescas de muña.....	51
Figura 7: Rendimientos promedio de los productos de hojas secas de muña.....	51
Figura 8: Comparación de los rendimientos promedio de los productos de hojas frescas y secas de muña (<i>Minthostachys mollis</i>).	52
Figura 9: Diagrama de Pareto estandarizado para el RENDIMIENTO.....	57
Figura 10: Gráfica de efectos principales para el RENDIMIENTO.....	58
Figura 11: Superficie de respuesta estimada.....	59
Figura 12: Contornos de la superficie de respuesta estimada.	60



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AE: Aceites esenciales.

ANOVA: Análisis de Varianza.

AOAC: Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales.

°C: Grados Celcius.

cc: Centímetros cúbicos.

DW: Estadístico de Durbin – Watson.

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético.

h: Horas.

HP: Caballos de fuerza.

kg: Kilogramos.

kW: Kilowatts.

L: Litros.

MAE: Error medio absoluto.

mg: Miligramos.

min: Minutos.

ml: Mililitros.

MPV: Materia prima vegetal.

Msnm: Metros sobre el nivel del mar.

nm: Namómetros.

NTP: Notas Técnicas de Prevención.

pH: Potencial de hidrógeno.

rpm: Revoluciones por minuto.

µm: Micrómetros.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos determinar las propiedades fisicoquímicas, los minerales predominantes y el rendimiento óptimo de la muña en polvo, obtenida a partir de hojas frescas y secas. La operación de secado por atomización se realizó en el laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano. Se logró obtener muña en polvo para los parámetros de producción como temperatura de entrada y salida y presión de aire comprimido, obteniendo 13,2162 g de producto a partir de hojas frescas de muña y 17,1209 g de producto a partir de hojas secas de muña, utilizando 250 g de hojas frescas y secas de muña, se determinaron los valores de sus principales propiedades fisicoquímicas como: solubilidad en agua para los productos de hojas frescas y secas teniendo los valores de 95,50% y 97% respectivamente, el pH para los productos de hojas frescas y secas fue de 6,16 y 6,10 respectivamente, porcentaje de humedad para los productos de hojas frescas y secas teniendo los valores de 7,29% y 7,32% respectivamente y como también realizar la determinación de calcio por el método volumétrico, obteniendo 410 mg por 100 g de producto de hojas frescas y 420 mg por 100 g de hojas secas y fósforo por el método de flujo continuo, obteniendo 63 mg por 100 g de producto de hojas frescas y 49,30 mg por 100 g de hojas secas. En la determinación de los rendimientos de los productos de las hojas frescas y secas de muña se obtuvieron 5,2864% y 6,8483% respectivamente como valores más altos, para el diseño experimental se trabajó con un arreglo factorial de 2x2x2 aleatoriamente, utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para determinar el rendimiento óptimo para los productos, teniendo un valor de 6,80362%, con temperatura de entrada de 200 °C, temperatura de salida de 65 °C y presión de aire comprimido de 2 kg/cm².

Palabras clave: Muña, extracto, secado por atomización, rendimiento de productos, propiedades fisicoquímicas.



ABSTRACT

The present research work aimed to determine the physicochemical properties, the predominant minerals and optimal performance of the powdered muña, obtained from fresh and dried leaves. The spray drying operation was carried out in the operations and unit processes laboratory of the Chemical Engineering Faculty of the Altiplano National University. It was possible to obtain powder muña by evaluating the production parameters such as inlet and outlet temperature and compressed air pressure, obtaining 13,2162 g of product from fresh muña leaves and 17,1209 g of product from dried muña leaves, using 250 g of fresh and dried muña leaves, the values of its main physicochemical properties were determined as: solubility in water for fresh and dried leaf products having the values of 95,50% and 97% respectively, pH for fresh and dried leaf products having the values of 6,16 and 6,10 respectively, moisture percentage for fresh and dry leaf products, with values of 7,29% and 7,32% respectively and also to perform the calcium determination by the volumetric method, obtaining 410 mg per 100 g of fresh leaf product and 420 mg per 100 g of dried leaves and phosphorus by the continuous flow method, obtaining 63 mg per 100 g of fresh leaf product and 49,30 mg per 100 g of dry leaves. In the yields determination of the fresh and dried leaves products of muña, 5.2864% and 6,8483% were obtained respectively as the highest values, for experimental design worked with a 2x2x2 factorial array randomly, using variance analysis (ANOVA) to determine the optimal performance for the products, having a value of 6,80362%, with inlet temperature of 200 °C, outlet temperature of 65 °C and compressed air pressure of 2 kg/cm².

Keywords: Muña, extract, spray drying, product performance, physicochemical properties.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para el sector industrial, por ello es importante lograr un aprovechamiento racional de los productos agroindustriales; por lo tanto, es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de plantas como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado (Araujo, 2018).

Las plantas cumplen un rol muy importante con respecto a la humanidad siendo utilizadas como alimentos y medicinas, debido a que poseen muchas características en su composición química y estas pueden ser de diversos usos. También al ser aplicadas en emulsiones estas pueden traer efectos beneficiosos o perjudiciales teniendo en cuenta la dosis o cantidad en la que es ingerida por lo cual es de interés la investigación de ella para ver sus aplicaciones (Casanova y Rengifo, 2016).

En el presente trabajo de investigación se obtuvo muña en polvo (*Minthostachys mollis*) por el método de secado por atomización utilizando hojas frescas y secas de dicha hierba, se determinaron sus propiedades fisicoquímica como pH, porcentaje de solubilidad en agua y porcentaje de humedad, como también su composición de minerales predominantes como calcio y fósforo, también se realizaron estudios estadísticos para determinar los parámetros de producción y rendimiento óptimo en la obtención de los productos, esta hierba usualmente tiene múltiples aplicaciones como producto medicinal, alimentario o en la agricultura como biopesticidas, etc.; por lo tanto, el producto obtenido en la investigación, puede ser bien aprovechado si también se destina a estas aplicaciones.



Se determinaron los parámetros de producción en el equipo de secado por atomización como temperaturas de entrada y salida, velocidad de alimentación de la muestra, caudal de la bomba peristáltica, presiones de aire comprimido y de atomización, tiempo de producción de los productos y peso de los productos obtenidos, tanto como para las hojas frescas y secas de muña y las propiedades fisicoquímicas de las hojas frescas y secas de la muña mencionadas anteriormente.

Se pretende contribuir con la investigación científica y con el cuidado del medio ambiente, puesto que la obtención de muña en polvo es amigable con nuestro medio ambiente, como también el estudio exhaustivo de las propiedades benéficas para la salud que posee esta planta.

Al finalizar este trabajo de investigación, se obtuvo una información científica básica sobre las propiedades fisicoquímicas de los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización; la composición de calcio y el fósforo como minerales predominantes y el rendimiento óptimo alcanzado.

1.1. Problemas de investigación.

1.1.1. Problema general.

¿Cómo obtener muña en polvo de forma óptima utilizando hojas frescas y secas, y cuáles son las propiedades y contenido en minerales de estos productos?

1.1.2. Problemas específicos.

Se formularon las siguientes interrogantes para los problemas específicos:

- ¿Qué propiedades fisicoquímicas y sus métodos de análisis son importantes para caracterizar los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización?



- ¿Cuáles son los minerales predominantes y sus métodos de análisis, en los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización?
- ¿De qué forma se determinará el rendimiento de los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización?

1.2. Justificación de la investigación.

1.2.1. Justificación social.

Considerando las múltiples aplicaciones benéficas de la muña (*Minthostachys mollis*), tanto como en la industria medicinal, alimentaria y en la fabricación de biopesticidas, se puede colaborar con promover el cultivo de dicha planta y darle valor agregado, potenciando así su producción también en zonas donde no logra prosperar y generar empleo para su producción, procesamiento y nuevas aplicaciones para su obtención en polvo.

1.2.2. Justificación ambiental.

El procedimiento que se aplicará para la obtención de muña en polvo utilizando hojas frescas y secas de dicha planta, no ocasiona ningún impacto ambiental; puesto que, al realizar la operación de secado por atomización a parte del producto seco, sólo se obtendrá vapor de agua que se disipará en el ambiente.

1.2.3. Justificación tecnológica.

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de obtener productos en polvo para su fácil análisis y su conservación prolongada, puesto que un producto líquido se descompone con facilidad a diferencia de los productos finales que



se obtuvieron, también poder hacer una comparación de las propiedades de las hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*) con las de los productos finales.

1.3. Hipótesis de la investigación.

1.3.1. Hipótesis general.

La obtención de muña en polvo utilizando hojas frescas y secas es viable por el método de secado por atomización, siendo importante determinar las propiedades fisicoquímicas y contenido en minerales más predominantes para caracterizar los productos.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

- Las propiedades fisicoquímicas importantes para caracterizar los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización son: porcentaje de solubilidad en agua, pH y porcentaje de humedad, y los métodos de análisis son: el gravimétrico, el potenciométrico y el que utiliza la norma de humedad gravimétrica NTP 206.011; respectivamente.
- Los minerales predominantes en los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización son calcio y fósforo y los métodos de análisis son: el método volumétrico con EDTA y el método de flujo continuo; respectivamente.
- El rendimiento óptimo de los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización puede ser determinado mediante un diseño factorial de 2x2x2 con 3 repeticiones y con un total de 24 experimentos.



1.4. Objetivos de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

Obtener muña en polvo de forma óptima por el método de secado por atomización utilizando hojas frescas y secas, y determinar las propiedades fisicoquímicas y contenido en minerales más predominantes de los productos.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades fisicoquímicas: porcentaje de solubilidad en agua por el método gravimétrico, pH por el método potenciométrico, porcentaje de humedad utilizando la norma humedad gravimétrica NTP 206.011; en los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización.
- Determinar las composiciones de calcio mediante el método volumétrico con EDTA y fósforo por el método de flujo continuo en los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización.
- Obtener el rendimiento óptimo de los productos obtenidos a partir de hojas frescas y secas de muña por el método de secado por atomización, mediante un diseño factorial de $2 \times 2 \times 2$, realizando 3 repeticiones y con un total de 24 experimentos.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Castro (2014), en su libro “BIOCOMERCIO: MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE” menciona que, la muña posee un alto contenido de calcio y fósforo, favorecen el crecimiento y mantenimiento de los huesos y dientes. Sirve para curación de fracturas, luxaciones y tumores. Presentaciones: polvo y triturado.

Collazos et al. (1996), menciona que por cada 100 g de hojas secas de muña existen 2237 mg de contenido de calcio y 269 mg de contenido de fósforo.

Comité biocomercio - Perú (2002) en su informe realizado “DIAGNÓSTICOSOBRE EL BIOCOMERCIO EN EL PERÚ Y RECOMENDACIONES PARA LA FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE PROMOCIÓN DE BIOCOMERCIO” sustenta que, la muña es un excelente digestivo, luego de comidas pesadas. Tiene un ligero sabor a menta que la hace muy agradable, cuando se sirve como té. También se usa como condimento y por su alto contenido de calcio (2,2370 g / 100 g parte comestible), podría ser usado para combatir la osteoporosis.

Liceras y Alzamora (2017) en su artículo de revista de investigación titulado “BIOACCESIBILIDAD DEL CALCIO EN LA MUÑA”, sostienen que por cada 100 g de hojas frescas de muña existen 220 mg de contenido de calcio y por cada 100 g de hojas secas de muña existen 1370 mg de contenido de calcio.

Ugás (2014), en su libro titulado “40 NUEVAS Y VIEJAS VERDURAS PARA DIVERSIFICAR TU ALIMENTACIÓN Y NUTRIRTE MEJOR” en la página 55



sostiene que la muña tiene alto contenido de calcio y fósforo, y es rica en aceites esenciales. También en el uso medicinal se la utiliza para afecciones intestinales, mal aliento, acidez estomacal, indigestión, como antiséptico, broncodilatador y expectorante. Recientemente el Instituto Nacional de Salud advirtió que su consumo frecuente podría generar toxicidad hepática, recomendando evitar su consumo frecuente por parte de mujeres embarazadas o que estén dando de lactar y por niños lactantes.

2.1.3. Antecedentes internacionales.

Barbosa y Mercado (2000) menciona que los parámetros más comunes para la obtención del café instantáneo son: aire de entrada y aire de salida con temperaturas de 250 °C y 110 °C respectivamente.

Cilla, et al. (2011), manifiesta que en la producción de productos de muña, como aceites esenciales, infusiones y productos instantáneos de sus hojas frescas y secas, tienen una variación de contenido de calcio y antioxidantes, en dos infusiones de hojas frescas y secas de muña, el contenido de calcio es de 5,92 y 16,70 mg / 100 g de hojas de muña respectivamente, lo cual varía las composiciones de calcio con hojas frescas y secas.

Devia, J. (2005), en su trabajo de investigación denominado “Pulverización de colorantes naturales por secado por atomización”, manifiesta que teniendo en cuenta que a menor tamaño de partícula del sólido en la lixiviación hay una mayor área de contacto con el solvente extractor.

Filková y Mujumdar (1985) sustentan que los atomizadores que posee discos rotatorios, boquillas de presión y boquillas neumáticas generan productos de 1 – 600 μm , 10 – 800 μm y 5 – 300 μm de tamaño de partícula respectivamente.

Mafart (1994) sustenta que la temperatura de entrada de secado para producir té instantáneo es de 200 °C a 250 °C.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Secado por atomización.

El secado por atomización es la operación más importante del proceso de secado. El tipo de atomizador determina no sólo la energía requerida para formar la atomización sino también el tamaño de las gotas, su uniformidad, la trayectoria y finalmente el tamaño de partícula obtenida (Mujundar, 2000).

El secador por atomización utiliza un dispositivo que atomiza o dispersa el fluido en pequeñas gotas. Es la única unidad de operación que produce productos en polvo a partir de una alimentación líquida en un proceso simple de una etapa. Los componentes claves son los atomizadores, los cuales rompen el líquido en finas gotas y la cámara de secado, en el cual las gotas son mezcladas con gas (aire caliente o vapor sobrecalentado) evaporándose la humedad por contacto directo en un proceso adiabático, obteniéndose las partículas secas, el tiempo de contacto es muy corto y en consecuencia el daño debido al calor también es mínimo (Masters, K., 1985). En la Figura 1, se representa el esquema del proceso de secado por aspersion, la flecha oscura simboliza la transferencia de materia (agua) de la gota a la corriente de aire caliente, mientras que la flecha de color blanco la transferencia de calor a la gota; al transcurrir un determinado tiempo (del t_1 al t_2) se observa una reducción del tamaño de la gota debido a la pérdida de agua.

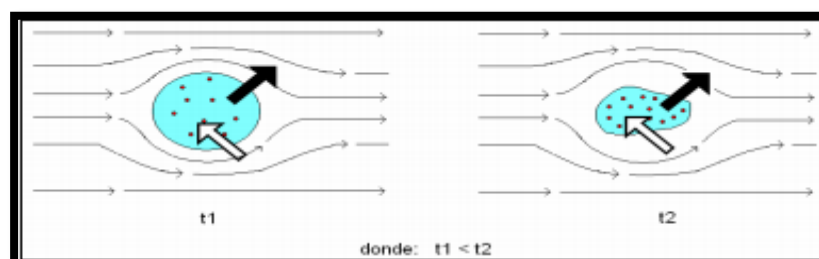


Figura 1: Esquema del proceso de secado por atomización.

Fuente: Masters, K. (1985).



Los secadores por atomización son usados para el secado de productos agroquímicos, biotecnológicos (enzimas, hormonas, obtención de micro encapsulados, etc.), químicos (cerámicas, detergentes, pinturas, etc.), fármacos (antibióticos y vitaminas) y alimentos (leche, suero, maltodextrinas, etc.) (Alamilla, 2001).

2.2.2. Productos secados por el método de secado por atomización.

Tener un producto seco es una forma de conservar los agentes de tipo biológico, esto se debe a que la actividad acuosa se reduce hasta que el producto no presente actividad microbiológica y tanto el deterioro químico como las reacciones bioquímicas se reducen considerablemente. Esto se logra a través de la aplicación de calor al producto con la transferencia de calor y masa produciendo transformaciones físicas y químicas. Los cambios físicos pueden ser: encogimiento, inflado, cristalización; o bien pueden ocurrir reacciones químicas o bioquímicas con cambios de color, textura, olor y otras propiedades del producto sólido que pueden o no ser deseables. (Alamilla, 2001).

2.2.3. Generalidades de los productos naturales en polvo.

Para la fabricación de dichos productos, es necesario el secado de los mismos. El secado es una técnica de conservación de alimentos, por lo tanto disminuye la inversión necesaria en operaciones de refrigeración y en el uso de conservantes. De este modo, los conservantes no se utilizan o al menos no de un modo excesivo, también se produce una disminución de los costes de transporte dado que se disminuye el volumen y su manejo es más fácil (Guardiola, 2015).

2.2.4. Factores que influyen en el secado por atomización.

Algunos de los factores que hay que considerar en esta operación de secado por atomización son: (Sicha & Lock, 1995).



- Modelo y características del equipo.
- Propiedades y condiciones del producto a secar, flujo de alimentación.
- Diámetro medio y distribución de gotas.
- Flujo y patrón de flujo de aire.
- Carga calorífica del aire.
- Geometría de la cámara y forma de meseta del spray-aire.
- Distribución de temperatura dentro de la cámara.
- Tiempos de retención y de residencia.
- Acumulación del producto a secar.
- Pérdidas de calor.

2.2.5. Procesos tecnológicos para la obtención de productos naturales en polvo.

El secado es la operación unitaria en la cual la remoción de un solvente (en la mayoría de los casos agua), se hace hasta alcanzar la humedad de equilibrio mediante evaporación bajo condiciones controladas (Ángeles, 2009).

La deshidratación es posiblemente uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. El daño térmico ocurrido en el producto durante el secado es directamente proporcional a la temperatura y al tiempo del proceso. A menudo, las altas temperaturas y tiempos prolongados de secado causan efectos adversos en la textura, color, sabor y valor nutricional de un producto (Yang & Atallah, 1985); (Yongsawatdigul & Gunasekaran, 1996).

Las ventajas que representa el secar un producto respecto al manejo del material original son (Ángeles, 2009).

- Aumentar el tiempo de vida útil del producto.



- Facilitar el manejo del producto.
- Reducir el espacio de almacenamiento del producto.
- Reducir los costos de almacenamiento y empaque.

El secado produce transformaciones físicas y químicas en el producto, cambios físicos tales como: encogimiento, inflado, cristalización; o bien cambios químicos o bioquímicos, que pueden ser deseables o indeseables tales como: cambios de color, textura, olor (Alamilla, 2001). Estos cambios en el sabor y aroma de los productos se deben fundamentalmente a la pérdida de componentes volátiles durante el proceso de secado y son mayores a medida que las temperaturas utilizadas y/o el tiempo de secado aumentan. Sin embargo, el uso de métodos de secado adecuados pueden conservar las mismas características al emplear temperaturas moderadas o bajas (Fito et al., 2001).

2.2.6. Ventajas y desventajas de la operación de secado por atomización.

2.2.6.1. Ventajas.

- Es una operación de un solo paso, de tiempo muy corto en el que se elimina muchas operaciones intermedias, como los de filtración, precipitación, cristalización y clasificación del tamaño de las partículas.
- La operación puede ser continua y puede secar grandes cantidades de producto.
- Las propiedades y calidad del producto se pueden variar y controlar, como:
 - La densidad de un rango amplio.
 - Se consigue partículas de forma esférica que pueden ser huecas y sólidas, características que no se obtienen con otro tipo de secador.
 - El tamaño de partícula se puede variar modificando las condiciones de la operación.



- La calidad del producto se conserva, porque es un proceso bastante rápido y el material en la zona de secado esta siempre húmeda, de tal manera que el producto no se sobrecaliente o degrade.
- Un producto que se está secando no toca las paredes del secador hasta que el producto está seco. Esto generalmente simplifica los problemas de corrosión y selección de los materiales para su diseño. (Sicha & Lock, 1995).

2.2.6.2. Desventajas.

- Se obtiene bajas densidades volumétricas cuando se requiere lo contrario; esto se da frecuentemente en el caso de materiales inorgánicos. Aun cuando la densidad volumétrica de un producto secado por este método está sujeto a variación, algunas veces no se puede alcanzar el mismo valor que el obtenido por otros tipos de secadores sin tener que hacer un tratamiento posterior de molienda.
- En general los secadores de este tipo son relativamente inflexibles, así un secador diseñado para la atomización fina, generalmente es incapaz de producir un producto de partículas más grandes.
- Tal como corrientemente están diseñados estos secadores, involucran una inversión inicial mayor que otros tipos de secadores continuos, excepto a altas capacidades, por encima de los 1500 lb/h.
- Frecuentemente los problemas de recolección de productos y de finos aumentan el costo de secado en un factor apreciable, especialmente cuando se requiere filtros mangas o columnas lavadoras para recoger el polvo de salida del sistema ciclónico recolector. (Sicha & Lock, 1995).



2.2.7. La muña (*Minthostachys Mollis*).

Se denomina “Muña” a dos géneros de la familia Lamiaceae, *Minthostachys* y *Satureja*, como *Minthostachys* existen interrogantes en cuanto al número existente en el Perú, reconociéndose con seguridad 6 especies en el país: *Minthostachys griseb* (Labiatae), *Minthostachys glavercens* (Benth), *Minthostachys salicifolia* (Epling), *Minthostachys spicata* (Benth), *Minthostachys mollis* (Benth), *Minthostachys setosa* (Benth) (Soukup, 1970), éstas especies son conocidas como muña en nuestro país y son explotadas por su contenido en mentol (Weberbauer, 1995).

La especie se desarrolla en la sierra alta y sur del Perú, entre 2500 y 4000 msnm, el género *Minthostachys* consta de 12 especies distribuidas en los andes desde Colombia hasta Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú y Bolivia hasta la Argentina (Sorau & Bandini, 1994), ésta especie es cosechada debido a su contenido de mentol, su aroma se asemeja al de la menta, se valora por sus características digestivas y por su utilización de la industria de la bebida y el caramelo, es utilizada además como condimento y para preservar algunos productos como la papa del ataque de insectos (Zygodlo et al., 1993), en nuestra región crece en la zona circunlacustre interior e intermedia, que es el área adyacente al lago que se extiende desde la orilla de éste (3812 msnm) hasta los 4000 msnm, en realidad ésta viene a ser el área del altiplano propiamente dicha, en la que hay predominancia de pampas y llanuras (Canahua, 1997).

2.2.8. Taxonomía de la muña.

Dominio: Eukarya.

Reino: Vegetal.

Sub reino: Embryophyta.



División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Sub clase: Methachlamydeae.

Orden: Tubiflorae.

Familia: Lamiaceae (Labiatae).

Género: Minthostachys.

Especie: mollis.

Nombre vulgar: “Muña” (Freire, 2004).

2.2.9. Propiedades botánicas de la muña.

Es una planta de 0,9 a 1,5 m de altura, frondosa en la parte superior, de aspecto bien tupido en hojas, las mismas que son opuestas y aserradas presentando pelos en los peciolo y en la cara inferior de las hojas, en las cuales se deposita la mayor cantidad de AE. El tallo es ramificado desde la base, que también presenta pelos, tiene forma prismático cuadrilátero y propenso a la lignificación. Las flores se encuentran en la parte superior de las ramas reunidas en verticilios (Cano, 2007).

La muña es un arbusto muy aromático y ralo de la familia Lamiaceae, de alrededor de 1 m de altura en el ámbito, con tallos delgados y rectos, follaje menudo, flores muy pequeñas de color blanco, es muy resinoso y oloroso al quebrar las ramas, las hojas de esta planta tienen glándulas odoríferas que contienen aceites esenciales, posee ramas terminales con ramificación cimosa y tallos o ramas principales subdivididas en ramitas muy delgadas, la sección de éstas es cuadrangular, hojas simples, opuestas, elípticas a

levemente ovadas, inflorescencia axiales, constituidas por 3 (raro más), flores de color blanco; normalmente las centrales más desarrolladas (Rodríguez, 1988).

Es un arbusto muy aromático, pubescente, de 0,60 a 1,40 m de altura. Posee hojas ovaladas, por lo general redondeada, de 2 - 4 cm de largo por 1-2.5 cm de ancho, con bordes dentados, raro enteros y revolutos, con pecíolos de 5-10 mm. En su hábitat natural la muña se encuentra en agrupaciones de plantas de diversos tamaños a partir de semillas descendientes de una planta madre. Crece en áreas abiertas, tolera diferentes condiciones hidrográficas desde bosques nublados a terrenos secos (Espinoza, 2018).

En la figura 2, se muestra la planta de muña (*Minthostachys mollis*).



Figura 2: Planta de muña (*Minthostachys mollis*).

Fuente: Cano (2007).

2.2.10. Composición de la muña.

La composición proximal de la muña en base seca se muestra en la tabla 1 y en la tabla 2, se puede apreciar el contenido de minerales por cada 100 g de hojas frescas y secas de muña.

Tabla 1: Composición de la muña seca en 100 g de parte comestible.

Energía (kcal)	299
Componentes mayores (g)	
Agua	12
Proteínas	3,2
Carbohidratos	66,3
grasas	2,8
fibras	10,4
cenizas	12,7
Vitaminas (mg)	
Retinol	306
Tiamina	0,35
Riboflavina	1,81
Niacina	6,85

Fuente: Collazos et al. (1996).

Tabla 2: Composición de minerales de la muña fresca y seca en 100 g de parte comestible.

Minerales	Hojas frescas de muña¹	Hojas frescas de muña²	Hojas secas de muña²
Calcio (mg)	2237	1220	1370
Fósforo (mg)	269	-	-

Fuente: (1) Collazos et al. (1996).

(2) Liceras y Alzamora (2017).

2.2.11. Usos de la muña.

La muña es una planta nativa de los andes peruanos, de especial importancia, ya que se les reconoce usos diferentes, es utilizada como insecticida en el cultivo de la papa, de esta manera la protege de la descomposición y del ataque de insectos aromatizándola, se usa también como detergente, material para explosivo, saborizante de platos preparados a base de pescado, siendo además ésta especie la única proveedora de saborizante y leña simultáneamente, es la especie con mayor grado de comercialización (Torres & Borel, 1993), medicinalmente ésta planta es utilizada en infusiones como



agente digestivo, antiespasmódico, antidiarreico, antiinflamatorio, antiséptico, analgésico contra afecciones respiratorias, industrialmente para fabricar licores, bebidas refrigerantes y hierbas compuestas (Sorau & Bandoni, 1994), además posee propiedades carminativas (Soukup, 1970).

La muña ha sido utilizada como insecticida casero por los campesinos andinos para conservar la papa por tener un efecto repelente sobre los gusanos de tierra (Oviedo, 1979), dentro de las plagas que controla la muña (*Minthostachys mollis*), se encuentra el gusano cortador (*Copitarsia curbata*), el gorgojo de la papa (*Premmnotrypes soru*) y el gusano alambre (*Lodius sp*) (Aliaga, 1997). Los sahumeros con muña controlan las polillas (Reinoso, 1997).

Se reporta además que el extracto alcohólico de la muña se puede utilizar como tranquilizante a nivel del sistema nervioso (Bardales, Yarleque, & Rueda, 1999), se describe también la utilidad del extracto de muña como perseverante de alimentos, pero que su uso tiene que ser moderado debido a la presencia de compuestos genotóxicos para las células humanas, reportado en el VIII congreso peruano de microbiología en 1990 (Fonturbel, 1990).

Es utilizada como antiinflamatorio, carminativo, antiséptico, analgésico en afecciones renales y respiratorias. Se utiliza como pesticida, para conservar la papa, para lo cual se cubre con la planta y se controla la germinación y el ataque de las plagas. Las hojas y flores frescas o secas se agregan a las comidas para equilibrarlas, como condimento en la preparación de carnes y guisos (Dávila, 2016).

Esta planta es empleada por sus propiedades medicinales como analgésico, antiespasmódico, antiséptico, contra el reumatismo y enfermedades respiratorias; parte



de las propiedades medicinales podrían ser atribuidas a su alta capacidad antioxidante (Cano, 2007).

En la tabla 3, se aprecia los diversos usos de la muña en la medicina alternativa.

Tabla 3: Uso medicinal de la muña.

Dolencia	Parte utilizada	Modo de aplicación
Dolor de estómago	Hojas	Mate de las hojas
Diarrea	Hojas	Mate de las hojas
Mal de aire	Hojas	Frotar las hojas entre las manos y oler
Resfrío	Hojas	Bañarse con agua de ésta planta
Inflamaciones	Ramas	Lavarse con agua de ésta planta
Enterocolitis	Hojas	Mate, calentar las hojas y colocarlas en el vientre
Febrífugo	Ramas	Hervir la planta y bañarse con ésa agua
Indigestión	Hojas	Tomar en mate
Dolor de dientes	Hojas	Masticar las hojas hasta que calme el dolor

Fuente: Campillo (2003).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Equipo e instrumentos.

- Equipo de secado por atomización del laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la facultad de ingeniería química de la universidad nacional del altiplano – Puno (véase la figura 3). Este equipo tiene las siguientes características: (Laura et al., 2015).
 - Tobera neumática de 2,0 L/h de alimentación.
 - Calefactor eléctrico de 8,0 kW.
 - Ventilador con 2 HP de potencia del motor, número de revoluciones de 102,5 rpm y caudal de aire de 117,5 m³/h.
 - Calefactor de aire que proporciona una temperatura máxima de 350 °C.
 - Una bomba peristáltica con diferentes niveles de velocidad de flujo.
 - Un ciclón separador de polvos con un diámetro de 0,18 m y una altura total de 0,80 m.
 - Tablero de control con la llave general de energizado, llaves para las resistencias y focos de neón.
 - Cámara de secado de 0.50 m. de diámetro y 1.20 m. de altura en acero inoxidable C-304.
 - Tubería de transporte de 3 pulgadas y una longitud aproximada de 1,30 m.
 - Indicadores de temperatura multipunto.

- Compresora de la marca TECNIKNY de 80 gal y motor de 3 HP.
- Balanza analítica con capacidad de 252 g / 0,1 mg, marca H.W.K. Kessel, modelo HR- 25A.
- Balanza común con capacidad de 5 kg marca Kam Tools.
- Un termómetro marca Boeco de -10 a 150 °C.
- pH-metro y medidor de humedad con sonda de acero de marca valiometro modelo YH-Soil-A98.



Figura 3: Equipo de secado por atomización.

Fuente: Fotografía recabada del laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano.



- Estufa (MEMMERT, Germany).
- Balanza analítica (METTLER TOLEDO, SUIZO).
- Potenciómetro multiparamétrico portátil (VWR SympHony).
- Mufla (LIMDBRG/BLUE, U.S.A.).
- Espectrofotómetro UV visible.

3.2. Materia prima vegetal (MPV).

- Hojas de muña (*Minthostachys Mollis*) recolectada en el departamento y provincia de Puno.

3.3. Reactivos.

- Agua de la red pública.
- Agua destilada ultra pura.
- Soluciones estándar de pH 4; 7 y 10 para calibraciones.
- EDTA 0.01 M.
- Indicador murexida 1%.
- Hidróxido de sodio 0.5 N.
- Ácido clorhídrico 1:3.
- Hidróxido de sodio 1 N con pH 12.
- Estándar de fósforo 1000 ppm.
- Solución de 5% de molibdato de amonio.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Cloruro de estaño al 10%.
- Ácido clorhídrico concentrado



3.4. Materiales experimentales.

- Recipientes de vidrio con tapa.
- Tijeras de podar.
- Cuchara.
- Botellas descartables de 2 L.
- Litreras.
- Embudos de plástico.
- Cinta aislante.
- Cinta masking tape
- Gasa.
- Papel aluminio.
- Una olla.
- Frasco ámbar de 25 ml y 100 ml.
- Otros materiales (Cuaderno de apuntes, cámara fotográfica y cronómetro).

3.5. Materiales de laboratorio.

- Picnómetro
- Vasos de precipitados de 100 cc.
- Papel filtro Watman N° 4.
- Embudo de vidrio.
- Pinzas metálicas.
- Pizeta de agua ultra pura
- Pipetas de 10 ml.
- Pesa sustancia con tapa.
- Espátula.



- Luna de reloj.
- Crisoles de porcelana.
- Tubos de ensayo de 20 cc.
- Fiola de 25 cc.
- Pipetas de 1 ml y 5 ml.
- Probeta de 50 ml.
- Vasos de precipitados de 250 cc y 100 cc.
- Soportes universales.
- Papel filtro de filtración rápida.
- Cocina eléctrica.

3.6. Metodología de investigación.

La metodología que se desarrolló para esta investigación fue la experimental con un diseño cuantitativo, teniendo como procedimientos:

- Recolección, selección y lavado de la materia prima vegetal (MPV).
- Secado natural de una parte de la materia prima vegetal recolectada y selección.
- Preparación de los extractos.
- Separación de la materia prima vegetal (MPV).
- Filtración.
- Envasado de los extractos.
- Secado por atomización.
- Obtención de los productos y determinación de sus parámetros de producción.
- Envasado y almacenamiento de los productos.

3.6.1. Recolección, selección y lavado de la materia prima vegetal (MPV).

La recolección de la muña (*Mitnhostachys mollis*) se realizó en los mercados Bellavista y Laykakota del departamento, provincia y distrito de Puno.

La cantidad recolectada de esta materia prima vegetal (MPV) se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 4: Cantidad recolectada de la materia prima vegetal (MPV).

MATERIA PRIMA VEGETAL RECOLECTADA	
Destinada para hojas frescas (mercado Bellavista)	5 kg
Destinada para hojas secas (mercado Laykakota)	5 kg
Total	10 kg

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a deshojar toda la materia prima vegetal recolectada y separarla en cantidades iguales de masa, para luego realizar un lavado de las hojas obtenidas y tomar una parte de ellas para su respectivo secado natural.

3.6.2. Secado natural de una parte de la materia prima vegetal y selección.

Se procedió a separar la mitad de la materia prima recolectada y seleccionada para su respectivo secado, este secado se realizó de forma natural (secado ambiental), hasta que la materia prima vegetal posea una masa constante al realizar el pesado. Esta masa constante se obtuvo en un periodo de 2 días de secado natural en sol y sombra.

Este procedimiento se realizó exclusivamente para la preparación de la muestra, que fue un extracto (infusión en medio acuoso) de hojas secas de muña.



3.6.3. Preparación de los extractos.

Se preparó un extracto tanto para hojas frescas y secas de muña, mediante una extracción sólido – líquido en medio acuoso, manteniendo estas hojas reposando en agua caliente por un lapso de 1 hora.

3.6.4. Separación de la materia prima vegetal (MPV) usada.

Se retiró las hojas de la materia prima vegetal ya utilizadas, con la finalidad de que quede sólo el extracto y poder filtrarlo fácilmente.

3.6.5. Filtración.

Se realizó una filtración para atrapar las partículas de hojas que quedaron en los extractos, se utilizó una gasa para la realización de esta operación. Finalmente utilizando una litrera de plástico se aforó el extracto a 2 L agregando agua.

3.6.6. Envasado de los extractos.

Al término de la filtración, se determinó el pH utilizando un pHmetro y medidor de humedad, y la densidad de los extractos de hojas frescas y secas de muña que se aplicó por el método del picnómetro para luego proceder a envasar los extractos utilizando dos botellas descartables limpias y secas con capacidad de 2 L.

A continuación en la tabla 5, se muestran los datos y las propiedades fisicoquímicas de la preparación de los extractos de hojas frescas y secas de muña:

Tabla 5: Datos de la preparación de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

PROPIEDADES DE LAS HOJAS FRESCAS Y SECAS DE MUÑA	EXTRACTO DE HOJAS FRESCAS DE MUÑA	EXTRACTO DE HOJAS SECAS DE MUÑA
Masa de hojas utilizadas (g)	250	250
Volumen de agua (L)	2	2
Densidad absoluta (g/ml)	0,9991	1,0053
pH	5,6	5,85

Fuente: Elaboración propia.

3.6.7. Secado por atomización.

Se realizó este método de operación para la obtención de muña en polvo tanto para las hojas frescas y secas.

3.6.8. Obtención de los productos y determinación de sus parámetros de producción.

Se cargaron los extractos de muña en el equipo de secado por atomización (se trabajó el extracto de hojas frescas y secas de muña por separado).

En el transcurso de la operación se procedió a tomar los datos de los parámetros de producción de los productos que son: temperaturas de entrada y salida, velocidad de alimentación de las muestras, presión de aire comprimido y de atomización, y tiempo de producción de los productos.

Al término de todas esas operaciones, se procedió a pesar los productos sobre una luna de reloj utilizando la balanza analítica con capacidad de 252 g / 0,1 mg, marca H.W.K. Kessel, modelo HR- 25A y se anotaron los datos del pesado.



3.6.9. Envasado y almacenamiento de los productos.

Los productos obtenidos de muña en polvo de hojas frescas y secas se envasaron en dos envases de vidrio con sus respectivas tapas, previamente lavados y secados, para evitar el ingreso de contaminantes, aire y humedad en el interior de dichos envases, envolviéndolos con papel aluminio y se almacenaron en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente previo a su análisis, para evitar la alteración física y química de estos. Se tomaron muestras de estos productos para la realización de los análisis fisicoquímicos y determinación de sus minerales predominantes en sus composiciones.

3.7. Determinación de las propiedades fisicoquímicas y minerales predominantes en los productos.

3.7.1. Métodos y normas utilizados para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y minerales predominantes.

Con la finalidad de certificar y evaluar las características fisicoquímicas de los productos de muña en polvo de hojas frescas y secas, se determinaron las propiedades físicas como determinación de porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad en agua y como propiedades químicas determinación del potencial de hidrógeno (pH), cenizas y determinación de calcio y fósforo por 100 g de producto. Seguidamente se realizó una evaluación de los resultados que se obtuvieron para hallar la existencia de diferencias de valores significativos. A continuación se muestran los métodos y las normas utilizados para éste análisis.

- Humedad Gravimétrico NTP 206,011, norma NTP 206,011:2018, determinación de humedad 2da edición (2018).
- pH potenciómetro.
- Cenizas Gravimétrico AOAC 942,09.



- Calcio, volumétrico EDTA, norma NTP 342.416:1982. Determinación del calcio. Método volumétrico. 1ra edición (1982).
- Fósforo, flujo continuo, complejo molibdato.

3.7.1.1. Determinación del porcentaje de humedad.

Se pesó de 4 a 5 g de muestra con aproximación de 0,0001 g, se introdujo dicha muestra en la estufa calibrada y estabilizada a 90 °C, se dejó a esa temperatura por un tiempo de 24 horas, se finalizó el ensayo cuando el peso de la muestra fue constante, se enfrió y se realizaron los cálculos, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100 \quad (I)$$

Donde:

% humedad: Porcentaje de humedad.

m_1 : Masa inicial de la muestra en gramos.

m_2 : Masa final de la muestra en gramos.

3.7.1.2. Determinación del pH.

Para la calibración de los electrodos, se realizó con las soluciones estándar de pH 4; 7 y 10, introduciendo los electrodos en las soluciones estándar empezando de 4; 7 y 10, se terminó el calibrado cuando el equipo reproduce los valores estándar con la que se opera para cada caso, para la determinación del pH de la muestra de muña en polvo, se preparó una disolución al 5% en agua ultra pura mezclada con agitación en un vaso, se tapó y se dejó reposar por 1 hora, luego se filtró en papel Watman N° 4, ese filtrado se pasó para la lectura en el instrumento. Este análisis se realizó con el método del pH potenciométrico.



3.7.1.3. Determinación del porcentaje de cenizas.

Se pesó 2 g de muestra en un crisol con una exactitud de 0,0001 g, en una balanza analítica, luego se sometió a calcinar dentro de una mufla, a una temperatura de 480 °C por un tiempo de 8 horas, hasta que se obtuvo una ceniza gris o blanca, se enfrió en el desecador y se pesó hasta alcanzar un peso constante. Para determinar el porcentaje de cenizas de las muestras de los productos se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P - p}{m} * 100 \quad (\text{II})$$

Donde:

% cenizas: Porcentaje de cenizas.

P: Masa del crisol en gramos + masa de las cenizas en gramos.

p: Masa del crisol vacío en gramos.

m: Masa de la muestra en gramos.

3.7.1.4. Determinación de calcio.

Las cenizas obtenidas anteriormente se disolvieron con ácido clorhídrico 1:3, con ligero calentamiento en la plancha calefactora, se diluyó con agua ultra pura y se aforó a 25 cc, se filtró, se tomó una alícuota de 5 ml, se añadió 2 ml de solución pH 12, 3 gotas de indicador murexida al 1% y se procedió a valorar con EDTA 0,01 M, hasta que la solución vire del color rosado al color púrpura, donde se dio por terminada la valoración. Este análisis se realizó por el método volumétrico, solución 0,01 Molar de EDTA, a un pH 12, usando indicador murexida.

$$\text{Ca} = \frac{V(\text{edta}) * M(\text{edta}) * \text{mmol}(\text{Ca}) * 10^6}{m} \quad (\text{III})$$

Donde:



V(edta): Volumen en ml de EDTA gastados en la titulación.

M(edta): Molaridad de EDTA en mol/L.

mmol(Ca): Milimol de calcio = 0,040080 g/mmol.

m: Masa de la muestra en gramos.

10^6 : Es un factor de conversión para las unidades iniciales y expresar el resultado en mg/g.

3.7.1.5. Determinación de fósforo.

Las cenizas obtenidas anteriormente se disolvieron con la mezcla de ácido clorhídrico con agua 1:3, se calentó ligeramente, se enfrió y se diluyó con agua ultra pura. Se aforó a 25 cc y se filtró en papel Watman N° 4. De esa solución se tomó una alícuota de 2 ml, se añadió 2 ml del reactivo molíbdico y 2 ml del reductor cloruro de estaño al 10%. Se hizo las lecturas dentro de los 5 a 15 minutos del desarrollo del color con una longitud de onda de 660 nm. Se construyó una curva de calibración con la solución estándar para tener una referencia de comparación con el fósforo de la muestra problema, se hizo lo mismo con la muestra problema, pero en este caso se tuvo conocida la concentración de fósforo de 0,5; 10; 15 y 20 μg , sólo se requirieron las absorbancias de estas concentraciones. Por comparación se obtuvo la concentración de fósforo de la muestra problema. Este análisis se desarrolló utilizando el método de flujo continuo.

3.7.1.6. Determinación del porcentaje de solubilidad en agua.

Se pesó 5 g de la muestra con una exactitud de 0.0001 g, se disolvió en un vaso con 100 ml de agua destilada ultra pura y se hirvió por un tiempo de 2 minutos y en caliente se secó y se filtró. Se midió cuanto sólido existe en la solución que pasa por el filtro y se pesó. Este análisis se realizó utilizando el método gravimétrico, midiendo la



cantidad de sólido que es soluble en agua ultra pura. La determinación del porcentaje de solubilidad en agua se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%S = \frac{ms}{ma} * 100 \quad (IV)$$

Donde:

%S: Porcentaje de solubilidad en agua.

ms: Masa en gramos del sólido soluble en agua.

ma: Masa del agua en gramos.

3.7.1.7. Determinación del rendimiento de los productos.

Para la determinación del rendimiento de los productos, se tomó en cuenta la masa en gramos de los productos obtenidos dividido entre la masa en gramos de la materia prima vegetal (MPV), todo multiplicado por 100, este rendimiento es expresado en porcentaje.

$$R (\%) = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad (V)$$

Donde:

R (%): Rendimiento expresado en porcentaje.

m₁: Masa de la materia prima vegetal (MPV) expresada en gramos.

m₂: Masa del producto expresada en gramos.

3.8. Diseño experimental.

Para el estudio del porcentaje del rendimiento de los productos secos de hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*), se realizó mediante un diseño factorial axbxc, con tres repeticiones por tratamiento.



Las variables de investigación que se utilizaron para esta operación se muestran a continuación:

3.8.1. Variable dependiente (1).

- Porcentaje óptimo de rendimiento de los productos obtenidos.

3.8.2. Variables independientes (3).

- Temperatura de entrada en la operación de secado por atomización en °C (A).
- Temperatura de salida en la operación de secado por atomización en °C (B).
- Presión de aire comprimido en la operación de secado en kg/cm² (C).

Para realizar las pruebas experimentales, se utilizó un diseño completamente aleatorio con un arreglo factorial de 2x2x2; realizando 3 repeticiones, con un total de 24 experimentos resultando 2x2x2x3, mostrándose el diseño estadístico a continuación:

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (BC)_{jk} + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + E_{ijk} \quad (VI)$$

Donde:

Y: Variable de respuesta de la i, j, k – ésima unidad de la muestra experimental.

U: Efecto de la media general.

A: Efecto de la i- ésimo, temperatura de entrada en °C.

B: Efecto de la j- ésimo, temperatura de salida en °C.

C: Efecto de la k- ésimo, presión de comprimido en la operación de secado en kg/cm².

(AB) ij: Efecto de la interacción local de temperatura de entrada en °C – temperatura de salida en °C.

(AC) ik: Efecto de la interacción local de la temperatura de entrada en °C – presión de comprimido en la operación de secado en kg/cm².



(BC) jk: Efecto de la interacción de la temperatura de salida en °C – presión de comprimido en la operación de secado en kg/cm^2 .

(ABC) ijk: Efecto de la interacción localidad de la temperatura de entrada en °C – temperatura de salida en °C – presión de comprimido en la operación de secado en kg/cm^2 .

E ijk: Efecto del error experimental.

Los datos que se obtuvieron fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA), para así obtener diferentes valores de porcentaje de rendimiento, las características fisicoquímicas y minerales predominantes en los productos obtenidos con respecto a las variables independientes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del secado por atomización de las hojas frescas y secas de muña.

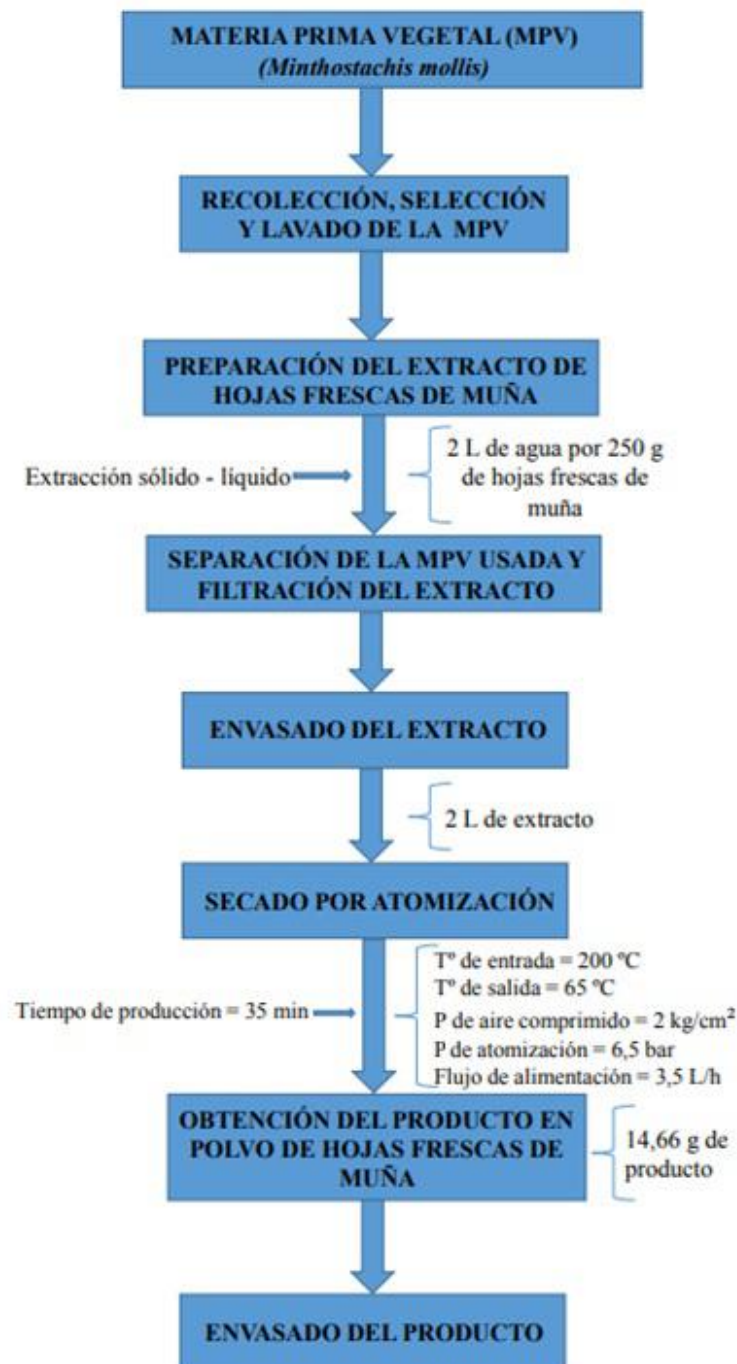


Figura 4: Diagrama de flujo de obtención de hojas frescas de muña en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5, se muestra el diagrama de flujo cuantitativo de la obtención de hojas secas de muña en polvo, este proceso se diferencia del anterior sólo por la operación de secado natural que se le sometió a sus hojas.

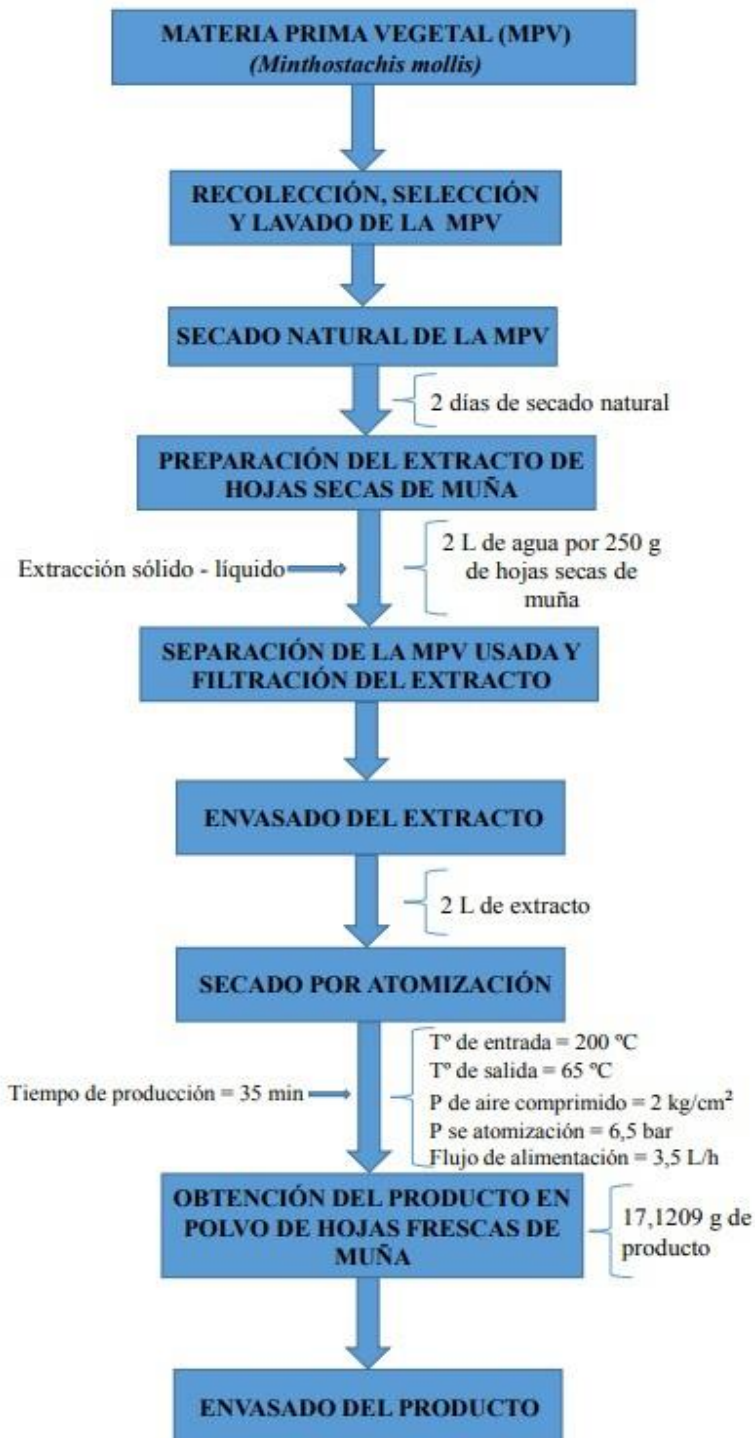


Figura 5: Diagrama de flujo de obtención de hojas secas de muña en polvo.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas para los productos de muña (*Minthostachys mollis*).

Los resultados que se mostrarán a continuación corresponden a los análisis de los productos secos de hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*) obtenidas por el método de secado por atomización, estos análisis se realizaron tomando en cuenta los métodos y normas correspondientes, realizados en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para correspondiente validez y certificación de los mismos.

Tabla 6: Resultados de los análisis fisicoquímicos de la muña en polvo.

Productos	Análisis físicos		Análisis químico
	Humedad (%)	Solubilidad en agua (%)	pH
Hojas frescas de muña	7,29	95,5	6,16
Hojas secas de muña	7,32	97	6,1

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 6 corresponden a los valores de las propiedades fisicoquímicas de la muña en polvo (*Minthostachy mollis*) obtenida por el método de secado por atomización, en donde se aprecian resultados del porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad en agua y pH, todos esos valores para los productos de hojas frescas y secas de muña. En estos resultados se observa que el porcentaje de humedad para el producto de hojas frescas de muña es mayor que para el producto de hojas secas de muña como también su pH, sin embargo el porcentaje de humedad del producto de hojas secas de muña es mayor que en el producto de hojas frescas de muña.

4.3. Resultados obtenidos de los minerales para los productos de muña (*Minthostachys mollis*).

Para este análisis, se tomó en cuenta los minerales más predominantes de la muña (*Minthostachys mollis*) como calcio y de fósforo e incluyendo el porcentaje de cenizas, estos análisis se realizaron tomando en cuenta los métodos y normas correspondientes en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para correspondiente certificación de los mismos.

Tabla 7: Resultados de los análisis de minerales predominantes y porcentaje de cenizas de hojas frescas y secas de muña en polvo.

Minerales	Por cada 100 g de producto de hojas frescas de muña	Por cada 100 g de producto de hojas secas de muña
Ca (mg)	410	420
P (mg)	63	49,3
Cenizas (%)	13,36	12,38

Fuente: Elaboración propia.

En los estudios realizados por Collazos et al. (1996), se encontró que por cada 100 g de parte comestible de muña seca posee 2237 mg de calcio y 269 mg de fósforo, y Liceras y Alzamora (2017), encontraron que por cada 100 g de parte comestible de muña fresca posee 1220 mg de calcio y por cada 100 g de parte comestible de muña seca posee 1370 mg de calcio; en ambos trabajos se muestra que existe una variabilidad en la determinación de contenidos de minerales calcio y fósforo, el primero autor y los segundos autores indican que en hojas secas existe más contenido de calcio que en hojas frescas. En el presente trabajo coincidiendo con Collazos et al. y Liceras y Alzamora, se muestra que el contenido de calcio en hojas secas es mayor que en hojas frescas.

4.4. Resultados del rendimiento de los productos de muña (*Minthostachys mollis*) expresados en porcentaje (%).

En la tabla 8, se aprecian los resultados del porcentaje de rendimiento de los productos de hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*), obtenida por el método de secado por atomización, tomando en cuenta el diseño experimental efectuado, se realizaron 8 tratamientos cada uno de ellos con tres repeticiones, obteniendo un total de 24 datos experimentales.

Tabla 8: Resultados del porcentaje de rendimiento para los productos de hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*).

REPETICIONES	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R PROMEDIO (%)
P1	5,1234	5,1536	5,1022	5,1264
	5,2864	5,1132	5,0945	5,1647
	5,1078	5,0922	5,0453	5,0818
	5,2052	5,1812	5,864	5,4168
P2	6,8412	6,7049	6,8483	6,7981
	6,8306	6,8009	6,3153	6,6489
	6,122	6,5751	6,31	6,3357
	6,5912	6,2318	6,4951	6,4394

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

P1: Productos de hojas frescas de muña.

P2: Producto de hojas secas de muña.

R1, R2 y R3: Rendimientos de los productos 1, 2 y 3.

En la figura 6, se muestra que el valor de 5,4168% es el valor más alto en rendimiento promedio, que en este caso pertenece a los productos en polvo de hojas frescas de muña (*Minthostachys mollis*) obtenidas por el método de secado por

atomización, también se observa que el valor más bajo en rendimiento promedio para éste mismo caso es de 5,0818%.

Y en la figura 7, se muestra que el valor de 6,7981% es el valor más alto en rendimiento promedio, para los productos en polvo de hojas secas de muña (*Minthostachys mollis*) obtenida por el método de secado por atomización, también se puede apreciar el valor más bajo en rendimiento promedio que es de 6,3357%.

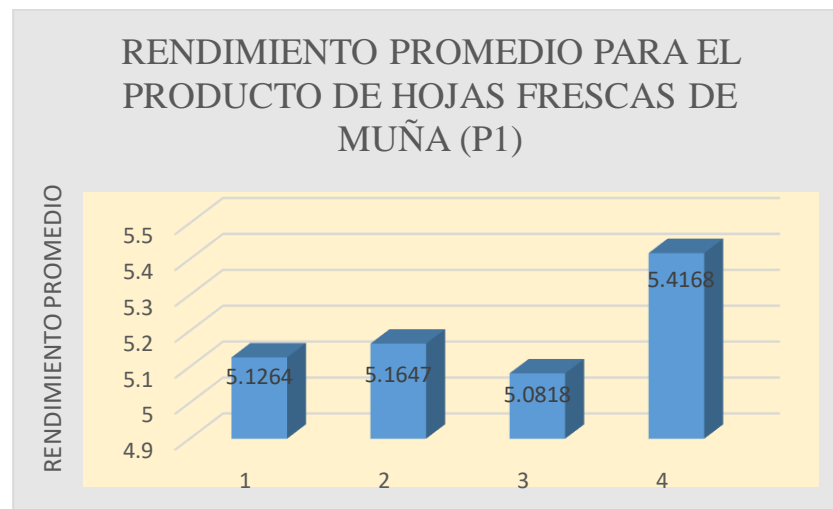


Figura 6: Rendimientos promedio de los productos de hojas frescas de muña.

Fuente: Elaboración propia.

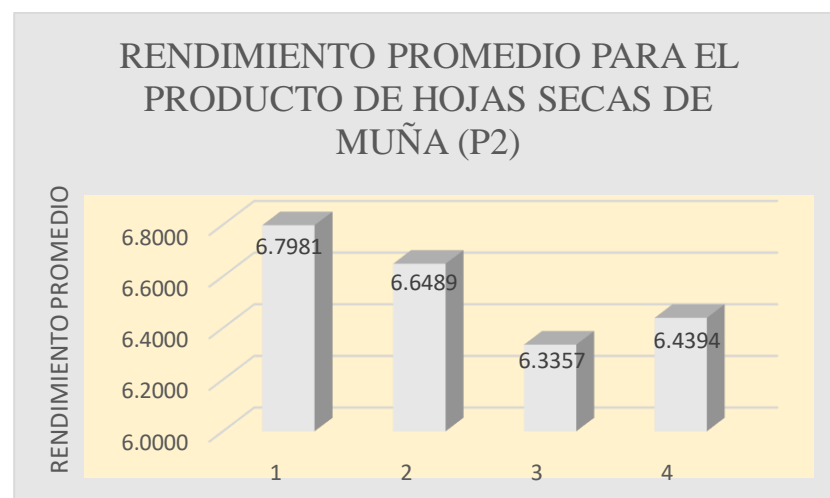


Figura 7: Rendimientos promedio de los productos de hojas secas de muña.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, se muestra una comparación gráfica de los valores de los porcentajes de rendimiento promedio para los productos en polvo tanto para las hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*) obtenidas por el método de secado por atomización, el cual el valor más alto corresponde al rendimiento promedio del producto en polvo de hojas secas de muña siendo de 6,7981% y el valor más bajo en rendimiento promedio corresponde al producto en polvo de hojas frescas de muña siendo de 5,0818%.

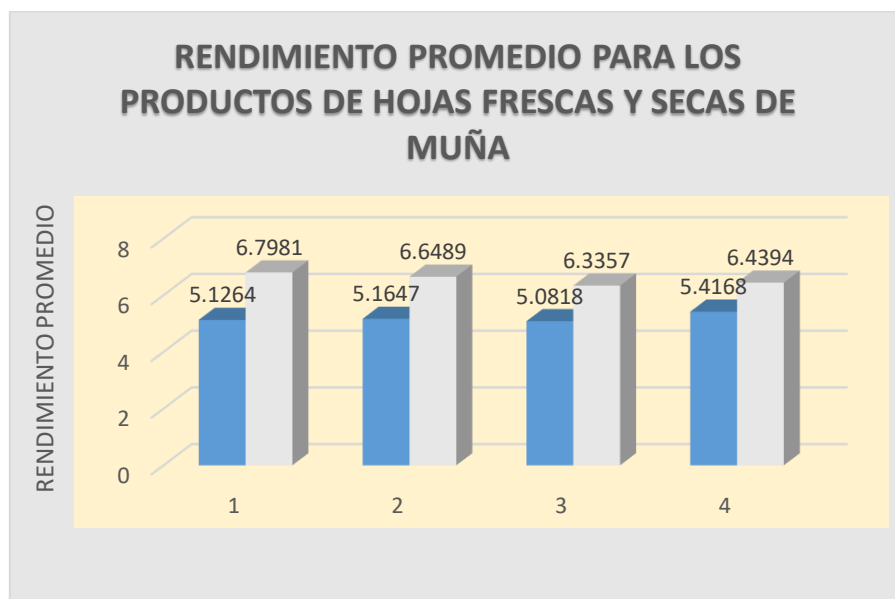


Figura 8: Comparación de los rendimientos promedio de los productos de hojas frescas y secas de muña (*Minthostachys mollis*).

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Rendimiento de los productos obtenidos en función a sus tiempos de producción.

En la tabla 9, se puede apreciar los valores de los tiempos de producción en minutos para cada tratamiento realizado para los productos de hojas frescas y secas de muña.

Tabla 9: Rendimiento de los productos y sus tiempos de producción.

REPETICIONES	t1 (min)	R1 (%)	t2 (min)	R2 (%)	t3 (min)
P1	36	5,1234	34	5,1536	35
	34	5,2864	35	5,1132	34
	35	5,1078	34	5,0922	36
	34	5,2052	36	5,1812	35
P2	33	6,8483	36	6,7049	35
	36	6,8306	35	6,8009	34
	34	6,122	34	6,5751	36
	35	6,5912	34	6,2318	34

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis de varianza.

Se utilizaron los datos obtenidos el análisis de varianza (ANOVA) de 3 factores que son: A: Factor temperatura de entrada, B: factor temperatura de salida y C: factor presión de aire comprimido. Para dicho análisis se tomaron en cuenta los resultados de las muestras que se ven influenciadas por la variación de estos factores, se analizó la acción simultánea de los tres factores sobre una variable de respuesta que es el rendimiento expresado en porcentaje.

En la tabla 10 se muestran los datos para el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 10: Datos para el análisis de varianza (ANOVA).

A: TEMPERATURA DE ENTRADA (°C)	200 - 220
B: TEMPERATURA DE SALIDA (°C)	65 - 75
C: PRESIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (kg/cm ²)	1,5 - 2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Datos para el diseño factorial en la obtención de los productos.

n°	A	B	C	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO			
	T° DE ENTRADA (°C)	T° DE SALIDA (°C)	P DE AIRE COMPRIMIDO (kg/cm ²)				
P1	1	200	65	1,5	5,1234	5,1536	5,1022
	2	220	65	1,5	5,2864	5,1132	5,0945
	3	200	75	1,5	5,1078	5,0922	5,0453
	4	220	75	1,5	5,2052	5,1812	5,864
P2	5	200	65	2	6,8412	6,7049	6,8483
	6	220	65	2	6,8306	6,8009	6,3153
	7	200	75	2	6,122	6,5751	6,310
	8	220	75	2	6,5912	6,2318	6,4951

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1. Análisis de varianza para el rendimiento óptimo de los productos.

Para este análisis se realizó un diseño factorial completo 2^k , siendo este un diseño factorial óptimo, dicho diseño permite explorar una zona escogida del dominio experimental y encontrar una dirección prometedora para la optimización posterior. Se utiliza un diseño factorial para estudiar como un cambio de temperaturas o de presión de aire comprimido afectan al rendimiento de los productos obtenidos en la operación de secado por atomización.

Tabla 12: Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de los productos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: T DE ENTRADA	0,0402948	1	0,0402948	0,89	0,3591
B: T DE SALIDA	0,0809217	1	0,0809217	1,80	0,2000
C: P DE AIRE COMPRIMIDO	11,0669	1	11,0669	245,79	0
AB	0,113273	1	0,113273	2,52	0,1336
AC	0,0657935	1	0,0657935	1,46	0,2454
BC	0,290048	1	0,290048	6,44	0,0227
bloques	0,0048027	2	0,00240135	0,05	0,9482
Error total	0,675386	15	0,0450258		
Total (corr.)	12,3374	23			

Fuente: Análisis de varianza calculada en el programa Statigrafics Centurion XVI.I.

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de RENDIMIENTO en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 94,5257% de la variabilidad en RENDIMIENTO. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 91,6061%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,212193. El error medio absoluto (MAE) de 0,124275 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación



serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%. A continuación se muestran los valores siguientes:

R-cuadrada = 94,5257 por ciento.

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 91,6061 por ciento.

Error estándar del est. = 0,212193

Error absoluto medio = 0,124275

Estadístico Durbin-Watson = 2,21114 (P=0,5038)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,106969

4.6.2. Coeficiente de regresión y modelo matemático.

Tabla 13: Coeficiente de regresión para el rendimiento.

Coeficiente	Estimado
Constante	2,80318
A: T DE ENTRADA	-0,0554317
B: T DE SALIDA	-0,146247
C: P DE AIRE COMPRIMIDO	13,2706
AB	0,001374
AC	-0,0209433
BC	-0,0879467

Fuente: Análisis de varianza calculada por el programa Statgraphics Centurion XVI.I.

La tabla 13, muestra los valores de cada factor e interacción para determinar la ecuación de regresión que ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\begin{aligned} \text{RENDIMIENTO} = & 2,80318 - 0,0554317 * T^{\circ} \text{ DE ENTRADA} - 0,146247 * T^{\circ} \text{ DE SALIDA} \\ & + 13,2706 * P \text{ DE AIRE COMPRIMIDO} + 0,001374 * T^{\circ} \text{ DE ENTRADA} * T^{\circ} \text{ DE SALIDA} \\ & - 0,0209433 * T^{\circ} \text{ DE ENTRADA} * P \text{ DE AIRE COMPRIMIDO} - 0,0879467 * T^{\circ} \text{ DE} \\ & \text{SALIDA} * P \text{ DE AIRE COMPRIMIDO} \end{aligned}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

Optimización de respuesta.

Meta: maximizar RENDIMIENTO.

Valor óptimo = 6,80362%

La tabla 14, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el RENDIMIENTO sobre la región indicada. En este caso trabajando con los valores óptimos de los factores, se obtendrá un valor óptimo de RENDIMIENTO.

Tabla 14: Valores óptimos de obtención de los productos.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
T° DE ENTRADA (°C)	200	220	200
T° DE SALIDA (°C)	65	75	65
P DE AIRE COMPRIMIDO (kg/cm ²)	1,5	2	2

Fuente: Análisis de varianza calculada por el programa Statgraphics Centurion XVI.I.

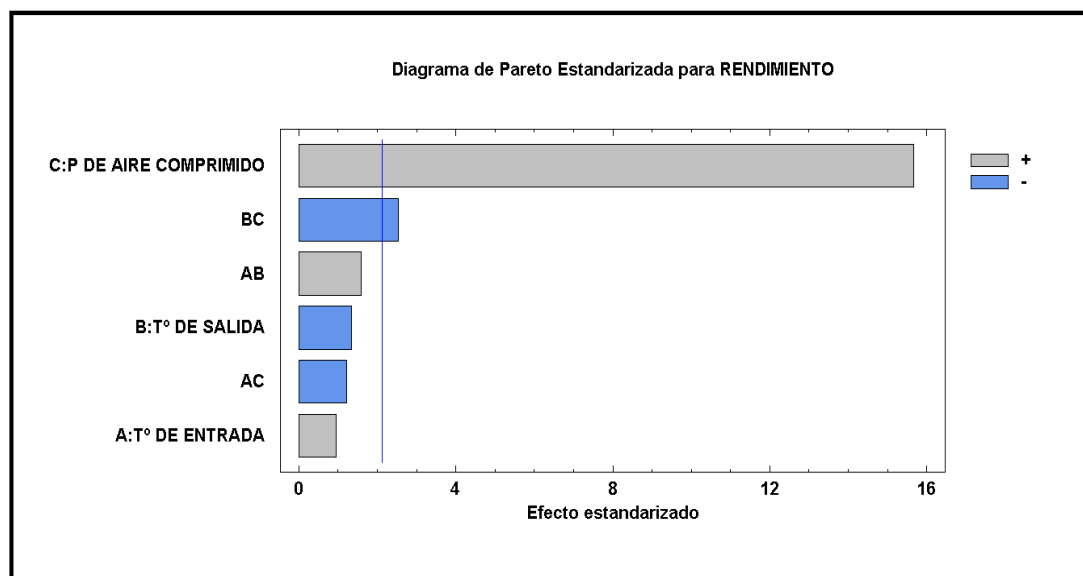


Figura 9: Diagrama de Pareto estandarizado para el RENDIMIENTO.

Fuente: programa Statgraphics Centurion XVI.I.

A través del diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre los productos de muña en polvo obtenidos. La variable más significativa en este diagrama es C: P DE AIRE COMPRIMIDO y la interacción BC. AC indica que a mayor presión de aire comprimido será menor la cantidad de temperatura de entrada, seguido de la interacción BC, a mayor presión de aire comprimido, menor temperatura de salida. En la interacción AB, a mayor temperatura de entrada, menor temperatura de salida.

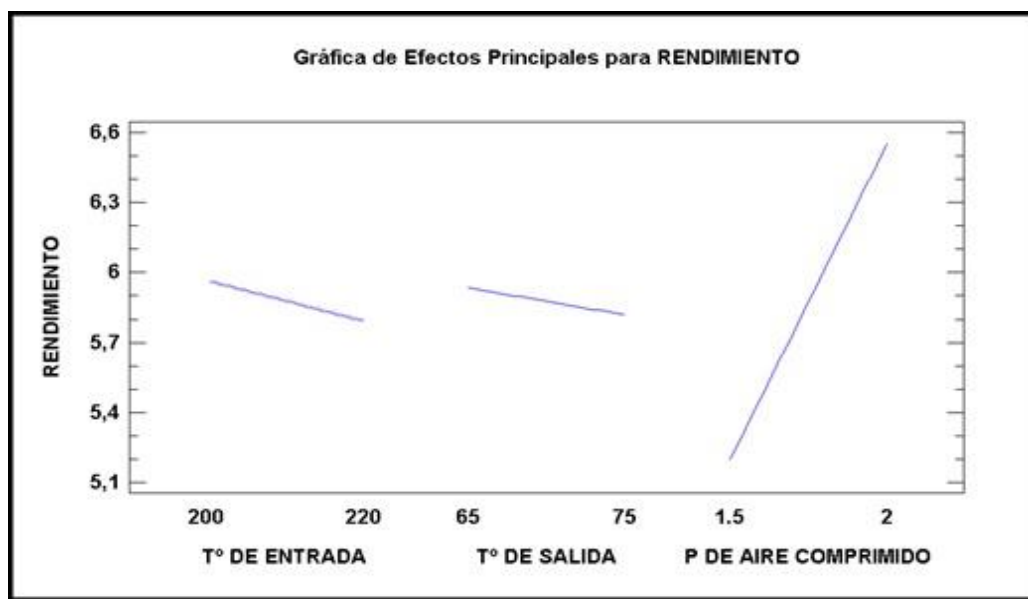


Figura 10: Gráfica de efectos principales para el RENDIMIENTO.

Fuente: programa Statgraphics Centurion XVI.I.

En la figura 10, se aprecia que el factor T° DE ENTRADA posee una línea decreciente y esto indica que a menor temperatura de entrada mayor será el rendimiento, al igual que en el factor T° DE SALIDA posee una línea descendente que nos recomienda disminuir la temperatura de salida en la operación para obtener mayor rendimiento y el factor P DE AIRE COMPRIMIDO es muy significativo puesto que a mayor presión de aire comprimido en la operación el rendimiento es mayor.

- Con respecto la temperatura de entrada, a menor temperatura de entrada hay mayor rendimiento.

- Con respecto a la temperatura de salida, a menor temperatura de salida, hay mayor rendimiento.
- Con respecto a la presión de aire comprimido; a mayor cantidad de presión de aire comprimido el rendimiento es mayor.

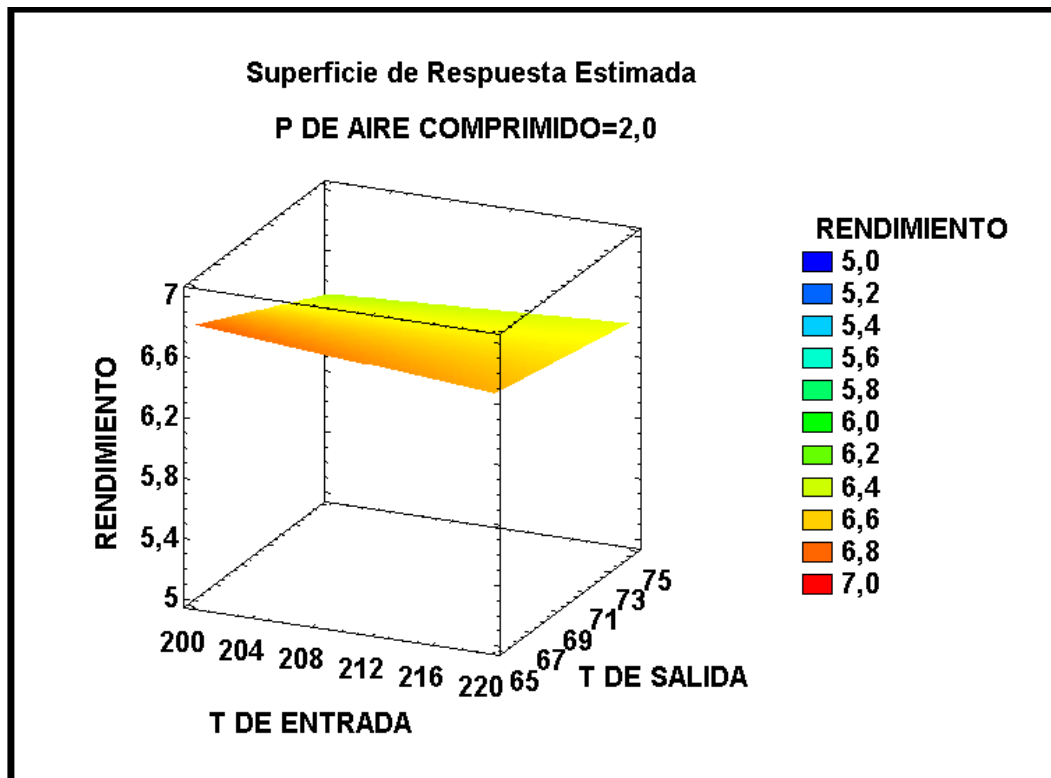


Figura 11: Superficie de respuesta estimada.

Fuente: Programa Statgraphics Centurion XVI.I.

En la figura 11 se muestra la superficie de respuesta estimada cuyo valor óptimo de presión de aire comprimido es de 2 kg/cm^2 , el rendimiento óptimo es de $6,80362\%$, considerando las variables óptimas como la temperatura de entrada de $200 \text{ }^\circ\text{C}$ y temperatura de salida de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, que al ser reemplazadas en la ecuación del modelo ajustado resulta el valor del rendimiento óptimo.

En la figura 12, se puede apreciar el gráfico de contornos de la superficie de respuesta estimada con un valor de presión de aire comprimido de 2 kg/cm^2 .

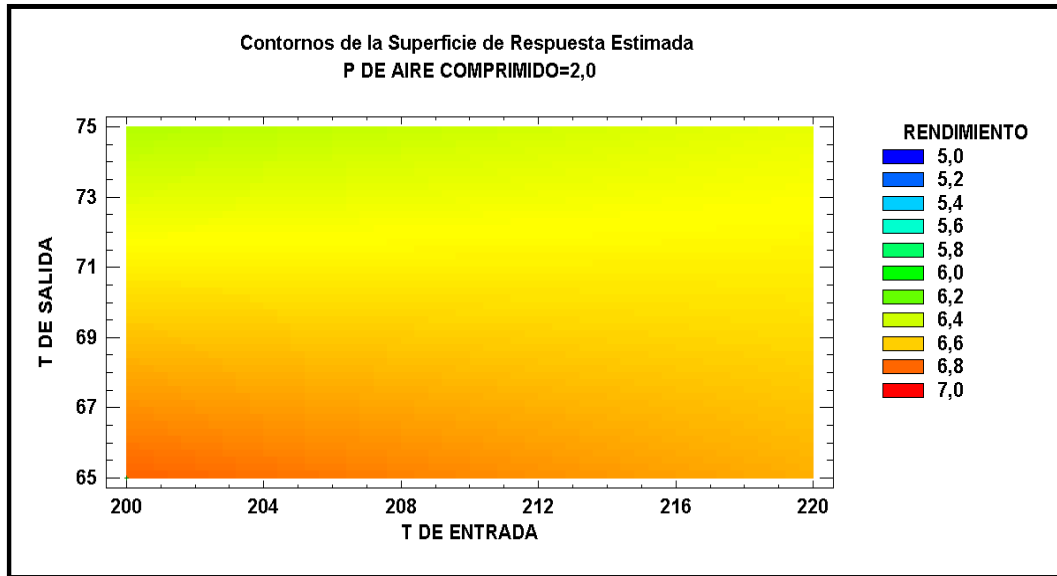


Figura 12: Contornos de la superficie de respuesta estimada.

Fuente: Programa Statgraphics Centurion XVII.I.

La figura 12 muestra el valor del rendimiento óptimo, que está representado de color naranja oscuro y se encuentra entre las variables temperatura de entrada 200 °C y temperatura de salida 65 °C, con un valor de presión de aire comprimido de 2 kg/cm².



V. CONCLUSIONES

- Los valores del porcentaje de humedad, porcentaje de solubilidad en agua y pH, para el producto de hojas frescas de muña son de 7,29%, 95,50% y 6,16 respectivamente y para el producto de hojas secas de muña son de 7,32%, 97% y 6,10 respectivamente.
- Los valores de calcio y fósforo por cada 100 g de producto de hojas frescas de muña son de 410 mg y 63 mg respectivamente y por cada 100 g de producto de hojas secas de muña son de 420 mg y 49,30 mg respectivamente.
- El valor óptimo del porcentaje de rendimiento para la obtención de muña en polvo (*Minthostachys mollis*) obtenida por el método de secado por atomización, es de 6,80362% con temperatura de entrada de 200 °C, temperatura de salida de 65 °C y presión de aire comprimido de 2 kg/cm², utilizando 250 g de dicha materia prima vegetal.



VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere para futuras investigaciones incluir distintos rangos de velocidad de alimentación en el equipo para obtener rendimientos más óptimos en los productos.
- Realizar investigaciones y estudios como composiciones químicas de los productos obtenidos con la finalidad de industrializarlos.
- Para investigaciones futuras se recomienda implementar un PLC (controlador lógico programable) al equipo de secado por atomización, con la finalidad de automatizarlo y a su vez brindar una mejor medición en los parámetros de producción de los productos.
- Se sugiere realizar estudios de la familia *Lamiaceae*, para determinar que género de la especie cuenta con mayor cantidad de compuestos químicos y minerales.
- Para futuras investigaciones se sugiere determinar otras propiedades fisicoquímicas distintas a las ya determinadas para mejorar la caracterización de los productos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamilla, L. (2001). Aspectos sobre el uso de secadores por aspersion. México.
- Aliaga, T. (1997). Manual de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa. CIP. Lima – Perú. Vol 13: 44 -52. 60p.
- Ángeles, L. (2009). Dimensionamiento y Simulación de un Secador por Aspersion de Nivel Piloto. México: Tesis de Maestría en Ciencias en Bioprocesos. México D.F. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología.
- Araujo, F. (2018). Parámetros de extracción del aceite esencial de albahaca (*Ocimum Basilicum L.*) por arrastre de vapor (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Perú, Puno.
- Barbosa, G. & Mercado, H. (2000). “Deshidratación de Alimentos”. (1ra ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Bardales, A., Yarleque, M., & Rueda, L. (1998). Estudio biológico y fotoquímica del extracto alcohólico de *Minthostachis mollis* “Muña”. I Congreso Internacional de Biología – XII Congreso Nacional de Biología – VII Simposium de Educación en Ciencias Biológicas. Lima: Perú.
- Campillo, M. S. (2003). *Minthostachys spp*: Estudio básico de la planta y su cultivo. Trabajo final de carrera (Ing. Técnica Forestal). Lima, Perú. Universidad Politécnica de Valencia (España). Escuela Politécnica Superior de Gandía; Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Canahua, A. 1997. Estrategias para la conservación y desarrollo sostenible del altiplano. Investigaciones Agropecuarias CIRNMA, Volumen 5. Puno, Perú.



- Cano, C. A. (2007). *Actividad antimicótica in vitro y elucidación estructural de aceite de las hojas de Minthostachys Mollis "Muña"*. Universidad mayor de San Marcos, Lima.
- Casanova G. & Rengifo B., (2016). Características fisicoquímicas y efecto del aceite esencial de hojas de *Chenopodium Ambrosioides* y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrogenados e hidrocarbonados.
- Castro, D, L. (2014). *BIOCOMERCIO: MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE* (Primera ed.). Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-18339.
- Cilla, A., Lagarda, M.J., Alegría, A., de Ancos, B., Cano, M., Sánchez-Moreno, C., & Barberá, R. (2011). Effect of processing and food matrix on calcium and phosphorous bioavailability from milk-based fruit beverages in Cacao-2 cells. *Food Research International*, 44(9), 3030-3038.
- Collazos, C., Alvistur, E., Vásquez, J., Quiroz, A., Herrera. N., Robles, N., Arias, M., Viñas, E., Urquieta, R., Días, C., Roca, A., Faching, A., & Hernández, E. (1996). Tabla peruana de composición de alimentos. Ministerios de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 7ma. Ed. Lima-Perú.
- Comité biocomercio - Perú. (2002). *DIAGNÓSTICO SOBRE EL BIOCOMERCIO EN EL PERÚ Y RECOMENDACIONES PARA LA FORMACIÓN DEL PROGRAMA DE PROMOCIÓN DE BIOCOMERCIO*. Lima.
- Dávila, C. (2016). *Actividad repelente del aceite esencial de Minthostachys mollis Grisebach; y elaboración de una crema repelente contra insectos adultos de la familia Culicidae*. Universidad nacional mayor de San Marcos, Lima.



- Devia, J. E. (2005). *PULVERIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES POR SECADO POR ATOMIZACIÓN*. Universidad EAFIT, Medellín.
- Espinoza, D. A. (2018). *Efecto antiinflamatorio de un gel elaborado a base de extracto seco de hojas de Minthostachys Mollis (MUÑA) en Rattus rattus*. Universidad católica de los ángeles Chimbote, Chimbote.
- Filková, I. & Mujumdar, A. (1985). "Industrial spray Drying Systems". USA.
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (Primera ed.). Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Fonturbel, F. (1990). Efectos fitobiológicos de vegetales andinos. Resúmenes del VIII Congreso nacional de microbiología, UNMSM. Lima – Perú. Ae 14: 9p.
- Freire, A. (2004). *Botánica sistemática Ecuatoriana*. Ecuador. Editorial Missouri Garden.
- Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición: Nutrición Clínica*. Madrid, España. Ed. Médica Panamericana. Segunda edición.
- Guardiola, E. (2015). *Elaboración de bases lácteas en polvo mediante secado por atomización para fabricación de chocolate*. Universidad de Oviedo.
- Heymann, H. & Lawless, H. (2010). *Sensory evaluation of food, principles and practices*. 2 ed. Nueva York, Estados Unidos, Springer. 626 p.
- Laura, H. C., Mayta, C. G., Pari, M. C., & Ponce de León, E. D. (2015). *Instalación y evaluación de un equipo de secado por atomización, para la obtención de leche semidescremada en polvo*. Universidad nacional del altiplano, Puno.



- Liceras, N. V. & Alzamora, V. R. (2017). *BIOACCESIBILIDAD DEL CALCIO EN LA MUÑA*. *NSB Nutrición, Salud y Bienestar*.
- Mafart, P. (1994). "Ingeniería Industrial Alimentaria". (Primera edición). Zaragoza, España: Editorial Technique et Documentation-Laviosier.
- Masters, K. (1985). *Spray Drying Handbook*. (4° Edición). London U. K.: Editorial George Godwin.
- Mujundar, A. (2000). *Dryers for particle solids, slurries and sheet-form materials Practical Guide to Industrial Drying: Equipment and New Developments*. Thailand: Devahastin S, 2000.
- Oviedo, F. (1979). *Ensayos toxicológicos preliminares del aceite esencial de muña*. UNSAAC, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Cusco, Perú. 86p.
- Reinoso, J. (1997). *Control del Gorgojo en el Almacenamiento Tradicional de la papa*. Centro de Recursos Naturales y Medio Ambiente sede Puno. Rev8. 40p.
- Rodríguez, R. (1988). *Plantas para leña en el sur occidente del departamento de Puno*.
- Sicha, A. & Lock, O. (1995). *SECADO POR ATOMIZACION (SPRAY DRYER)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Sorau, B. & Bandini, A. (1994). *Plantas de la medicina popular Argentina*. Tercera edición, Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Soukup, J. (1970). *Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de los géneros* (Primera ed., Vol. 3). Lima, Perú: Salesiana.
- Statgraphics Centurion (2013). Statgraphics Centurion XVII.I. Posted September 12, 2013, from <https://www.statgraphics.com/download-statgraphics-centurion-xvi>



- Torres, H. & Borel, R. (1993). Usos tradicionales de arbustos nativos en el sur de Puno. Puno, PE, Proyecto Árbol andino. 82 p.
- Ugás, R. (2014). *40 NUEVAS Y VIEJAS VERDURAS PARA DIVERSIFICAR TU ALIMENTACIÓN Y NUTRIRTE MEJOR* (Primera ed; G. G. S.R.L, Ed.). Lima.
- Watts, B. M., Ylamaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *METODOS SENSORIALES BASICOS PARA LA EVALUACION DE ALIMENTOS* (Primera ed.). Ottawa, Canadá: International Development Research Centre 1992.
- Weberbauer M. (1995). El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. 1° Edición. Lima: Editorial Lumen S. A.
- Yang, C. & Atallah, W. (1985). Effect of 4 drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. 1985. págs. 1233-1237. Vol.50(5).
- Yongsawatdigul, J. & Gunasekaran, S. (1996). Microwave-vacuum drying of cranberries 2 Quality evaluation. 1996. págs. 145-146. Vol. 20 (2).
- Zygadlo J., Merino E., Maestri D, Guzmán C., & Espinar L. (1993). The Essential Oils of *Satureja odora* and *S. parvifolia* from Argentina. *J Essent Oil Res* 5, 549 - 551.



ANEXOS

ANEXO A:

Tabla A.1: Valores de los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña expresados en gramos.

Tabla A.2: Tiempo en minutos de la producción de los productos de hojas frescas y secas de muña en polvo.

Tabla A.3: Resultados de los análisis fisicoquímicos y minerales predominantes realizados para los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña.

Tabla A.4: Parámetros de producción de los productos obtenidos en la operación.

Tabla A.5: Relación de la velocidad de alimentación vs el caudal de la bomba peristáltica.

ANEXO B:

Figura B.1: Informe de análisis de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, calcio y fósforo de las hojas frescas de muña en polvo, realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias.

Figura B.2: Informe de análisis de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, calcio y fósforo de las hojas secas de muña en polvo, realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias.

ANEXO C:

Figura C.1: Acondicionamiento del equipo de secado por atomización del laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la facultad de Ingeniería Química de la UNA – PUNO.

Figura C.2: Compresora de la marca TECNIKNY de 80 gal y motor de 3 HP.

Figura C.3: Selección y desojado de la planta de muña.

Figura C.4: Secado natural de las hojas de muña.

Figura C.5: Preparación de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

Figura C.6: Obtención de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

Figura C.7: Medición de pH de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

Figura C.8: Muestra o extracto cargado al tanque de alimentación del equipo de secado por atomización.

Figura C.9: Inicio de la operación de secado por atomización (tablero de control del equipo).

Figura C.10: Primeros rastros de la obtención de producto en polvo de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

Figura C.11: Manómetro indicador de presión de aire comprimido indicando $1,5 \text{ kg/cm}^2$ y 2 kg/cm^2 respectivamente.

Figura C.12: Temperaturas de entrada y salida indicadas en el tablero de control del equipo.

Figura C.13: Productos obtenidos de las hojas frescas y secas de muña.

Figura C.14: Obtención de los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña obtenidas por el método de secado por atomización.

Figura C.15: Pesado de los productos en polvo de hojas frescas y secas utilizando una balanza analítica de marca H.W.K. Kessel, modelo HR- 25A.

Figura C.16: Envasado de los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña.

ANEXO A

Tabla A.1. Valores de los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña expresados en gramos.

POR CADA 250 g DE HOJAS FRESCAS DE MUÑA			
	m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)
P1	12,8085	12,884	12,7555
	13,2162	12,783	12,7362
	12,7305	12,7305	12,6132
	13,013	12,953	14,66
POR CADA 250 g DE HOJAS SECAS DE MUÑA			
	m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)
P2	17,103	16,7622	17,1209
	17,0765	17,0022	15,7882
	15,305	16,4377	15,775
	16,478	15,5795	16,2377

Tabla A.2: Tiempo en minutos de la producción de los productos de hojas frescas y secas de muña en polvo.

	t1 (min)	m1 (g)	t2 (min)	m2 (g)	t3 (min)	m3 (g)
P1	36	12,8085	34	12,884	35	12,7555
	34	13,2162	35	12,783	34	12,7362
	35	12,7305	34	12,7305	36	12,6132
	34	13,013	36	12,953	35	14,66
P2	36	17,103	36	16,7622	35	17,1209
	35	17,0765	35	17,0022	34	15,7882
	34	15,305	34	16,4377	36	15,775
	35	16,478	34	15,5795	34	16,2377

Tabla A.3: Resultados de los análisis fisicoquímicos y minerales predominantes realizados para los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña.

	PRODUCTO DE HOJAS FRESCAS DE MUÑA	PRODUCTO DE HOJAS SECAS DE MUÑA
HUMEDAD (%)	7,29	7,32
SOLUBILIDAD EN AGUA (%)	95,5	97
pH	6,16	6,1
CALCIO (mg/100)	410	420
FÓSFORO (mg/100)	63	49,3
CENIZAS (%)	13,36	12,38

Tabla A.4: Parámetros de producción de los productos obtenidos en la operación.

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	PRODUCTO DE HOJAS FRESCAS DE MUÑA	PRODUCTO DE HOJAS SECAS DE MUÑA
Temperatura de entrada (°C)	200 a 220	200 a 220
Temperatura de salida (°C)	65 a 75	65 a 75
Presión de aire comprimido (kg/cm ²)	1,5 a 2	1,5 a 2
Presión de atomización (bar)	6,5	6,5
Velocidad de alimentación	1,5	1,5
Caudal de la bomba peristáltica (L/h)	3,5	3,5
Tiempo de producción (min)	35	35
Masa obtenida (g)	14,66	17,1209



Tabla A.5: Relación de la velocidad de alimentación vs el caudal de la bomba peristáltica.


VELOCIDAD	CAUDAL (L/h)
1	1,63
1,5	3,5
2	5,29
2,5	7,66
3	9,11
3,5	11,61
4	15,58
4,5	15,32
5	17,56

Fuente: Laura et al., (2015).




ANEXO B

Figura B.1: Informe de análisis de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, calcio y fósforo de las hojas frescas de muña en polvo, realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS
Nº0801-19-LAQ

SOLICITANTE: JUAN DIEGO SAMPEN CONTRERAS
PROYECTO T.: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS Y COMPUESTOS QUIMICOS DE LA MUÑA EN POLVO (Mintostachys mollis) OBTENIDA POR EL METODO DE SECADO POR ATOMIZACION
MUESTRA : MUÑA EN POLVO (OBTENIDA DE HOJAS FRESCAS)
FECHA : C/16/12/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Humedad %	7.29
pH	6.16
Ceniza %	13.36
Calcio mg/100	410.00
Fosforo mg/100	63.00
Solubilidad en Agua %	95.50

* Métodos: Humedad Gravimétrico NTP 206.011
pH Potenciométrico, R. Lees
Ceniza Gravimétrico AOAC 942.09
Calcio, Volumétrico EDTA, ANALISIS MODERNO DE ABUMENTOS F.L.HART/I.J.FISHER
Fosforo, Flujo continuo, complejo Molibdato, JEAN RODIER
Solubilidad, Propuesto UNSAAC.

Cusco, 19 de Diciembre 2019



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Análisis
Cecilia Torres Herrera Arredondo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO



Figura B.2: Informe de análisis de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, calcio y fósforo de las hojas secas de muña en polvo, realizados en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – Facultad de Ciencias.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0800-19-LAQ

SOLICITANTE: JUAN DIEGO SAMPEN CONTRERAS
 PROYECTO T.: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS Y COMPUESTOS QUIMICOS DE LA MUÑA EN POLVO(Minthostachys mollis) OBTENIDA POR EL METODO DE SECADO POR ATOMIZACION
 MUESTRA : MUÑA EN POLVO (OBTENIDA DE HOJAS SECAS)
 FECHA : C/16/12/2019
 RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Humedad %	7.32
pH	6.10
Ceniza %	12.38
Calcio mg/100	420.00
Fosforo mg/100	49.30
Solubilidad en Agua %	97.00

*Métodos: Humedad Gravimétrico NTP 206.011
 pH Potenciométrico R. Lees
 Ceniza Gravimétrico AOAC 942.09
 Calcio, Volumétrico EDTA, ANALISIS MODERNO DE ALIMENTOS F.L.HART/I.J.FISHER
 Fosforo, Flujo continuo, complejo Molibdato, JEAN RODIER
 Solubilidad, Propuesto UNSAAC.

Cusco, 19 de Diciembre 2019



ANEXO C



Figura C.1: Acondicionamiento del equipo de secado por atomización del laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la facultad de Ingeniería Química de la UNA – PUNO.



Figura C.2: Compresora de la marca TECNIKNY de 80 gal y motor de 3 HP.



Figura C.3: Selección y desojado de la planta de muña.



Figura C.4: Secado natural de las hojas de muña.



Figura C.5: Preparación de los extractos de hojas frescas y secas de muña.



Figura C.6: Obtención de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

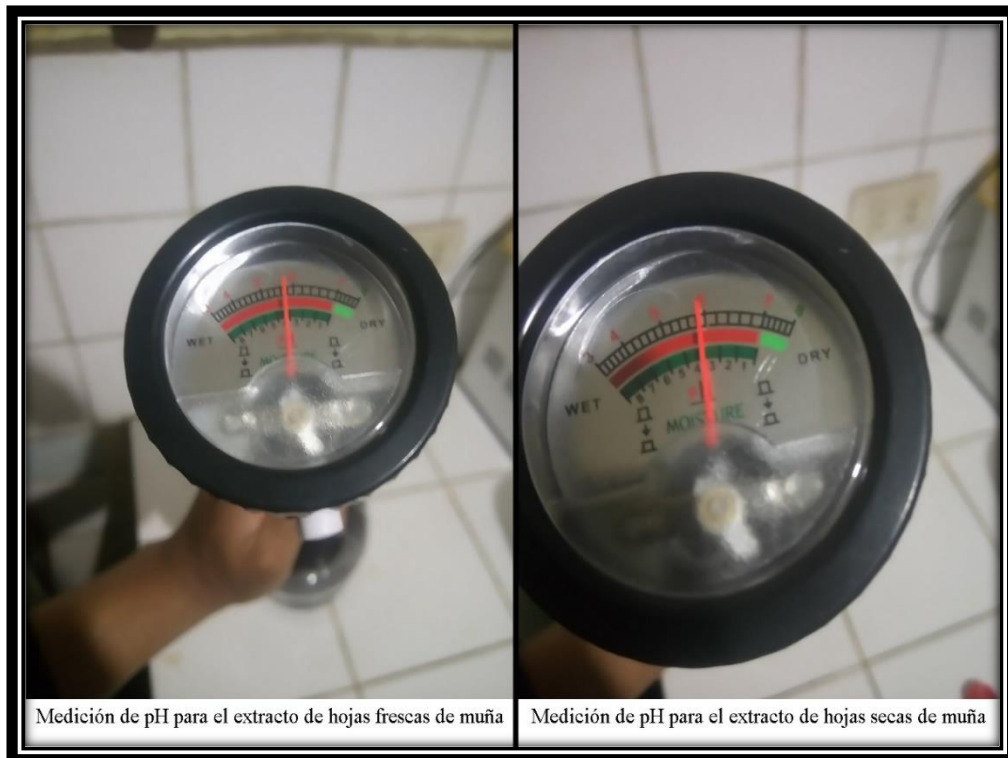


Figura C.7: Medición de pH de los extractos de hojas frescas y secas de muña.



Figura C.8: Extractos pesados en picnómetro para la determinación de sus densidades utilizando una balanza analítica de marca H.W.K. Kessel, modelo HR- 25A.

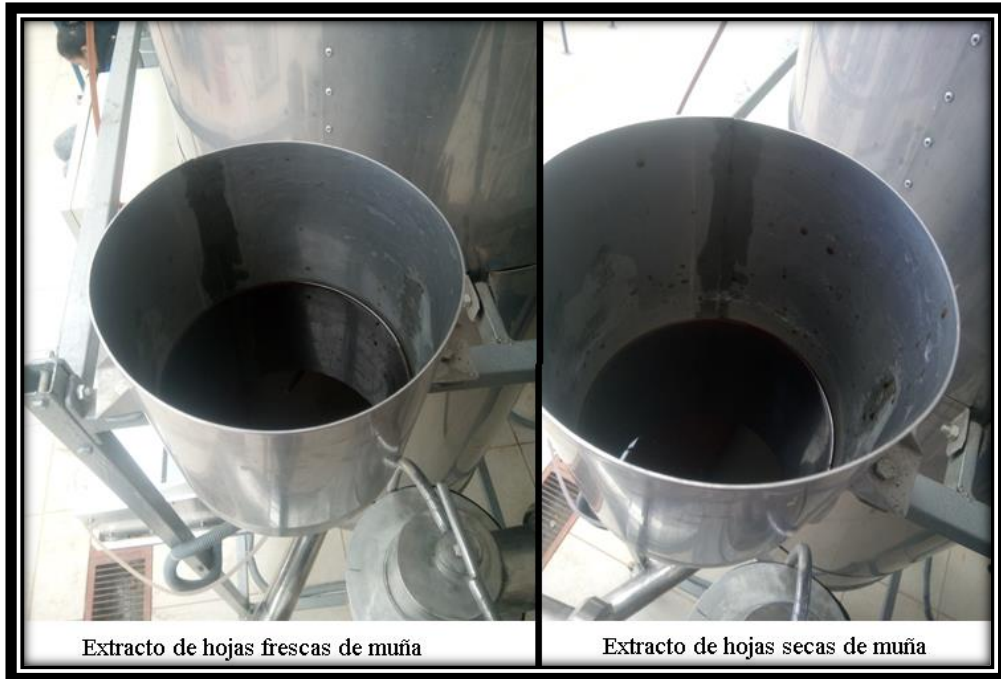


Figura C.9: Muestra o extracto cargado al tanque de alimentación del equipo de secado por atomización.



Figura C.10: Inicio de la operación de secado por atomización (tablero de control del equipo).

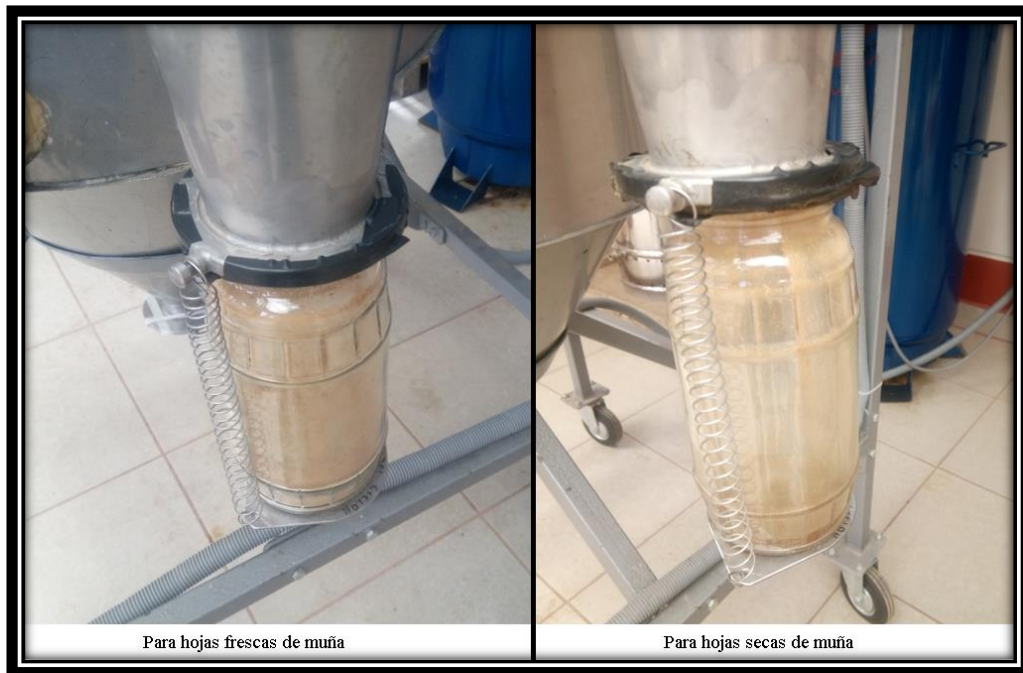


Figura C.11: Primeros rastros de la obtención de producto en polvo de los extractos de hojas frescas y secas de muña.

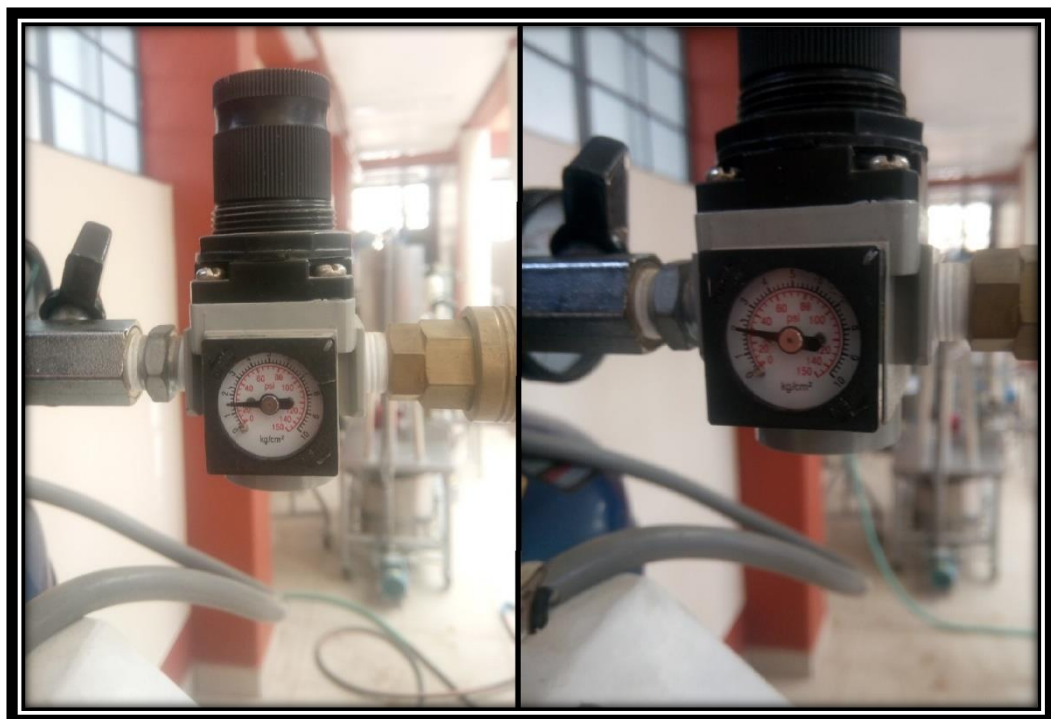


Figura C.12: Manómetro indicador de presión de aire comprimido indicando 1,5 kg/cm² y 2 kg/cm² respectivamente.

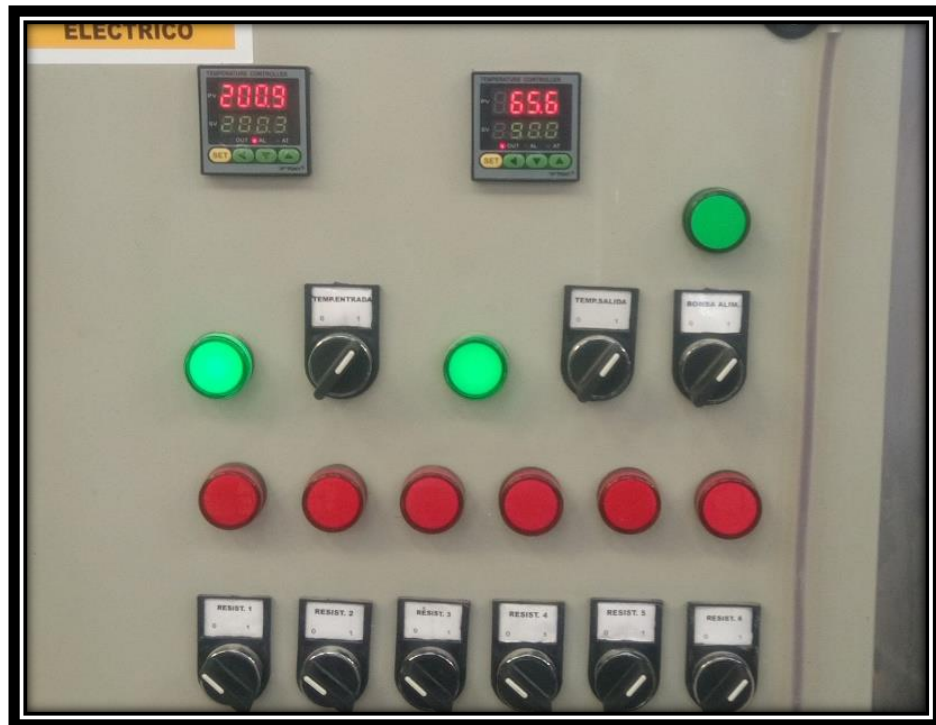


Figura C.13: Temperaturas de entrada y salida indicadas en el tablero de control del equipo.



Figura C.14: Pesado de los productos en polvo de hojas frescas y secas utilizando una balanza analítica de marca H.W.K. Kessel, modelo HR- 25A.



Figura C.15: Envasado de los productos en polvo de hojas frescas y secas de muña.