

Introducción

Antecedentes

HISTORIA DE LA UVA DESHIDRATADA

La producción de uva pasa data desde los albores de la civilización, utilizando el secado al sol como método para su conservación, y la responsabilidad de su expansión y popularidad en todo el mundo occidental se le atribuye a los primeros fenicios y egipcios (Amaya, 2017).

En la Edad Antigua y Edad Media, el cultivo de la vid en Europa fue asumido por los romanos, que le dieron un sentido social, cultural y religioso, haciendo formar parte a frailes, obispos y curas en la difusión del viñedo en estas regiones; sin embargo, los musulmanes también dominaron varias zonas vitícolas en la Península Ibérica, las Islas Baleares y Sicilia. Estos fueron no solamente buenos cultivadores de viña y elaboradores de uvas pasa, sino también productores y consumidores de vino. (Piqueras, 2014).

A mediados de los siglos XVIII y XIX, en España se realizaba la cría de uva Moscatel de Alejandría en los montes de la Axarquía, siendo las dos actividades principales: la producción de vino de Málaga y el secado artesanal al sol para la obtención de uvas pasa. Ambas llegaron a ser una próspera industria exportadora, los vinos y las pasas españolas eran mercancía habitual en los mercados de Inglaterra, Alemania y Flandes; en el caso de las pasas también en Italia, pero toda esta industria se vino abajo a causa de la filoxera, un insecto parásito de la vid que acabó con casi todas las viñas de Europa (Piqueras, 2014; CEDECOM, 2019).

Debido a la filoxera, muchos agricultores de vides emigraron al Norte y Sur de América y otras partes del mundo (Valencia, 2010).

En 1524 Hernán Cortés dictó una ordenanza para que se plantaran cinco mil cepas por cada indígena encomendado con el fin de establecer la vid en América, que

posteriormente se expandió hacia California, Perú y demás regiones de Sudamérica (Peñin & Salinas, 2004).

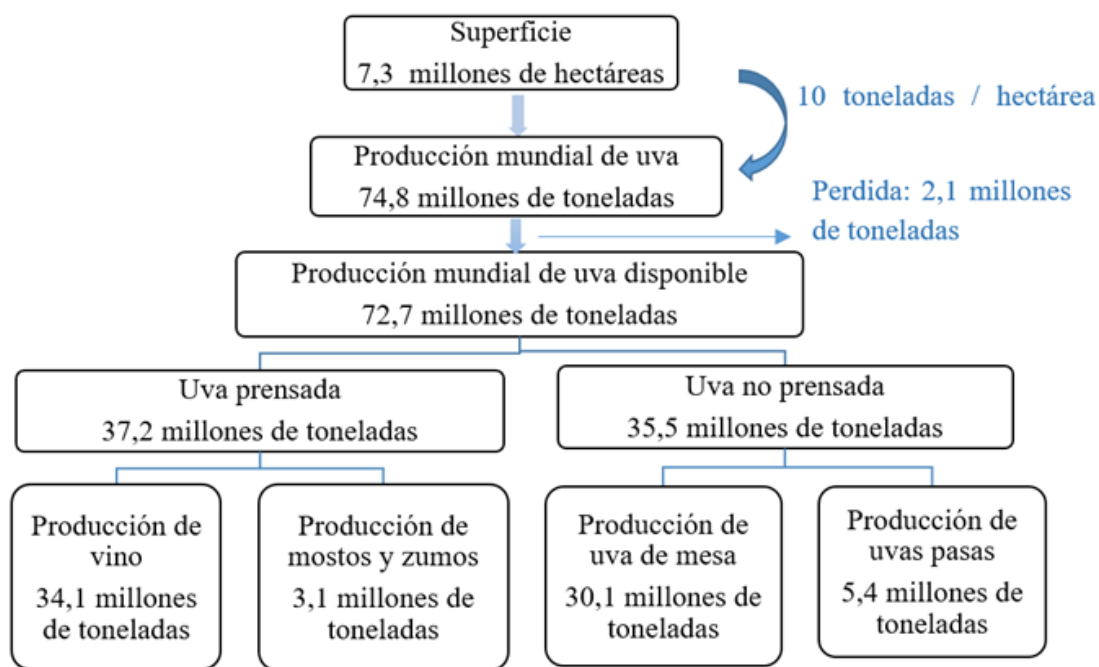
En Bolivia fue introducida por los conquistadores españoles acompañados por misioneros religiosos en función evangelizadora, ampliándose su distribución de vides a otros valles del país como Caracato en el Departamento de Potosí y Luribay en La Paz, hasta llegar a los valles de Tarija (Mártinez, 2014).

Producción de uva fresca a nivel mundial

Según la OIV (2021), los viñedos del mundo produjeron un total de 74,8 millones de toneladas de uva fresca en 2021, de las cuales 5,4 millones de toneladas de uva estuvieron destinadas a la producción de uva para pasificación, como se observa en la Figura 1 a continuación.

Figura 1

Balance mundial de la uva en 2021



Fuente: OIV, 2021.

Producción de uva deshidratada a nivel mundial

La producción mundial de uvas pasa se estima en 1,4 millones de toneladas y los principales países productores son (OIV, 2021):

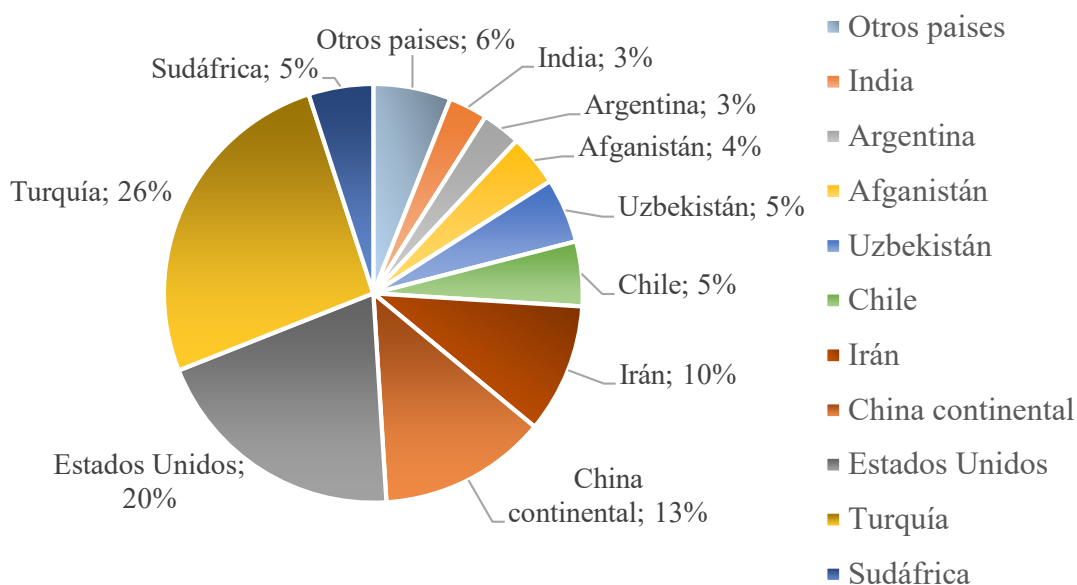
1. Turquía 358 000 toneladas
2. Estados Unidos 274 000 toneladas
3. China 180 000 toneladas
4. Irán 131 000 toneladas
5. Sudáfrica 73 000 toneladas

En conjunto, estos 5 países mencionados representan el 74 % del total mundial.

En la Figura 2 podemos apreciar la producción de uva pasa a nivel mundial en 2021.

Figura 2

Desglose de la producción de uvas pasas en 2021



Fuente: OIV, 2021.

Consumo de uva deshidratada a nivel mundial

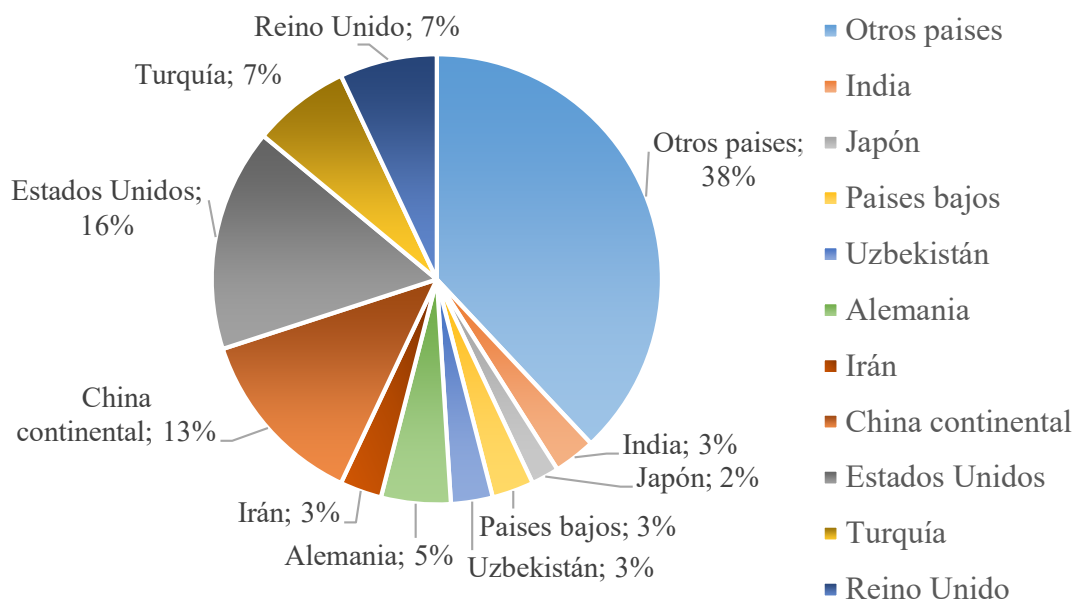
Según la OIV (2021), el consumo de uvas pasa se estima en 1,4 millones de toneladas y los cinco principales países consumidores son:

1. Estados Unidos 215 000 toneladas
2. China 185 000 toneladas
3. Turquía 102 000 toneladas
4. Reino Unido 89 000 toneladas
5. Alemania 67 000 toneladas

A continuación se presenta en la Figura 3 el consumo de uva pasa a nivel mundial para 2021.

Figura 3

Desglose del consumo de uvas pasas en 2021



Fuente: OIV, 2021.

Panorama nacional de la uva deshidratada

Según datos del OEC (2021), Bolivia en 2021 exportó 113 000 dólares en frutas secas, los principales destinos de exportación fueron:

- España con 46 000 dólares
- Estados Unidos con 24 300 dólares
- Estonia con 19 000 dólares
- Argentina con 6800 dólares
- Emiratos Árabes Unidos con 5330 dólares

Y a su vez importó 141 000 dólares en frutas secas principalmente de:

- Argentina 123 000 dólares
- Estados Unidos 14 100 dólares
- Marruecos 1470 dólares
- Vietnam 1250 dólares
- Reino Unido 630 dólares

En Bolivia la producción de frutas secas es un ejemplo de la gran capacidad productiva que tienen los valles de Cochabamba, Tarija, parte de Santa Cruz y la región de Alto Beni en el departamento de La Paz, con frutas como: durazno, papaya, mango, uva, manzana, kiwi y banano. El potencial de diferenciación con que cuentan estos productos, cien por cien ecológicos, los hace únicos en los mercados nacional e internacional (IBCE, 2008).

Producción de uva Moscatel

Esta variedad está extendida en diferentes partes del mundo, siendo actualmente muy importante en Sudáfrica, y contando España con la mayor superficie cultivada. De la misma forma en Sudamérica también está presente, pero con menor superficie, donde Chile, Argentina, Perú, Colombia y Ecuador tienen los principales cultivos de vides (INV, 2018).

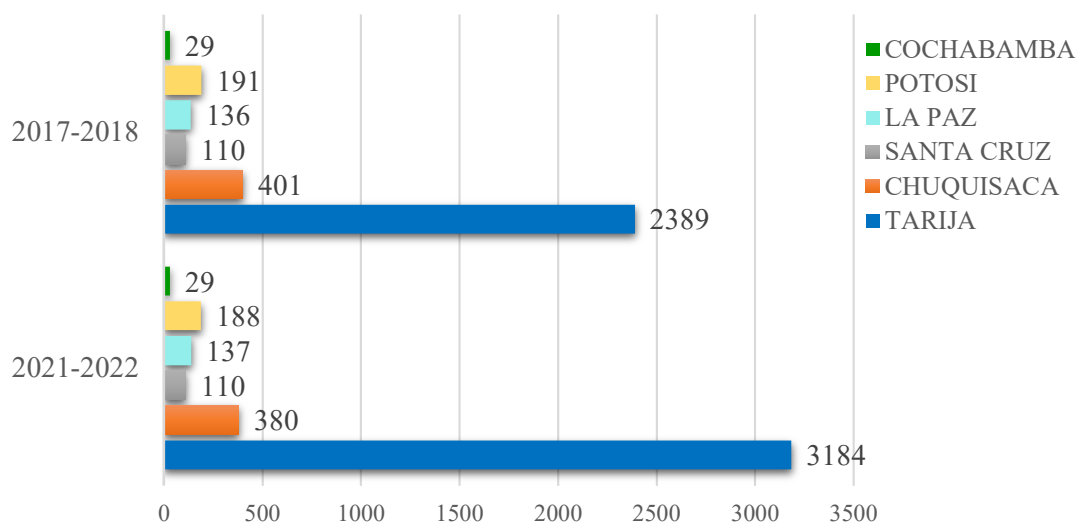
En países del Medio Oriente como Israel, Turquía y Túnez es producida principalmente para consumo como pasas (INV, 2018).

En Bolivia la variedad Moscatel de Alejandría, ocupa un 80% aproximadamente de toda la superficie cultivada de uva (Merdia, 2019).

La viticultura boliviana se caracteriza por ser de pequeña escala en comparación a otros países, y según datos oficiales que se muestran en la Figura 4, en la gestión 2017-2018 a nivel nacional se cultivan unas 3256 hectáreas totales, de las cuales 2389 hectáreas, que representan el 73,37 %, se encuentran en Tarija. Además los datos preliminares de la gestión 2021-2022 arrojan la cifra de 4028 hectáreas cultivadas a nivel nacional de las cuales 3184 hectáreas están ubicadas en Tarija, teniendo esta región un 79,05% del total del país (INE, 2022).

Figura 4

Superficie de uva cultivada en Bolivia por departamentos (en hectáreas)



Fuente: INE, 2022.

La cifra promedio comercializable de uva en Tarija alcanza a 22400 toneladas aproximadamente (CEMIVIT, 2018).

Objetivos

Los objetivos formulados para este proyecto de grado son los siguientes:

Objetivo general

Aplicar la deshidratación osmótica para obtener uva deshidratada Moscatel de Tarija a escala laboratorio.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la uva Moscatel de la ciudad de Tarija.
- Aplicar un proceso experimental de deshidratación osmótica basado en un diseño factorial 2^3 .
- Evaluar el comportamiento de la pérdida de peso en la uva y grados Brix del jarabe durante la deshidratación osmótica.
- Realizar un balance de materia y energía del proceso de elaboración de uva deshidratada.
- Analizar de manera sensorial la uva deshidratada obtenida con el fin de elegir el proceso que brinde mayor aceptabilidad al producto final.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la uva deshidratada Moscatel de la ciudad de Tarija.

Justificación

A continuación, se describen los diferentes motivos que llevaron a realizar esta investigación:

Justificación tecnológica

Las técnicas más comúnmente utilizadas en la deshidratación de uva en el departamento de Tarija son la deshidratación en secadores solares al aire libre y temperatura ambiente.

La deshidratación osmótica, como técnica de eliminación de agua en la fruta, aporta diferentes beneficios, elimina la dependencia de factores climáticos y no se somete a contaminantes como insectos, polvo y otros que puedan presentarse en el secado al sol por estar al aire libre, también permite el control de parámetros y genera un producto final microbiológicamente más estable y con mejores propiedades organolépticas (Gutiérrez et al., 2019).

Esta técnica también es utilizada como pretratamiento para diferentes secados, porque además de mejorar las cualidades del producto, aumenta la cantidad de sólidos presentes reduciendo así la actividad acuosa (Gutiérrez et al., 2019).

No se tienen experiencias registradas de uvas tarijeñas sometidas a este proceso, por lo que los resultados obtenidos podrán ser una guía para conocer el comportamiento de esta uva frente a una osmodeshidratación.

Justificación económica

En Tarija, la actividad vitivinícola está establecida en numerosos municipios y los elementos que juegan a favor son las condiciones del terreno, acceso al agua, además del clima, lo que no se da en regiones productoras del interior del país. Estas condiciones mantienen la perspectiva que Tarija pueda incrementar y llegar a expandir su producción para 2024 (Angelo, 2024).

Sin embargo, es altamente perecedera, el deshidratarla transforma la uva en un producto estable, pudiendo conservarla, y facilitando su traslado. Pero la exportación de la fruta seca no es todavía un mercado importante en Tarija como en otros departamentos.

La uva Moscatel le otorga características muy valiosas a la uva deshidratada y en vista de la capacidad que hay en el departamento para su producción, el mejorar las condiciones del producto deshidratado final empleando diferentes técnicas, podría incrementar la atención del público local sobre esta opción alimenticia y elevar la aceptación a nivel nacional.

Justificación social

El estudio pretende:

- Contribuir con datos y conocimiento como colaboración a nuevos estudiantes o personas interesadas en replicar a diferente escala y con diferentes propósitos lo aquí expuesto.
- Dejar a la población una opción diferente con respecto a la utilización de la uva Moscatel.
- Presentar una opción de snack saludable elaborado con productos de la región.

Justificación ambiental

El proceso de deshidratación osmótica no genera un gran impacto ambiental y puede ser reducido tomando algunas consideraciones.

Los restos de la uva después del desramado y la selección, son residuos orgánicos, y tienen diferentes usos y beneficios, por ejemplo en la industria alimenticia farmacéutica y medicinal.

El jarabe residual de la ósmosis puede ser reutilizado y posteriormente usado como ingrediente en otros productos, además retiene compuestos de la uva que conservan características de aroma, color, y sabor.

Los residuos del pretratamiento de la uva, se neutralizan con ácido cítrico, obteniendo citrato de sodio un residuo no contaminante.

Justificación personal

En busca de aplicar los conocimientos obtenidos durante estos años de estudio y cumplir con la reglamentación necesaria para concluir la carrera de Ingeniería Química, se realiza esta investigación aplicada que se enfoca en obtener uva deshidratada variedad Moscatel del departamento de Tarija, un fruto ampliamente producido en la región, con buenas cualidades para variados subproductos, pero de rápida degradación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

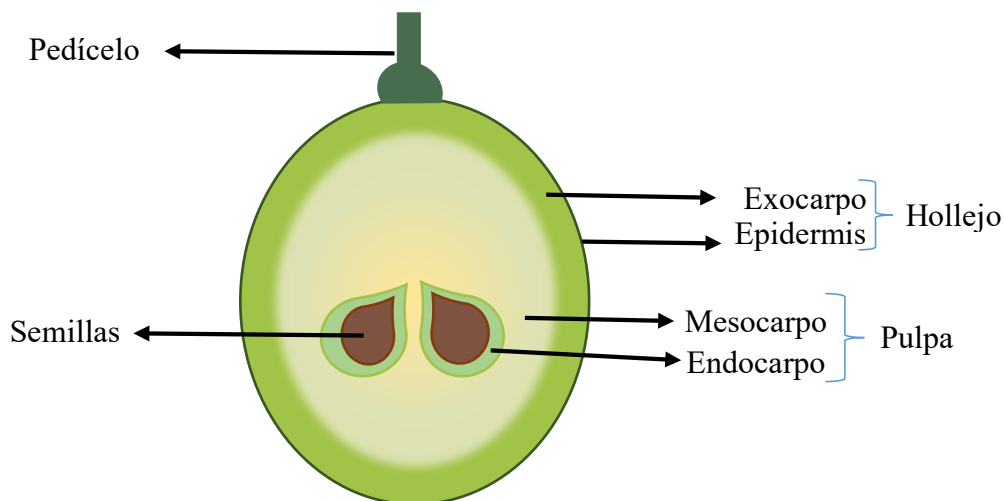
1.1 Definición de uva

“Baya o grano más o menos redondo y jugoso, fruto de la vid, que forma racimos” (RAE, 2020).

1.2 Descripción de la uva

La uva es el fruto de la vid, una planta trepadora que puede llegar a superar los 20 metros, pero que, por la acción del ser humano, con podas anuales, suele presentar alturas de 1 o 2 metros. La uva nace en largos racimos formados por granos redondos u ovalados, cuyo diámetro medio es de 1,6 centímetros y su peso 200-300 gramos aproximadamente. El color de su piel es diferente según variedades, pudiendo lucir tonos verdosos, rojizos, purpuras, azulados o amarillentos. Su pulpa es jugosa y dulzona, presentando diversas pepitas pequeñas y duras en su interior (Acosta et al., 2020).

En la Figura 1-1 podemos observar la estructura de la uva, en la que se distinguen dos partes claramente diferenciadas, las semillas y el pericarpo o conjunto de tejidos que las envuelve. Las semillas se desarrollan a partir de los óvulos tras su doble fecundación, mientras que el pericarpo es el resultado del crecimiento y diferenciación de la pared del ovario. En el pericarpo pueden distinguirse tres tipos de tejidos, organizados concéntricamente alrededor de las semillas, el endocarpo más interno y con una textura más gelatinosa, el mesocarpo intermedio y que ocupa el mayor volumen de la baya y el exocarpo más externo, que contiene la epidermis recubierta por una cutícula cética y algunas capas celulares subepidérmicas. Comúnmente, el exocarpo se conoce como hollejo y el mesocarpo junto con el endocarpo forma lo que se denomina la pulpa de la baya. (Carbonell & Martínez, 2013).

Figura 1 - 1*Partes de la uva*

Fuente: Carbonell & Martínez, 2013.

1.3 Composición nutricional de la uva Moscatel

“Las características y propiedades dependen de la composición química y ésta a su vez depende de muchos factores como la especie y variedad, las condiciones de cultivo, el clima, el estado de maduración, la duración del almacenamiento, entre otros” (González et al., 2010). La Tabla I – 1 muestra la composición por cien gramos de porción comestible de uva Moscatel.

Tabla I - 1*Información nutricional y energética de la uva Moscatel*

Componentes	Unidades	Cantidad
Energía	Kilocalorías	69
Agua	gramos	81,7
Fibra	gramos	1,4
Proteínas	gramos	0,7
Grasas totales	gramos	0,4
Hidratos de Carbono	gramos	17,2
Vitamina C	miligramos	4
Azúcares totales	gramos	16,3
Hierro	miligramos	0,3
Magnesio	miligramos	9
Fósforo	miligramos	20
Potasio	miligramos	191
Calcio	miligramos	14
Sodio	miligramos	1

Fuente: Moreiras et al., 2013.

1.4 Características de la uva Moscatel

La uva Moscatel es una variedad de maduración media, tamaño de baya grande, baja acidez, elevado dulzor, con pepas y de usos múltiples (Carranza, 2009). En la Figura 1–2 a continuación, podemos observar la uva Moscatel.

Figura 1 - 2

Uva Moscatel



Fuente: Leiva, 2009.

1.5 Taxonomía de la uva Moscatel de Tarija

La taxonomía para la uva Moscatel de Tarija es la siguiente (UAJMS, 2021):

- Reino: Vegetal
- Phylum: Telemophytae
- División: Tracheophytae
- Sub división: Anthophyta
- Clase: Angiospermae
- Sub clase: Dicotyledoneae
- Grado Evolutivo: Archichlamydeae
- Grupo de Ordenes: Corolinos
- Orden: Ramnales
- Familia: Vitaceae.
- Nombre científico: *Vitis vinífera L.*
- Variedad: Moscatel de Alejandría
- Nombre común: Vid

1.6 Definición de uva deshidratada

Las uvas pasa se definen de la siguiente manera de acuerdo con el CODEX (1981) y como se detalla en el Anexo D:

Las uvas pasas son el producto preparado con uvas sanas de variedades que se ajustan a las características de *Vitis vinífera L.* (con exclusión de las pasas de Corinto) elaboradas en una forma apropiada para obtener uvas pasas comercializables, con o sin recubrimiento con ingredientes facultativos adecuados.

1.7 Composición nutricional de uva deshidratada variedad Moscatel

La reducción de contenido de agua produce un incremento de sólidos totales, lo que da lugar a la concentración de algunos de sus componentes (González et al., 2010). La Tabla I – 2 muestra la composición nutricional y energética por cien gramos de porción comestible de uva deshidratada Moscatel.

Tabla I - 2*Composición de la uva deshidratada Moscatel*

Componentes	Unidades	Uva deshidratada
Energía	Kilocalorías	289
Humedad	%	25,68
Fibra	gramos	4,38
Proteínas	gramos	2,6
Grasas	gramos	1,17
Hidratos de Carbono	gramos	65,5
Calcio	miligramos	65,15
Potasio	miligramos	558
Glucosa	gramos	30,87
Fructosa	gramos	29,09

Fuente: Manrique, 2020.

1.8 Características de uva deshidratada variedad Moscatel

La uva Moscatel se caracteriza por su fuerte aroma y dulce sabor, valorada de forma positiva por los comensales conocedores de sus bondades. Los racimos tienen forma de granos ovalados y carnosos, con piel en tonos verdosos o amarillentos; su pulpa es jugosa y dulzona (Agronews, 2021). En la Figura 1–3 se puede apreciar el aspecto de la uva deshidratada variedad Moscatel de Alejandría entera secada al sol.

Figura 1 - 3*Uva deshidratada Moscatel de Alejandría*

Fuente: Burns, 2023.

1.9 Humedad

La mayoría de materiales sólidos están constituidos de materia seca y agua, la humedad es la masa de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido. Y se puede expresar según la Ecuación (1-1) (Martines & Leonel, 2010):

$$m_T = m_s + m_{H_2O} \quad \text{Ecuación (1-1)}$$

Donde:

m_T = masa total

m_s = masa seca

m_{H_2O} = masa de agua

La misma fuente indica que la humedad se puede expresar de dos formas:

➤ Base seca (X_{hs}): compara la masa de agua que contiene un material sólido con su masa seca y se representa en la Ecuación (1-2).

$$\%X_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_s} * 100 \quad \text{Ecuación (1-2)}$$

➤ Base húmeda (X_{bh}): Es el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra respecto a su masa total como vemos en la Ecuación (1-3).

$$\%X_{bh} = \frac{m_{H_2O}}{m_s + m_{H_2O}} * 100 \quad \text{Ecuación (1-3)}$$

Donde la relación entre ambas se puede observar en la Ecuación (1-4):

$$\frac{X_{bs}}{X_{bh}} = \frac{m_{H_2O} + m_s}{m_s} \quad \text{Ecuación (1-4)}$$

1.10 Comportamiento del alimento en función de su actividad de agua (a_w)

El desarrollo microbiano en las carnes, relacionado con la humedad relativa de las cámaras donde se almacenaban, establece el concepto de actividad de agua (a_w). En la práctica viene a significar una medida indirecta del agua que hay disponible en un determinado alimento para intervenir en posibles reacciones químicas, bioquímicas o microbiológicas (Bello, 2000).

La actividad de agua puede disminuir tomando las siguientes acciones:

- Aumentando la concentración de solutos mediante la eliminación de agua en los alimentos.
- Adición de nuevos solutos como sal o azúcar, que capturan o absorben el agua de los alimentos, ocasionando que el agua no esté disponible para el crecimiento de microorganismos.

Los niveles de a_w que producen la alteración del alimento varían de acuerdo con el tipo de alimento, la concentración de solutos, temperatura, pH, presencia de aditivos humectantes y otros muchos factores (Bello, 2000).

En la Tabla I – 3 se muestra la relación entre la actividad de agua en un alimento y la inhibición de microorganismos.

Tabla I - 3*Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en los alimentos*

Rango de a_w	Microorganismos generalmente inhibidos por la a_w más baja de este rango	Alimentos comprendidos dentro de este rango
0,75-0,65	Mohos xerofíticos (Aspergillus chevalieri, A. Candidus, Wallemia sebi) Saccharomyces bisporus	Productos de avena, dulce de chocolate, jaleas, azúcar de caña sin refinar, algunas frutas secas.
0,65-0,60	Levaduras osmofílicas (Saccharomyces rouxii), pocos mohos (Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus)	Frutas desecadas conteniendo 15-20 % de humedad, algunos toffes, caramelos y miel.

Fuente: Fennema, 1993.

El comportamiento de cada tipo de microorganismo frente a la actividad de agua presenta variaciones, que también dependen de las condiciones ambientales en las que se encuentre (Bello, 2000).

1.11 Fundamentos de las operaciones tecnológicas aplicadas en la elaboración de uva deshidratada Moscatel

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos de las operaciones tecnológicas involucradas en esta investigación: escaldado, deshidratación osmótica y secado.

1.11.1 Escaldado en frutas

El escaldado es un tratamiento térmico comúnmente aplicado antes de la conservación o procesamiento de frutas, cuya finalidad principal es la inactivación enzimática, especialmente de enzimas como la polifenoloxidasas (PPO) y peroxidasa (POD), responsables del pardeamiento enzimático y la pérdida de calidad sensorial y nutricional. El proceso consiste en someter la fruta a temperaturas elevadas durante un corto tiempo, generalmente entre 70 y 100 °C, seguido de un enfriamiento rápido. Esta técnica mejora la estabilidad del color, sabor y textura, facilita el pelado en algunas

frutas como el durazno o el tomate, y reduce la carga microbiana superficial (Miralbes de Polanco, 2009; Barbosa-Cánovas et al., 2005).

Además de su efecto enzimático, el escaldado puede afectar las propiedades fisicoquímicas de las frutas, como el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y firmeza. Si bien es útil para prevenir alteraciones no deseadas, el uso excesivo de temperatura o tiempo puede provocar pérdidas nutricionales significativas. Por ello, se ha investigado el uso de escaldado con vapor, microondas o agua caliente, buscando un equilibrio entre la inactivación enzimática y la preservación de compuestos bioactivos (García-Villalba et al., 2018). El escaldado también se emplea como paso previo en tecnologías como la congelación, deshidratación o impregnación a vacío, ya que mejora la eficiencia de dichos procesos (Zambrano et al., 2020).

1.11.2 Deshidratación osmótica en frutas

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de remoción de agua, el proceso consiste en la inmersión de la fruta en una solución hipertónica (presión osmótica mayor con respecto al material), provocando la transferencia de masa generada por las diferentes concentraciones. (Lenart & Flink, 1984).

1.11.2.1 Principios fisicoquímicos del proceso

El agua extraída de la fruta pasa hacia la solución hipertónica (ej.: sacarosa, salmuera), mientras que los solutos penetran parcialmente en el alimento. Este fenómeno se rige por (Rahman, 2007):

a) Difusión de agua

Ocurre debido al gradiente de presión osmótica entre la fruta (baja concentración de solutos) y la solución (alta concentración). La ley de Fick describe este transporte y se presenta en la Ecuación (1-5) (Rahman, 2007):

$$J_w = -D_{eff} * \frac{\partial c}{\partial x} \quad \text{Ecuación (1-5)}$$

Donde:

J_w = Flujo de agua

D_{eff} = Coeficiente de difusión

$\frac{\partial C}{\partial x}$ = Gradiente de concentración

b) Ganancia de sólidos

Los solutos (ej.: azúcares) ingresan a la fruta en menor proporción, modificando su composición. El equilibrio se alcanza cuando la actividad de agua (a_w) se iguala en ambos medios (Shi & Le Maguer, 2002).

1.11.2.2 Factores que afectan la deshidratación osmótica en frutas

Los principales factores son los siguientes:

a) Especie, variedad y grado de madurez de la fruta

Estos factores al tener un elevado efecto sobre la estructura natural del tejido en la composición de la pared celular afectan la entrada y salida de masa entre el alimento y la solución osmótica (Lazarides et al., 1999). Además, la compactación del tejido, el contenido inicial de material insoluble y el tamaño de los espacios intercelulares, influyen en la velocidad de deshidratación (Mata, 1992). Por ejemplo, uvas con piel delgada muestran mayor tasa de deshidratación (Mahdavi et al., 2010).

b) Superficie específica de contacto

La forma y el tamaño tienen un grado elevado de relevancia, ya que se aumenta la superficie de contacto entre la fruta y la solución osmótica, lo que promueve a su vez la ganancia de solutos (Rosell & Lluch, 1994).

c) Pretratamiento de la fruta

Al romper las barreras estructurales durante el pretratamiento, se produce un efecto severo sobre el proceso de transferencia de masa, y se puede alcanzar a mayor velocidad el equilibrio, debido al mejoramiento de la difusividad del agua y el soluto hacia el interior de la fruta (Lazarides et al., 1999).

d) Temperatura del proceso

Una mayor temperatura aumenta la velocidad de pérdida de agua y mejora la transferencia de masa en la superficie de la fruta debido a la disminución de la viscosidad de la solución osmótica (Azuara, 1999). Las temperaturas comprendidas entre los 20 y 60 grados Celsius son comúnmente usadas en el tratamiento osmótico de frutas (Mata, 1992).

e) Composición de la solución osmótica

Cuando se aumenta el tamaño molecular de los solutos se puede disminuir la transferencia de estos a la fruta y, por lo tanto, impedir una ganancia excesiva de masa (Fito et al., 1998). Los solutos usados en deshidratación deben ser; no tóxicos, de solubilidad elevada y poco viscosos (Mata, 1992).

A continuación, en la Tabla I – 4 se tienen las funciones de algunos agentes osmóticos y el principal uso para los mismos.

Tabla I - 4*Funciones del agente osmótico*

Agente osmótico	Usos	Función
Sacarosa	Principalmente en frutas	Alta capacidad de absorción de agua, reduce el oscurecimiento e incrementa la retención de volátiles
Fructosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para incrementar el dulzor.
Lactosa	Principalmente en frutas	Sustitución parcial de la sacarosa, para reducir el dulzor
Citrato de sodio	Hortalizas	Alta capacidad de reducir la Actividad acuosa
Cloruro de sodio	Principalmente en carnes, pescados y hortalizas	Alta capacidad de reducir la Actividad acuosa
Combinación de sacarosa con cloruro de sodio	Frutas, hortalizas y carnes	Combina los efectos de reducción de la a_w de la sal, con la remoción de agua del azúcar. Mejora las características sensoriales.

Fuente: Colina, 2010.

La elección de un soluto parte no solo de su capacidad para deshidratar sino también de las características que estos generan en el producto deshidratado osmóticamente. Soluciones de sacarosa (40–70% p/p) son comunes en frutas por su compatibilidad con el sabor (Dermesonlouoglou et al., 2007).

f) Concentración de la solución osmótica

Un aumento en la diferencia inicial de concentración entre la fruta y la solución tiene un efecto favorable importante en la pérdida de agua debido a la mayor diferencia de presión osmótica entre ambos, a su vez el efecto en la ganancia de solutos es más débil o casi nulo, de ahí una reducción de peso creciente con la concentración del soluto (Hawkes & Flink, 1978).

g) Fase de contacto en la deshidratación osmótica

La fase de contacto es determinada principalmente por dos factores. El primero es la tasa de producto/solución, que es la relación fruta/solución osmótica, y expresa la cantidad de solución requerida por unidad de peso de fruta a procesar. A mayor cantidad de solución, mayor será la velocidad del proceso de deshidratación osmótica (Camacho, 2002). El segundo factor es el movimiento relativo de la solución hacia la superficie del producto. Cuando el sistema es agitado, el agua que sale de la fruta es retirada debido a la agitación y reemplazada por la solución concentrada, manteniendo la diferencia de concentración (Camacho, 2002).

h) Duración del proceso de deshidratación osmótica

El tiempo de inmersión es una variable importante, para definir la cantidad de agua removida y la cantidad de sólidos ganados. Para llegar al equilibrio se requieren normalmente grandes periodos de tiempo, pero la mayor transferencia de masa se produce dentro de las primeras 4 a 5 horas, y dependiendo del tipo de cambio que se necesite en la fruta (impregnación, pretratamiento osmótico, deshidratación osmótica, producción de fruta confitada, etc.), el tiempo puede variar (Lenart & Flink, 1984).

1.11.2.3 Efectos de la deshidratación osmótica en frutas

a) Cambios en las propiedades fisicoquímicas

Se produce una reducción en la actividad de agua (a_w) en la fruta que, con valores inferiores a 0,6 inhibe el crecimiento microbiano (Rahman, 2007). También se da una pérdida de peso (30–50%) que depende de la relación agua/sólidos en la fruta (Shi & Le Maguer, 2002).

b) Modificaciones en la textura y estructura celular

La deshidratación osmótica preserva mejor la estructura celular comparada con el secado térmico, reduciendo el encogimiento (Dermesonlouoglou et al., 2007). En uvas, la penetración de sacarosa puede aumentar la firmeza al actuar como filler intercelular (Alakali et al., 2006).

c) Conservación de nutrientes y compuestos bioactivos

Los polifenoles y antioxidantes se retienen mejor que en secado convencional debido a la baja temperatura (Mahdavi et al., 2010). Las vitaminas termolábiles tienen pérdidas menores al 20% con soluciones azucaradas (Forni et al., 1997).

1.11.3 Secado de frutas

El secado es un proceso que elimina el agua (u otro líquido) de un material. Cuando la fruta húmeda es sometida al secado térmico, existe un intercambio de calor y masa. El agua migra desde las células interiores de la fruta, atravesando las membranas celulares y las paredes circundantes a las mismas, para luego fluir a través de una estructura porosa hacia el medio de secado, esto es debido a la diferencia de presión de vapor ejercida por la fruta y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que la fruta y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa. (Alvarado, 2004).

1.11.3.1 Cambio de propiedades físicas producidas por el secado

Durante el secado la forma y tamaño de la fruta cambia, los gradientes de humedad dentro de la fruta inducen tensiones micro-estructurales, llevándola a encogerse y/o a deformarse, esto influencia sus propiedades físicas como la densidad de partícula y la porosidad; en consecuencia, cambia su textura y propiedades de transporte de nutrientes (Mujumdar, 2000; Márquez & Michelis, 2008).

1.11.3.2 Técnicas de eliminación de agua en la industria alimentaria

Los diversos métodos aplicados por la industria alimentaria actual para eliminación de agua pueden ser agrupados en dos categorías (Bello, 2000):

a) Concentración

Caracterizada por una eliminación parcial del contenido acuoso de la fruta, que en el punto final conserva todavía un porcentaje de agua importante desde el punto de vista del riesgo de inestabilidad. Puede ser llevada a cabo bajo diversas tecnologías (Bello, 2000):

- Evaporación
- Congelación
- Ultrafiltración
- Deshidratación azeotrópica

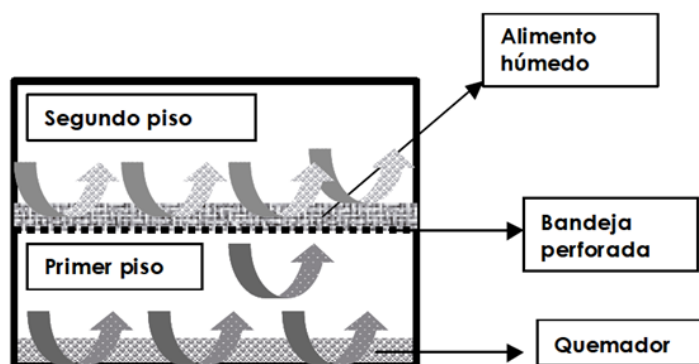
b) Deshidratación

En la práctica se puede realizar bajo tres modos tecnológicos diferentes (Bello, 2000):

- El secado por aire o por contacto, que se lleva a cabo a la presión atmosférica normal y el calor se transfiere por convección cuando se usa aire y por conducción si se emplea una superficie de contacto caliente. Dentro de este grupo cabe mencionar al secador de estufa, un equipo sencillo y de fácil manejo que consta de un pequeño recinto en forma paralelepípedica de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa, por convección natural o forzada, el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho del producto a secar. A continuación, en la Figura 1-4 se puede observar el esquema de un secador de estufa.

Figura 1 - 4

Esquema de un secador de horno o estufa



Fuente: Fito-Maupoe et al., 2001.

- El secado bajo vacío, este ocurre a presiones reducidas para aprovechar la ventaja de la disminución que experimenta el punto de ebullición del agua bajo esas condiciones, por lo que se facilita el fenómeno de la evaporación.
- La liofilización o crio-deshidratación, una de las metodologías más modernas basada en dos procesos sucesivos: una primera congelación de las moléculas de agua contenidas en la fruta y una segunda sublimación de los cristales de hielo cuando la fruta se sitúa bajo un gran vacío para aprovechar las propiedades del denominado punto triple del agua.

CAPÍTULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Lugar de ejecución de la parte experimental

La parte experimental de la presente investigación “Obtención de uva deshidratada variedad Moscatel de Tarija mediante deshidratación osmótica” se desarrolla en el Centro de Investigación Análisis y Desarrollo (CEANID) ubicado en el campus universitario de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.2 Enfoque de la investigación

El presente trabajo fue elaborado bajo el planteamiento del enfoque cuantitativo de tipo experimental, partiendo de fuentes de información primaria, secundaria y terciaria. Este tipo de enfoque utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar una hipótesis establecida previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (Hernández et al., 2003).

2.3 Diseño factorial

Los diseños factoriales se usan ampliamente en experimentos que incluyen varios factores (variables de interés) cuando es necesario estudiar el efecto conjunto que tienen estos factores sobre una respuesta (característica estudiada) (Montgomery, 2004).

2.3.1 Diseño factorial 2^3

Según Montgomery (2004), en el diseño 2^3 , el exponente representa 3 factores A, B, C, cada uno con dos niveles, donde el valor del nivel inferior se puede expresar con (-1) y del nivel superior con un (+1) como se muestra en la Tabla II-1.

Tabla II-1*Factores y niveles del diseño experimental 2^3*

Factores	Nivel Inferior	Nivel Superior
A	-1	+1
B	-1	+1
C	-1	+1

Fuente: Montgomery, 2004.

En este modelo 2^3 la cantidad de combinaciones puede ser calculada con la Ecuación (2-1):

$$\text{Número de combinaciones} = 2^3 \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

Donde:

2 = Número de Niveles

3 = Número de Factores

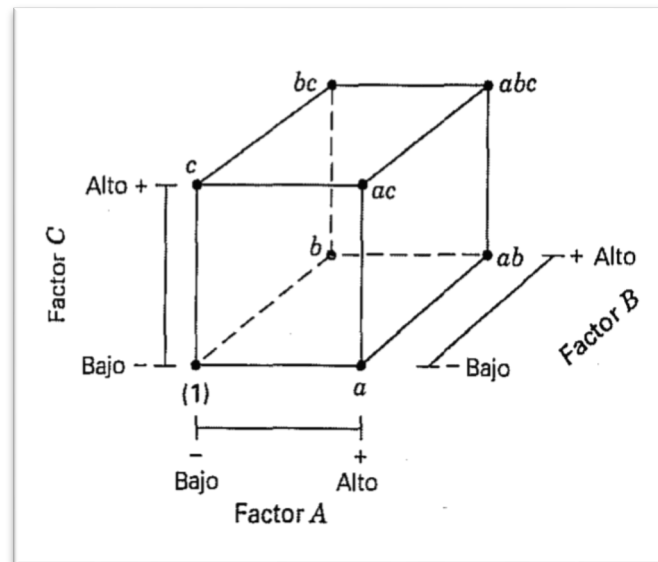
$$\text{Número de combinaciones} = 2 \times 2 \times 2$$

$$\text{Número de combinaciones} = 8$$

Las ocho combinaciones en este diseño se ubican geoméricamente como los vértices de un cubo que podemos observar en la Figura 2-1.

Figura 2-1

Vista geométrica de las ocho combinaciones



Fuente: Montgomery, 2004.

En la Figura 2-1 las letras minúsculas (abc) representan el nivel superior de sus respectivos factores A, B, y C. De esta manera, cada letra en el vértice del cubo indica que factor o factores están operando con el nivel superior en esa combinación.

2.3.1.1 Análisis de los efectos

Para cuantificar la influencia de los factores sobre la respuesta (característica estudiada) y determinar las variables significativas, se realiza el cálculo de los efectos, que pueden ser efectos principales A, B, C; o interacciones AB, AC, BC y ABC. Siendo de especial interés el valor de las interacciones de 2 factores. Para representar este diseño puede construirse la llamada “matriz de diseño ampliada”, detallada en la Tabla II – 2 (Montgomery, 2004).

Tabla II- 2

Matriz ampliada de un diseño 2^3 junto con la columna de repuestas

Corridas	Combinaciones	Factores			Interacciones				Variable Respuesta
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y
1	(1)	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	y ₁
2	a	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	y ₂
3	b	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	y ₃
4	ab	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	y ₄
5	c	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	y ₅
6	ac	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	y ₆
7	bc	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	y ₇
8	abc	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	y ₈

Fuente: Montgomery, 2004.

La matriz ampliada incluye las columnas con las interacciones, que se construyen multiplicando signo a signo (por filas) los signos de los factores.

2.4 Diseño factorial en la etapa de deshidratación osmótica de la uva Moscatel de Tarija

En el presente trabajo de investigación se plantea un diseño factorial completo de 2^3 para la etapa de deshidratación osmótica.

2.4.1 Cálculo del número de experimentos para la deshidratación osmótica de la uva Moscatel

Este modelo experimental 2^3 , de 2 niveles y 3 factores, cuenta con ocho combinaciones. Es conveniente realizar una réplica de estas 8 combinaciones por lo que el número de experimentos que se realizaron en la deshidratación osmótica son las ocho combinaciones más las 8 réplicas.

$$\text{Número de Experimentos} = 8 + 8$$

$$\text{Número de Experimentos} = 16$$

2.4.2 Variables y niveles establecidos en la etapa de deshidratación osmótica de la uva Moscatel

En este diseño manejamos dos tipos de variables:

2.4.2.1 Variables independientes

Son las variables o factores manipulados en el experimento, los tratamientos realizados a partir de sus diferentes combinaciones, pueden producir o no efectos significativos en la variable dependiente o variable respuesta. En la Tabla II-3 se describen los valores de las variables independientes seleccionados.

Tabla II- 3

Valores numéricos de los factores para el nivel superior e inferior

Factores	Unidad	Niveles	
		Inferior	Superior
A Proporción Fruta/Jarabe	Relación	1/2	1/3
B Grados Brix del jarabe	Grados Brix	40	50
C Tiempo de inmersión	Horas	4	6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La Tabla II-4 a continuación, se construye a partir de la Tabla II-2 y la Tabla II-3. De la Tabla II-2 se toma la secuencia que indica que factor (A, B o C) adopta el nivel superior o inferior en cada corrida del diseño 2^3 , por su parte de la Tabla II-3 se extraen los valores numéricos correspondientes a cada nivel de los factores A, B y C.

Tabla II-4

Valor de los factores utilizados en cada experimento para la deshidratación osmótica siguiendo un diseño factorial 2³

Número de Experimentos	Factores		
	A= Fruta/Jarabe	B= Grados Brix	C= Tiempo
1	1/2	40	4
2	1/3	40	4
3	1/2	50	4
4	1/3	50	4
5	1/2	40	6
6	1/3	40	6
7	1/2	50	6
8	1/3	50	6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4.2.2 Variables dependientes

Se escogen dos variables dependientes o variables respuesta, cuyos valores finales son el resultado de los 16 experimentos o tratamientos realizados y son analizados a profundidad en el Capítulo III:

- Porcentaje de ganancia de sólidos
- Porcentaje de pérdida de agua

2.5 Materia prima e insumos utilizados para la obtención de uva deshidratada Moscatel

Para el proceso de obtención de uva deshidratada se utilizó la siguiente materia prima e insumos.

2.5.1 Materia prima

La fruta debe poseer estructura rígida o semirrígida para la osmodeshidratación. Se elige uva Moscatel de Alejandría de la ciudad de Tarija, proveniente de viñedos ubicados en la provincia Uriondo y adquirida en el mercado campesino.

2.5.2 Reactivos

Se usa hidróxido de sodio y ácido cítrico durante la etapa del pretratamiento, ambos son sólidos blanquecinos que en disolución con agua tienen comportamiento básico y ácido respectivamente y que se detallan a continuación en la Tabla II-5.

Tabla II-5

Reactivos utilizados en la obtención de uva deshidratada Moscatel

Reactivo	Concentración	Origen
Hidróxido de sodio	95%	Distribuidora Montellanos - Tarija
Ácido cítrico	99.9%	Distribuidora Montellanos - Tarija

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.5.3 Agua destilada

El agua destilada es un tipo de agua obtenida mediante la destilación para separar las impurezas y contaminantes. Para la preparación de todas las disoluciones durante el pretratamiento, y el jarabe para la osmodeshidratación, se utiliza agua destilada del laboratorio CEANID.

2.5.4 Sacarosa y glucosa

El agente osmótico debe ser compatible con la fruta, por lo que se usa sacarosa para la preparación del jarabe en la etapa de deshidratación osmótica, en conjunto con glucosa para mejorar la apariencia del producto final. Ambos solutos son azúcares de alta capacidad de absorción de agua y se describen a continuación en la Tabla II-6.

Tabla II-6

Solutos de la solución osmótica para la obtención de uva deshidratada Moscatel

Reactivo	Marca	Concentración	Origen
Azúcar de mesa	Bermejo	99.5%	Mercado Campesino - Tarija
Glucosa	SOLQUIFAR	80%	Distribuidora Montellanos -Tarija

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.6 Equipos, materiales de laboratorio y utensilios utilizados para la obtención de uva deshidratada Moscatel

Se trabaja con los siguientes equipos, materiales y utensilios durante la investigación:

2.6.1 Equipos

Los equipos utilizados durante la deshidratación osmótica de la uva Moscatel fueron: refractómetro, balanza digital, agitador magnético, secador infrarrojo, estufa y sellador.

a) Refractómetro

Se mide la concentración de solutos en la uva fresca, uva deshidratada y solución osmótica con un refractómetro digital, cuyas características podemos observar a continuación, en la Figura 2-2.

Figura 2-2*Características refractómetro digital*

Fuente: Elaboración propia, 2024

b) Balanza digital

Para realizar todos los pesajes involucrados en el proceso de obtención de uva deshidratada, se utiliza una balanza digital cuyas características se detallan en la Figura 2-3.

Figura 2-3*Características balanza digital*

Fuente: Elaboración propia, 2024

c) Agitador magnético

Se emplea un agitador magnético para realizar la etapa de deshidratación osmótica de la uva Moscatel, sus características se muestran en la Figura 2-4.

Figura 2-4*Características del agitador magnético*

Fuente: Elaboración propia, 2024

d) Secador infrarrojo

Las mediciones de humedad en la uva fresca y deshidratada, se realizan con un secador infrarrojo, el cual se describe en la Figura 2-5.

Figura 2-5*Características del secador infrarrojo*

Fuente: Elaboración propia, 2024

e) Estufa

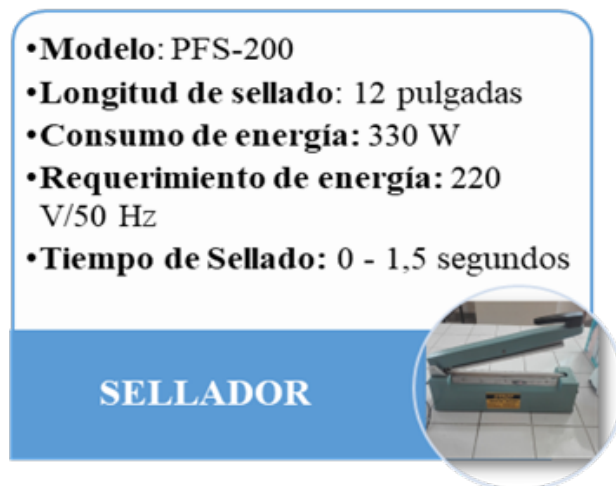
Para el secado de la uva deshidratada osmóticamente, se utiliza una estufa modelo Digiheat, cuyas características técnicas están representadas en la Figura 2-6.

Figura 2-6*Características de la estufa Digiheat*

Fuente: Elaboración propia, 2024

f) Sellador

La uva deshidratada obtenida al final del proceso de secado en estufa, se ingresa en una bolsa de polipropileno. Para su sellado se utiliza un sellador modelo PFS-200 y sus especificaciones se observan en la Figura 2-7.

Figura 2-7*Características del sellador PFS-200*

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.6.2 Materiales de laboratorio

Para la obtención de uva deshidratada Moscatel se utiliza el material de laboratorio detallado en la Tabla II-7.

Tabla II-7

Material de laboratorio utilizado para la obtención de uva deshidratada Moscatel

Materiales de laboratorio	Capacidad	Tipo de material	Cantidad
Termómetro	0-200 °C	Bulbo de alcohol	1
Varilla	Mediana	Vidrio	1
Vaso de precipitación	1 litro	Vidrio	1
Malla	250 gramos	Aluminio	2
Barras de agitación magnética	-	Imán-plástico	2
Barbijos	Mediano	Algodón	40
Guante	Mediano	Plástico	40
Papel filtro	Pliegue	Fibras de celulosa	96
Vaso precipitado	2 litros	Vidrio	1

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.6.3 Utensilios

Se utilizan los utensilios detallados en la Tabla II-8 durante la investigación.

Tabla II-8*Utensilios utilizados en la obtención de uva deshidratada Moscatel*

Utensilios	Capacidad	Tipo de material	Cantidad
Cuchillo	Mediano	Acero inoxidable	2
Fuentes	1,5 litros	Acero inoxidable	1
Fuentes	2,5 litros	Plástico	2
Cuchara	Mediano	Acero inoxidable	2
Colador	Mediano	Aluminio	1
Jarra	1,5 litros	Plástico	2
Servilletas	400cm ²	Algodón	2
Producto de limpieza	500ml	-	1
Envase	Pequeño	Polipropileno	42

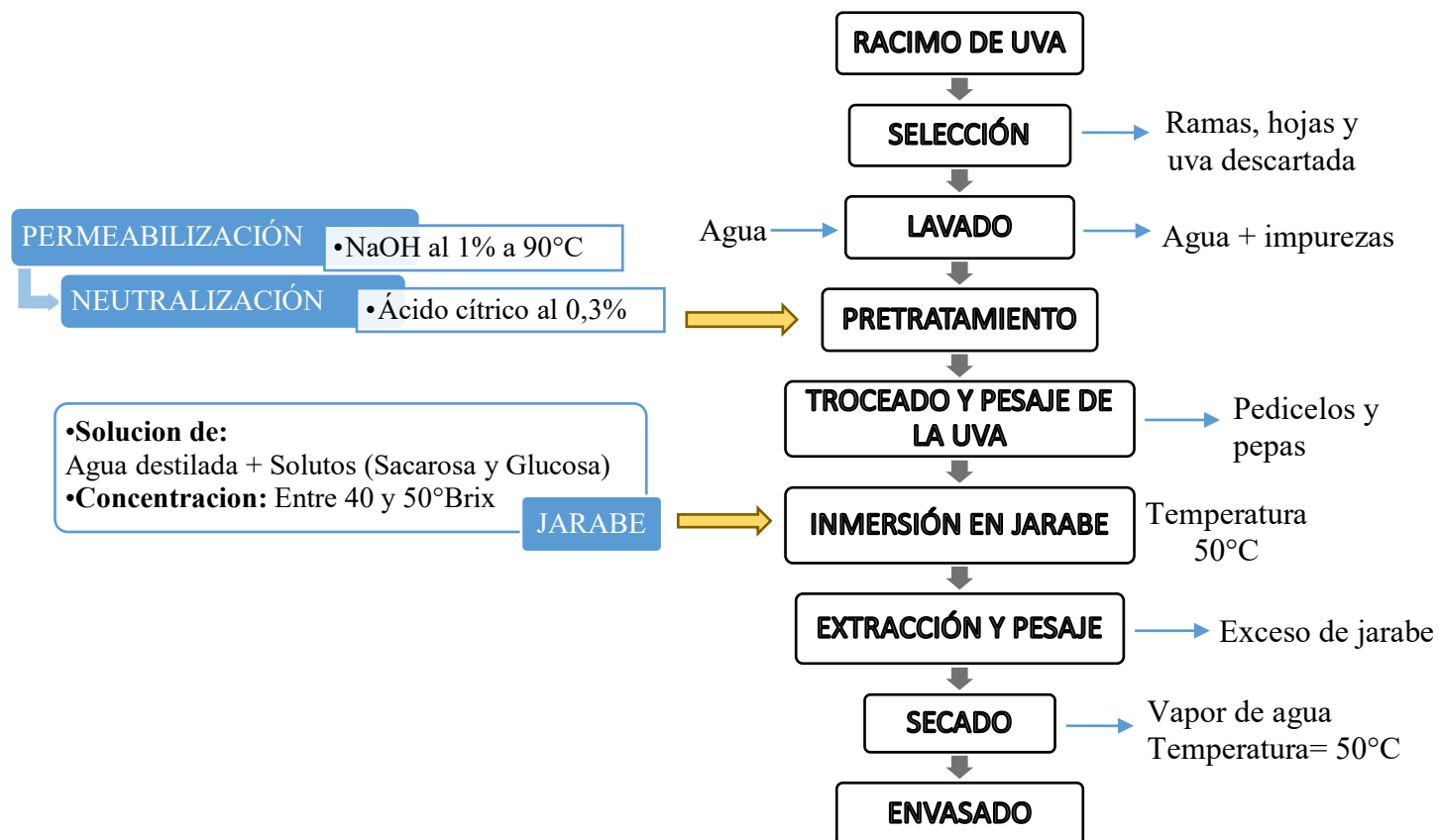
Fuente: Elaboración propia, 2024

2.7 Diagrama de bloques del proceso de elaboración de uva deshidratada Moscatel

En la Figura 2-8 se muestra un diagrama de bloques que describe el procedimiento llevado a cabo para la elaboración de uva deshidratada variedad Moscatel de la ciudad de Tarija.

Figura 2-8

Diagrama de bloques del proceso de elaboración de uva deshidratada Moscatel



Fuente: Elaboración propia, 2024

2.8 Descripción del proceso de elaboración de uva deshidratada Moscatel

Se utiliza uva Moscatel de Alejandría adquirida en el Mercado Campesino de Cercado-Tarija, se toma en cuenta que las bayas sean de tamaño mediano, y de madurez media al momento de adquirirlas, y se almacena a 4 grados Celsius aproximadamente por 24 horas hasta su procesamiento.

2.8.1 Selección de la uva

La selección de las uvas se realiza considerando tres parámetros principales: estado, madurez y tamaño de la uva.

a) Estado

Se desechan los granos con daño físico, tratando de conseguir un conjunto uniforme y en buen estado.

b) Madurez

En cuanto al estado de madurez, se aplica una evaluación visual basada en el color y en la firmeza al tacto, eligiendo únicamente uvas con una madurez intermedia (ni demasiado blandas ni excesivamente firmes).

c) Tamaño

Para que las uvas tuvieran un diámetro longitudinal aproximado de dos centímetros, se toma una uva representativa que mida 2 centímetros de largo. Esta uva sirve como referencia visual para seleccionar, por comparación directa, las demás uvas del racimo.

La separación de cada uva del racimo se efectúa cuidadosamente utilizando una tijera delgada, cortando el pedicelo cerca de la uva, con el fin de no dañarla y conservarla cerrada tal como se muestra en la Figura 2-9 a continuación.

Figura 2-9

Separación de los granos de uva para la obtención de uva deshidratada



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.8.2 Lavado de la uva

Los granos de uva previamente seleccionados se lavan con dos litros y medio de agua potable, medidos con jarra medidora a temperatura ambiente, para retirar tierra, insectos y demás impurezas cuidando de no dañar la superficie de la uva. En la Figura 2-10 se muestra el lavado de la uva.

Figura 2-10

Lavado de los granos de uva seleccionada para la obtención de uva deshidratada



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.8.3 Pretratamiento de la uva

Esta fase fue esencial para facilitar la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica posterior, sin comprometer la integridad del fruto. El pretratamiento se divide en dos etapas: permeabilización y neutralización.

2.8.3.1 Permeabilización de la uva

Para la permeabilización se prepara una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1%, la cual se calienta hasta alcanzar los 90 °C. Las uvas se sumergen en esta solución durante 15 segundos, con agitación suave con varilla de vidrio, tras lo cual se retiran e inmediatamente enjuagan con abundante agua.

El uso generoso e inmediato de agua evita que se prolongue la acción cáustica de la solución alcalina, previniendo así la degradación no deseada de la superficie de la uva (Fennema, 1993).

Las condiciones de temperatura de 90°C, concentración de 1% de NaOH y tiempo de 15 segundos, fueron elegidas bajo los siguientes criterios:

a) Temperatura de 90 grados Celsius

Los rangos térmicos recomendados para escaldado suave son de 70 °C a 100 °C, estos permiten una modificación parcial del tejido vegetal sin generar daño (Gutiérrez, 2000). Se elige la temperatura de 90 °C tomando en cuenta que la uva tiene una capa cerosa y piel gruesa, que necesita mayores temperaturas, pero evitando la ebullición, ya que el uso excesivo de temperatura o tiempo puede provocar pérdidas nutricionales significativas (García-Villalba et al., 2018).

b) Solución de NaOH al 1%

La concentración es seleccionada tanto por criterios bibliográficos como pruebas experimentales:

- Soluciones alcalinas en concentraciones entre 0,5 % y 2 % son las más empleadas en tratamientos de frutas con piel cerosa para facilitar la permeabilidad. Este rango permite romper parcialmente las paredes celulares o la cutícula cerosa, adelgazar el hollejo sin desintegrarlo, neutralizar con facilidad y es seguro para consumo posterior (Colina, 2010).
- Se realizan pruebas previas para conocer el comportamiento de la uva Moscatel de Tarija, (variedad de piel gruesa) en este rango de concentraciones de NaOH (0,5% - 2%). La concentración intermedia de 1% es elegida debido a que logra

un adelgazamiento perceptible del hollejo, sin producir daños visibles y permitiendo tiempo suficiente de manipulación frente al 2% que genera resultados heterogéneos, mostrando en algunas uvas signos de daños como rupturas, en muy poco tiempo, mientras que otras conservaron su integridad.

c) Tiempo de inmersión de la uva de 15 segundos

En tratamientos similares para elaboración de uvas pasas, duraznos, ciruelas y tomates, se reporta el uso de NaOH al 0,5% a 2%, durante 15 segundos a 5 minutos, según variedad, madurez y tipo de fruta (Trujillo-Navarro et al., 2008).

El tiempo de 15 segundos fue determinado experimentalmente para la uva Moscatel, como el límite seguro antes de que aparezcan daños visibles a la temperatura de 90°C y concentración de 1% de NaOH seleccionados previamente.

2.8.3.2 Neutralización de la uva

Tras el enjuague, las uvas fueron sumergidas durante 15 segundos en una solución de ácido cítrico al 0,3 %, preparada con agua destilada. Esta etapa permitió neutralizar completamente cualquier residuo alcalino, estabilizando el pH del fruto.

La elección de esta concentración se basa en la reacción de neutralización entre el ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) y el hidróxido de sodio (NaOH), la cual tiene una relación molar 1:3. Es decir, un mol de ácido cítrico neutraliza tres moles de NaOH, lo cual es suficiente para neutralizar completamente los residuos alcalinos sin alterar las propiedades organolépticas de la uva. Además, esta concentración permite la formación de citrato de sodio, un subproducto no contaminante, seguro para el consumo, y con potencial para conservar propiedades sensoriales como el color (Domínguez, 2021).

2.8.4 Troceado y pesaje de la uva

Se quita el pedicelo y corta cada uva por la mitad de manera longitudinal para aumentar la superficie de contacto con la solución y se pesan 250 gramos de uva como masa de entrada para inmersión en el jarabe. En la Figura 2-11 se muestra el proceso de troceado y pesaje de la uva.

Figura 2-11

Troceado y pesaje de la uva para la deshidratación osmótica



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.8.5 Inmersión de la uva en jarabe (solución osmótica) de sacarosa-glucosa

La inmersión en el jarabe (solución osmótica) tiene como objetivo la deshidratación osmótica de la uva. Para esta etapa de la investigación se siguen los siguientes pasos:

2.8.5.1 Preparación de la solución osmótica

El jarabe (solución osmótica) tiene dos diferentes masas en la investigación que dependen del factor de proporción fruta/jarabe previamente escogido y presentado en la Tabla II-3. Los valores de masa de fruta y jarabe durante la deshidratación osmótica se seleccionan tomando en cuenta el tamaño del agitador magnético donde se realiza, mediante pruebas previas se determina que un vaso precipitado de 1 litro es apropiado para calentar y agitar de manera correcta la solución, un volumen mayor produce demoras al calentar y un volumen menor es menos representativo. De acuerdo a esto se pone un límite de 1000 gramos de masa total durante la deshidratación osmótica de la uva. Las masas elegidas de cada componente se pueden observar a continuación en la Tabla II-9.

Tabla II-9

Valor de masas de acuerdo a la proporción fruta/jarabe en la deshidratación osmótica

Componente	Nivel inferior fruta/jarabe =1/2	Nivel superior fruta/jarabe =1/3
Fruta	250 gramos	250 gramos
Solución Osmótica	500 gramos	750 gramos
Masa total	750 gramos	1000 gramos

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de estos datos se tiene como masa del jarabe a 500 gramos y 750 gramos.

Masa de los componentes del jarabe

El jarabe está compuesto por una mezcla de agua destilada y soluto (sacarosa y glucosa). La concentración del soluto en el jarabe, en grados Brix, es uno de los factores que se manipulan dentro del diseño factorial y se trabaja con dos niveles que se observan en la Tabla II-10.

Tabla II - 10

Concentraciones del jarabe en la deshidratación osmótica

Factor	Nivel inferior	Nivel superior
Grados Brix del Jarabe	40	50

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de la interpretación de los grados Brix se puede calcular la masa de soluto presente en el jarabe, utilizando la Ecuación (2-2) (BOE, 2007):

$$\text{Grado Brix} = \frac{m_{\text{sacarosa equivalente}}}{m_{\text{solución}}} * 100 \quad \text{Ecuación (2-2)}$$

Donde:

Debido a que los azúcares poseen poderes refractivos similares y su efecto óptico es equivalente a la sacarosa pura, puede considerarse lo siguiente (BOE, 2007):

$m_{sacarosa\ equivalente}$ = masa de soluto (glucosa + sacarosa)

$m_{solución}$ = masa total de la solución (jarabe)

$$Grado\ Brix = \frac{m_{solute}}{m_{jarabe}} * 100 \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

Despejando la Ecuación (2-3):

$$masa_{solute} = \frac{m_{jarabe} * grados\ Brix}{100}$$

De esta manera se realiza el cálculo de las masas de soluto utilizadas durante la investigación, y se detallan en el Anexo B y del cual se extraen los datos para crear la Tabla II-11 a continuación, donde se observa la combinación de los factores proporción fruta/jarabe en función de los grados Brix del jarabe (esta combinación fue definida previamente y presentada en la Tabla II-4 de este capítulo) y nos da como resultado 4 diferentes valores de masa de soluto dentro del jarabe.

Tabla II-11

Masa en gramos de soluto para las 4 combinaciones utilizadas en los experimentos

Componente	Proporción Fruta/Jarabe=1/2		Proporción Fruta/Jarabe=1/3	
	40° Brix	50° Brix	40° Brix	50° Brix
Jarabe	500	500	750	750
Soluto (glucosa+sacarosa) _{puros}	200	250	300	375

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Cálculo de los componentes del soluto

Una vez conocida la masa de soluto se puede calcular la composición del mismo, siendo la sacarosa y glucosa productos accesibles en la ciudad de Tarija y con buenas

características para deshidratar frutas, se eligen como solutos del jarabe, entre estos dos la sacarosa tiene mayor poder deshidratante pero la glucosa al ser de bajo peso molecular puede penetrar mejor en el tejido vegetal y modificar más intensamente la textura y otras propiedades del producto deshidratado (Quispe Ccahuin, 2012), por lo que se realizan pruebas con cantidades a partes iguales de sacarosa y glucosa y debido a la textura de la cáscara de uva se aumenta la proporción de glucosa notando una leve mejora y mayor brillo en el resultado final, de igual forma se selecciona experimentalmente el tipo de glucosa a utilizar, escogiendo la glucosa líquida frente a la en polvo, debido a la cristalización que presenta en polvo. Las proporciones finales elegidas en el soluto son:

- 40 % Sacarosa
- 60 % Glucosa

La fracción de un componente en una mezcla se obtiene dividiendo la cantidad del componente entre la suma total de cantidades en la mezcla (Smith et al., 2005):

$$x_i = \frac{m_i}{\sum m_i} \quad \text{Ecuación (2-4)}$$

Donde:

x_i = Fracción del componente

m_i = Cantidad del componente

$\sum m_i$ = Suma total de las cantidades de todos los componentes

A partir de la Ecuación (2-4) se obtiene:

$$m_{sacarosa} = m_{soluta} * X_{sacarosa}$$

$$m_{glucosa} = m_{glucosa} * X_{glucosa}$$

La masa de sacarosa y glucosa obtenidas son la sacarosa y glucosa puras, conociendo que la glucosa líquida utilizada tiene un 80% de glucosa pura, se realiza la determinación de glucosa líquida que debe agregarse con la Ecuación (2-4):

$$masa_{glucosa\ líquida} = \frac{masa_{glucosa\ pura}}{X_{glucosa\ pura}}$$

Los cálculos de la masa de glucosa pura, sacarosa pura y glucosa líquida para las 4 combinaciones se realizan dentro del Anexo B y por diferencia se calcula el agua destilada que se debe agregar para obtener las 2 masas de jarabe (solución osmótica) usadas en la deshidratación osmótica. Los resultados extraídos del Anexo B, Tabla B-7, se presentan a continuación en la Tabla II-12.

Tabla II-12

Masa en gramos de cada componente presente en el jarabe

Componentes	Proporción Fruta/Jarabe=1/2		Proporción Fruta/Jarabe=1/3	
	40° Brix	50° Brix	40° Brix	50° Brix
Agua destilada	270	212,50	405	318,75
Sacarosa pura	80	100	120	150
Glucosa líquida (80%)	150	187,50	225	281,25
Jarabe	500	500	750	750

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 2-12 se muestra la glucosa líquida, sacarosa (azúcar de mesa blanca) y el pesaje para la preparación del jarabe.

Figura 2-12

Preparación de la solución osmótica



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Una vez calculadas las masas teóricas para alcanzar las condiciones requeridas en los experimentos, se lleva a cabo la preparación del jarabe, sin embargo, al verificar experimentalmente el Brix obtenido, en algunos casos se observaron ligeras desviaciones por debajo del valor objetivo (por ejemplo 48°Brix en lugar de 50°Brix) para los cuales se efectúan ajustes únicamente en la masa de sacarosa, la cual actúa como soluto de corrección. Por lo que la proporción final de solutos puede diferir ligeramente de la relación teórica en un margen de desviación del 2% aproximado, atribuible al ajuste práctico.

Una vez preparado el jarabe, se sumergen los 250 gramos de uva troceada en este, como se aprecia en la Figura 2-13.

Figura 2-13

Inmersión de la uva en el jarabe.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.8.5.2 Tiempo de inmersión de la uva en la solución osmótica

La uva y el jarabe se introducen en un vaso precipitado de 1 litro cubierto con papel aluminio. La deshidratación osmótica se realiza en un agitador magnético manteniendo las siguientes condiciones constantes:

- Temperatura de 50 grados centígrados
- Agitación de 350 revoluciones por minuto

El tiempo de inmersión, es uno de los factores que se manipulan dentro del diseño factorial, por lo que se trabaja con dos niveles que se muestran en la Tabla II-13.

Tabla II-13

Tiempo de inmersión de la uva para la deshidratación osmótica

Factor	Nivel inferior	Nivel superior
Tiempo de inmersión	4 horas	6 horas

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Durante el tiempo de inmersión se realizan las siguientes mediciones:

a) Pérdida de peso de la uva en intervalos de 1 hora

Para medir la pérdida de peso se extrae la uva con colador, dejando aproximadamente 1 minuto que el jarabe termine de caer al vaso precipitado antes de llevarlo al pesaje, se pesa en una bandeja con peso conocido previamente y se introduce nuevamente la uva al vaso precipitado para seguir con el proceso de deshidratación osmótica.

b) Variación de los grados Brix en el jarabe en intervalos de 1 hora

La variación de los grados Brix se realiza junto con el pesado de la uva, tomando con varilla de vidrio una muestra de jarabe y utilizando el refractómetro para medir su grado Brix.

Los resultados de la pérdida de peso de la uva y la variación de los grados Brix en el jarabe en intervalos de 1 hora, se observan en las Tablas III-8, III-9, III-10, III-11, del Capítulo III de resultados y discusiones, donde se analiza su comportamiento.

2.8.6 Extracción y pesaje de la uva

Como se puede observar en la Figura 2-14, una vez finalizada la inmersión, se extrae la uva y se elimina el exceso de jarabe con un papel filtro de peso conocido, para luego pesar las uvas y medir los grados Brix del jarabe.

Figura 2-14

Extracción y pesaje después de la deshidratación osmótica



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los resultados de los pesajes y grados Brix que se obtienen a la entrada y salida de la deshidratación osmótica se muestran en la Tabla II-14.

Tabla II-14

Mediciones realizadas a las 8 combinaciones y sus réplicas durante la deshidratación osmótica de la uva Moscatel

Número de Experimento	Peso uva (g)		Peso jarabe (g)		Brix uva Entrada	Brix jarabe Entrada	Brix jarabe Salida
	Entrada	Salida	Entrada	Salida			
M1	250	169	500	542	17,10	39,90	36,300
M2	250	172	750	788	20,20	40,60	38,300
M3	250	160	500	550	17,00	49,20	44,000
M4	250	152	750	821	18,40	50,00	44,900
M5	250	160	500	552	17,40	40,10	35,800
M6	250	157	750	795	19,90	39,80	37,200
M7	250	156	500	554	20,20	49,40	43,800
M8	250	139	750	825	20,10	49,90	44,500
R1	250	166	500	545	15,40	40,10	36,000
R2	250	166	750	790	18,30	40,20	37,600
R3	250	160	500	549	16,10	49,80	44,200
R4	250	154	750	816	15,90	50,10	44,800
R5	250	156	500	550	16,60	40,00	35,400
R6	250	154	750	791	18,70	39,90	37,100
R7	250	150	500	550	19,20	49,60	43,800
R8	250	146	750	819	19,10	50,30	44,800

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo a los datos de la Tabla II-14 se realiza el balance de materia y el análisis estadístico de las variables respuesta de porcentaje de pérdida de agua en la uva y porcentaje de ganancia de sólidos en la uva.

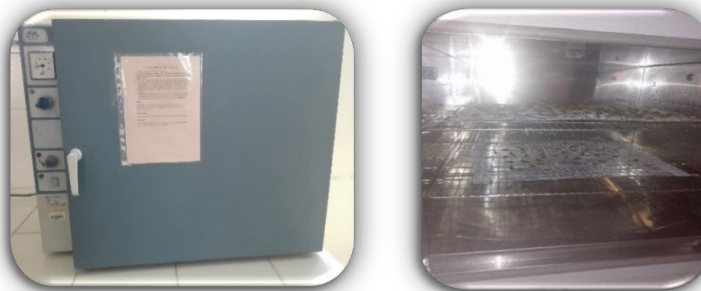
2.8.7 Secado de la uva

Debido a que la deshidratación osmótica es un proceso que permite eliminar parcialmente el agua dentro de la uva es necesario aplicar posteriormente un secado complementario para obtener una mayor estabilidad del producto y que esté dentro de la normativa para uva pasa.

Se fija la temperatura de secado a 50 grados Celsius constantes, temperatura que permite deshidratar la uva sin mayor daño a sus propiedades, se colocan las uvas salidas de la ósmosis y pesadas en una malla con una distancia de 2 centímetros aproximados entre ellas, el tiempo es elegido mediante pruebas previas con ayuda del secador infrarrojo, con el cual se determina la humedad de la uva a la salida del secado a diferentes tiempos de secado, y encontrando así, una uva seca que cumpla con la normativa de humedad inferior a 31 % para uva pasa Moscatel (CODEX, 1981), y a su vez tenga una textura y aspecto agradable, estos objetivos se cumplen dentro de un rango de humedad de 10 % a 16 %. Para obtener humedades cercanas a este rango en la uva salida del secado, fueron necesarias 4 horas dentro de la estufa a 50 grados Celsius. En la Figura 2-15 se puede observar la etapa de secado en estufa de la uva Moscatel después de la ósmosis.

Figura 2-15

Secado en estufa de la uva Moscatel deshidratada osmóticamente



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Una vez terminado el tiempo de secado se realiza el pesaje final de la uva deshidratada Moscatel.

2.8.8 Envasado de la uva

La uva salida del secado se envasa con bolsas de polipropileno selladas tal como se puede ver en la Figura 2-16.

Figura 2-16

Envasado del producto final uva deshidratada Moscatel



Fuente: Elaboración propia, 2024.

De esta manera se reduce el deterioro, debido a que la uva pasa tiende a absorber la humedad del aire, lo que puede: cambiar su textura volviéndola pegajosa, hacerle perder compuestos volátiles y disminuir su aroma característico, además de favorecer reacciones de oxidación y el desarrollo de microorganismos entre otros.

La uva deshidratada Moscatel obtenida de la investigación presenta humedades aproximadas entre 8 % a 19 %, valores que se encuentran dentro del margen permitido para uva pasa Moscatel, de acuerdo con el CODEX (1981), cuyo contenido se detalla en el Anexo D.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Caracterización de la uva Moscatel

Para la caracterización de la uva Moscatel, se realizan los siguientes análisis descritos a continuación.

3.1.1 Análisis físico de la uva Moscatel

Para establecer las propiedades físicas de la uva Moscatel se toma un racimo con peso inicial de 1000 gramos a partir del cual se separa la uva útil del material descartable y se le aplica un análisis físico siguiendo los métodos detallados en la Tabla III-1.

Tabla III-1

Métodos y técnicas del análisis físico de la uva Moscatel

Característica	Método	Técnica	Unidad
Peso de la uva	Gravimetría	Pesado	Gramos
Grados Brix de la uva	Instrumental	Refractometría	Grados Brix
Humedad de la uva	Termogravimétrico	Secado con radiación infrarroja	(%)

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Siguiendo los métodos señalados en la Tabla III-1 la uva seleccionada del racimo pasa por un proceso de pesaje, medición de grados Brix y determinación de humedad para el cual se toma una pequeña muestra representativa de aproximadamente 5 gramos y se introduce al secador infrarrojo, que nos entrega el valor de humedad en porcentaje. Este procedimiento es realizado para un total de ocho muestras cuyos resultados se ven a continuación en la Tabla III-2.

Tabla III - 2*Análisis físico de la uva Moscatel*

Muestra	Peso racimo (g)	Peso material descartado (g)	Peso de uva seleccionada (g)	Grados Brix uva seleccionada	% Humedad uva seleccionada
1	1000	375	625	17,10	78,70
2	1000	400	600	20,20	79,30
3	1000	418	582	17,00	78,96
4	1000	367	633	18,40	79,12
5	1000	300	700	17,40	78,42
6	1000	384	616	19,90	79,14
7	1000	403	597	20,15	77,95
8	1000	335	665	20,10	78,88
Promedio	1000	372,75	627,25	18,27	78,81

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Tabla III-2 se pueden observar los resultados del análisis físico de la uva Moscatel cuyos promedios son: humedad 78,81 %; grados Brix 18,27; peso de uva seleccionada 627,25 gramos y material descartado 372,75 gramos.

3.1.2 Análisis fisicoquímico de la uva Moscatel

Los parámetros fisicoquímicos de la uva Moscatel son analizados en el laboratorio CEANID en base a los métodos y técnicas expuestos en la Tabla III-3.

Tabla III-3*Métodos y técnicas del análisis fisicoquímico de la uva Moscatel*

Parámetros	Método	Técnica	Unidad
Materia Grasa	Gravimetría	Soxhlet NB 228:98	%
Carbohidratos	Cálculo	Cálculo indirecto	%
Humedad	Gravimetría	Secado en estufa NB 313010:05	%
Fibra	Gravimetría	Digestión Acido-Base	%
Valor energético	Cálculo	Cálculo indirecto	Kcal/100 g
Cenizas	Gravimetría	Calcinación en mufla NB 38025:06	%
Proteína	Volumetría	Digestión Valoración NB/ISO 8968-1:08	%
Azúcares totales	Fehling-Causse-Bonnans	NB 38033:06	%

Fuente: CEANID, 2021.

Los resultados del análisis fisicoquímico de la uva Moscatel se presentan en la Tabla III-4, seguir en Anexo C.

Tabla III-4*Análisis fisicoquímico de la uva Moscatel*

Parámetros	Resultado	Unidad
Valor energético	75,76	Kcal/100g
Materia Grasa	No se detecta	%
Carbohidratos	18,11	%
Humedad	79,91	%
Fibra	0,60	%
Cenizas	0,55	%
Proteína (Nx6.25)	0,83	%
Azúcares totales	14,98	%

Fuente: CEANID, 2021.

Como muestra la Tabla III-4 los resultados de los parámetros fisicoquímicos de la uva Moscatel son: valor energético 75,78 Kcalorías en 100 gramos; materia grasa no detectada; carbohidratos 18,11 %; humedad 79,91 %; fibra 0,60 %; cenizas 0,55 %; proteína 0,83 % y azúcares totales 14,98 %, seguir en Anexo C.

3.1.3 Análisis microbiológico de la uva Moscatel

Los parámetros microbiológicos de la uva Moscatel son analizados en el laboratorio CEANID en base a los métodos y técnicas expuestos en la Tabla III-5.

Tabla III-5*Métodos y técnicas del análisis microbiológico de la uva Moscatel*

Parámetros	Método	Técnica	Unidad
Coliformes termoresistentes	Placa fluida	Recuento de placa NB 32005:02	UFC/g
Coliformes totales	Placa fluida	Recuento de placa NB 32005:02	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021.

Los resultados del análisis microbiológico de la uva Moscatel se presentan en la Tabla III-6, seguir en Anexo C.

Tabla III-6*Análisis microbiológico de la uva Moscatel*

Parámetros	Resultado	Unidad
Coliformes termoresistentes	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g
Coliformes totales	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021.

Como podemos observar en la Tabla III-6 los resultados de los parámetros microbiológicos de la uva Moscatel son: coliformes termoresistentes con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo) y coliformes totales con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g. Ambos parámetros obtuvieron valores favorables donde no se muestra desarrollo de colonias.

3.2 Análisis de pérdida de peso en la uva Moscatel durante la deshidratación osmótica

Durante la deshidratación osmótica se realiza el control de pérdida de peso de la uva para los 16 experimentos del diseño experimental, conformados por las 8 combinaciones de sus factores (variables independientes) y sus réplicas. Las condiciones durante el deshidratado osmótico son; temperatura constante de 50 grados Celsius y agitación constante de 350 revoluciones por minuto. Para cada experimento se manipulan los valores de los siguientes factores; proporción fruta/jarabe, concentración del jarabe en grados Brix y tiempo de agitación. A continuación, en la Tabla III-7, se describen los valores que toman los factores en cada experimento, los cuales fueron presentados previamente en el Capítulo II como Tabla II-4 y se reproduce aquí para facilitar su análisis en el Capítulo III.

Tabla III-7

Ocho combinaciones realizadas en la deshidratación osmótica

Número de Experimentos	Factores		
	A= Fruta/Jarabe	B= Grados Brix	C= Tiempo
1	1/2	40	4
2	1/3	40	4
3	1/2	50	4
4	1/3	50	4
5	1/2	40	6
6	1/3	40	6
7	1/2	50	6
8	1/3	50	6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A continuación, se analiza el comportamiento de la pérdida de peso para las ocho combinaciones mencionadas en la Tabla III-7. Las cuales se dividen en dos grupos para una mejor observación de resultados. El primer grupo (sombreado en la Tabla III-7) está formado por los primeros cuatro experimentos que trabajan con el nivel inferior

del factor tiempo (4 horas) y el segundo grupo (sin sombra en la Tabla III-7) está formado por los últimos cuatro experimentos que trabajan con el nivel superior del factor tiempo (6 horas)

3.2.1 Resultados de pérdida de peso en la uva durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 4 horas

Se parte de un peso inicial de 250 gramos y la medición se realiza en intervalos de una hora. En la Tabla III-8 se presentan los resultados de la medición del peso de la uva durante la deshidratación osmótica para los primeros 4 experimentos, los cuales trabajan con el nivel inferior del factor tiempo (4 horas).

Tabla III-8

Resultados de la pérdida de peso en la uva durante la deshidratación osmótica para los experimentos con el factor tiempo de 4 horas

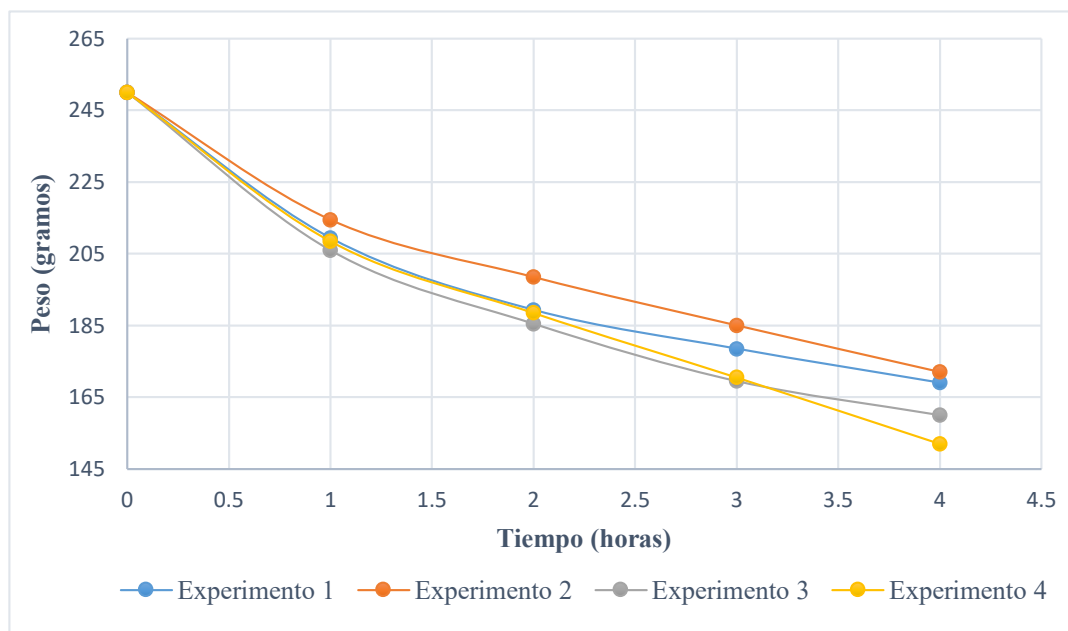
Tiempo (horas)	Peso de la uva (gramos)			
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
0	250	250	250	250
1	209	214	206	208
2	189	198	186	188
3	178	185	170	170
4	169	172	160	152

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de los datos presentados en la Tabla III-8 se elabora la Figura 3-1 donde se puede observar como varía el peso de la uva en los experimentos durante las 4 horas de deshidratación osmótica.

Figura 3-1

Variación del peso de la uva con respecto al tiempo para los experimentos con factor tiempo de 4 horas



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-1 podemos apreciar como el peso de la uva tiene su mayor variación durante las primeras dos horas y también como las muestras tres y cuatro tienen la mayor disminución de peso, lo que se puede atribuir a que ambos cuentan con el jarabe de mayor concentración (50 grados Brix).

3.2.2 Resultados de pérdida de peso en la uva durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 6 horas

Se tiene un peso inicial de 250 gramos y se realizan los pesajes en intervalos de una hora. En la Tabla III-9 se presentan los resultados de la medición del peso de la uva durante la deshidratación osmótica para los últimos experimentos 5, 6, 7 y 8 que trabajan con el nivel superior del factor tiempo (6 horas).

Tabla III-9

Resultados de la pérdida de peso en la uva durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 6 horas

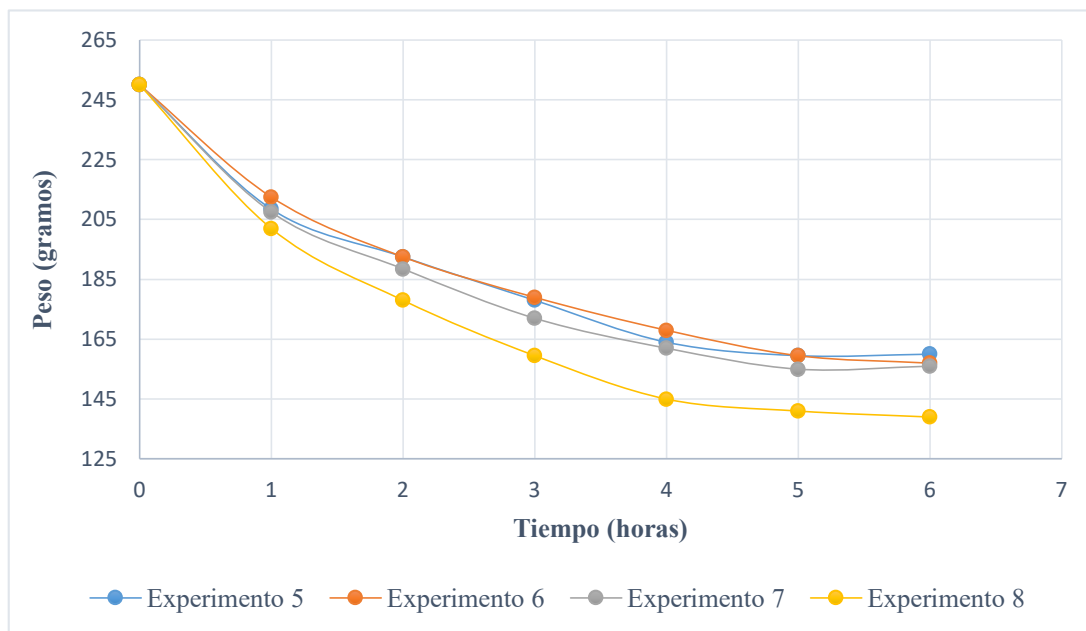
Tiempo (horas)	Peso de la uva (gramos)			
	Experimento 5	Experimento 6	Experimento 7	Experimento 8
0	250	250	250	250
1	208	212	208	202
2	192	192	188	178
3	178	179	172	160
4	164	168	162	145
5	160	160	155	138
6	160	157	156	139

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de los datos presentados en la Tabla III-9 se elabora la Figura 3-2 donde se puede observar cómo varía el peso de la uva en los experimentos durante las 6 horas de deshidratación osmótica.

Figura 3-2

Variación del peso de la uva con respecto al tiempo para los experimentos con factor tiempo de 6 horas



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-2 podemos apreciar como el peso de la uva tiene su mayor variación durante las primeras tres horas, también se muestra como los experimentos 7 y 8 tienen la mayor disminución de peso, lo que se atribuye a que ambos cuentan con el jarabe de mayor concentración (50 grados Brix). La disminución en el peso de la uva para estos últimos cuatro experimentos es mayor en comparación con los primeros cuatro experimentos debido al mayor tiempo de agitación (6 horas).

3.3 Análisis de los grados Brix en el jarabe durante la deshidratación osmótica

Se realiza el control de la concentración del Jarabe, tomando mediciones con refractómetro en intervalos de una hora para las 8 combinaciones descritas en la Tabla III-7. Para un mejor análisis de los resultados se divide en dos grupos las ocho combinaciones, el primer grupo constituido por los primeros cuatro experimentos que trabajan con el factor tiempo en su nivel inferior (4 horas) y el segundo grupo

conformado por los últimos cuatro experimentos que trabajan con el factor tiempo en su nivel superior (6 horas).

3.3.1 Resultados de los grados Brix en el jarabe durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 4 horas

En la Tabla III-10 se presentan los resultados de las mediciones de concentración del jarabe para los primeros cuatro experimentos, con nivel inferior de tiempo (4 horas).

Tabla III-10

Resultados de la concentración del jarabe durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 4 horas

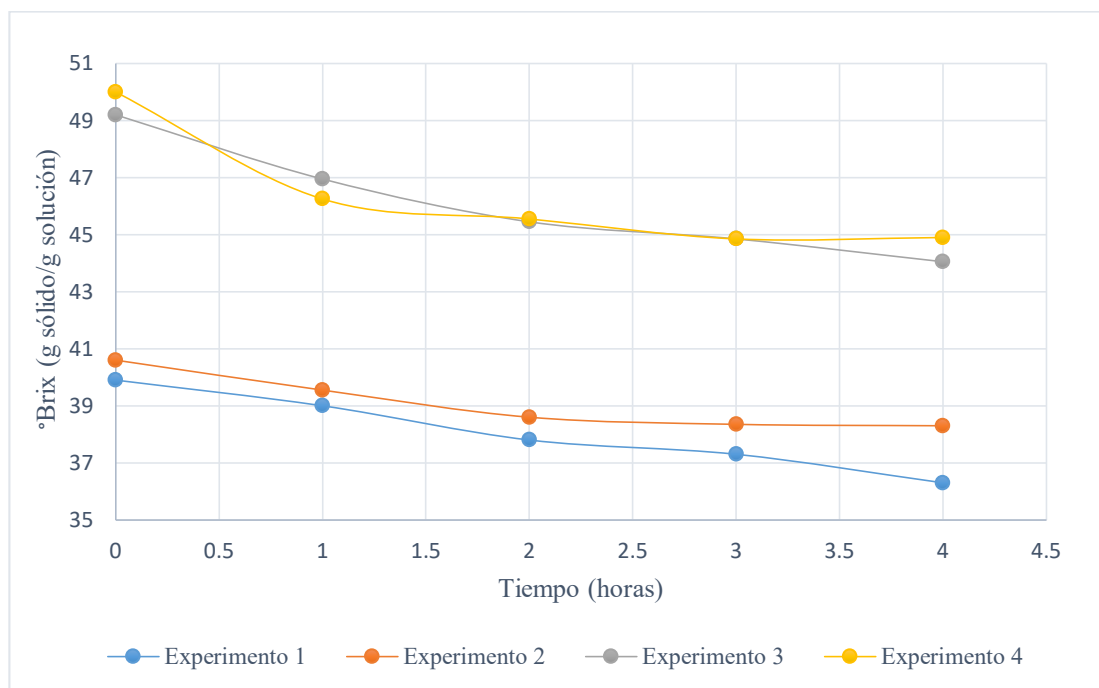
Tiempo (horas)	Concentración del jarabe (grados Brix)			
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
0	39,90	40,60	49,20	49,60
1	39,00	39,55	46,95	46,25
2	37,80	38,60	45,45	45,55
3	37,30	38,35	44,85	44,85
4	36,30	38,30	44,05	44,50

Fuente: Elaboración propia, 2024

A partir de los datos presentados en la Tabla III-10 se elabora la Figura 3-3 donde se puede observar cómo varía la concentración del jarabe en los primeros cuatro experimentos durante las 4 horas de deshidratación osmótica.

Figura 3-3

Variación de la concentración del jarabe con respecto al tiempo para los experimentos con factor tiempo de 4 horas



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede observar en la Figura 3-3 existe mayor reducción de los grados Brix para los experimentos 3 y 4, ambos con la concentración del nivel superior (50 grados Brix). También se muestra una variación de la concentración más elevada para las primeras dos horas en los cuatro experimentos.

3.3.2 Resultados de los grados Brix del jarabe durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 6 horas

En la Tabla III-11 se presentan los resultados de las mediciones de concentración del jarabe para los últimos cuatro experimentos, que trabajan con el factor tiempo de 6 horas.

Tabla III-11

Resultados de la concentración del jarabe durante la deshidratación osmótica para los experimentos con factor tiempo de 6 horas

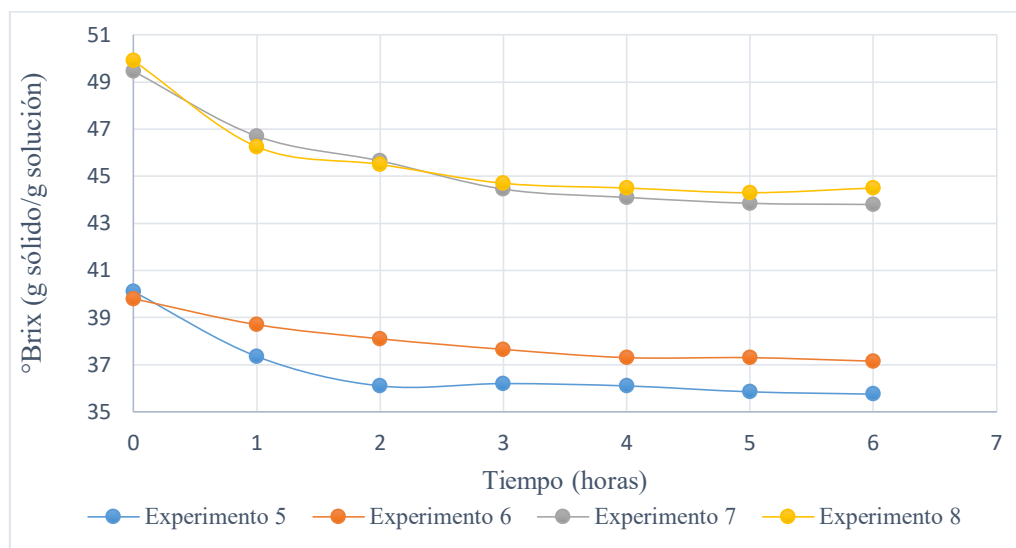
Tiempo (horas)	Concentración del jarabe (grados Brix)			
	Experimento 5	Experimento 6	Experimento 7	Experimento 8
0	40,1	39,8	49,45	49,90
1	37,35	38,7	46,7	46,25
2	36,1	38,1	45,65	45,5
3	36,2	37,65	44,45	44,7
4	36,1	37,3	44,1	44,5
5	35,85	37,3	43,85	44,3
6	35,75	37,15	43,8	44,50

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de los datos presentados en la Tabla III-11 se elabora la Figura 3-4 donde se puede observar cómo varía la concentración del jarabe en los experimentos durante las 6 horas de deshidratación osmótica.

Figura 3-4

Variación de la concentración del jarabe con respecto al tiempo para los experimentos con factor tiempo de 6 horas



Fuente: Elaboración propia, 2024.

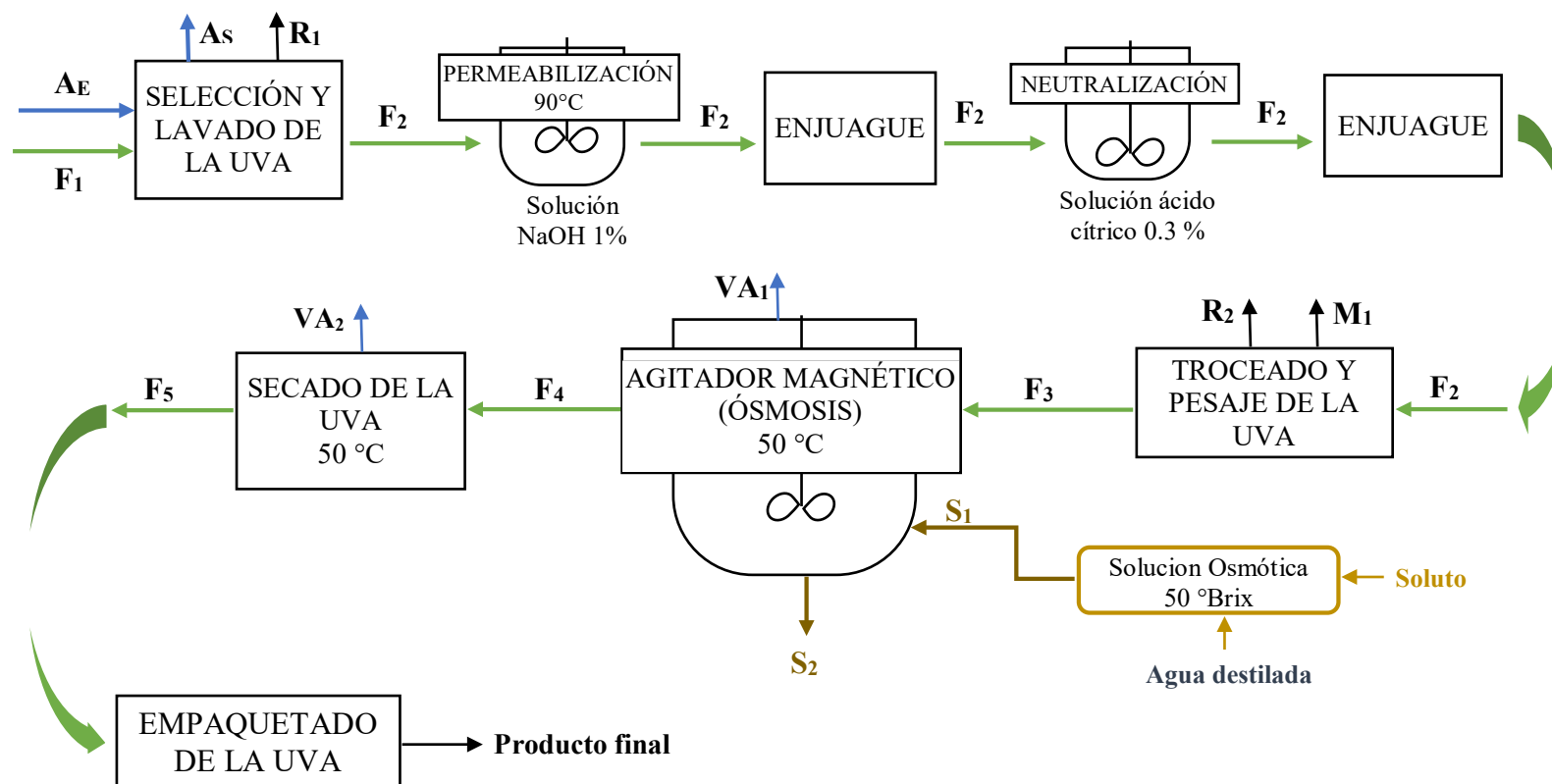
Como se puede observar en la Figura 3-4 la reducción total de los grados Brix es mayor para los experimentos 7 y 8, ambos con la concentración del nivel superior (50 grados Brix). También se puede ver que la variación de la concentración es más elevada durante las primeras tres horas para los cuatro experimentos y que en las últimas tres horas la variación es mínima, llegando a ser los valores medidos casi constantes.

3.4 Diagrama de flujo general del balance de materia para el proceso de obtención de uva deshidratada Moscatel

En la Figura 3-5 se puede ver el diagrama de flujo general para el balance de materia realizado al experimento número ocho, que presenta: relación fruta/jarabe = 1/3; grados Brix = 50; tiempo de inmersión = 6 horas. Y tuvo la mayor aceptación en el análisis sensorial.

Figura 3-5

Diagrama de flujo general del balance de materia para el proceso de obtención de uva deshidratada Moscatel



Fuente: Elaboración propia, 2024.

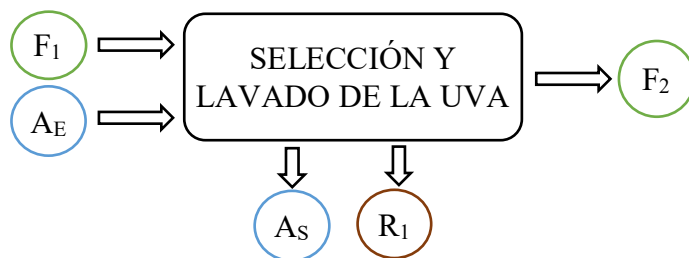
A continuación, se describe la simbología y se realiza el balance de materia en la muestra seleccionada número 8, para las siguientes etapas que registraron pérdida o ganancia de materia significativa: selección y lavado de la uva; troceado y pesaje de la uva; deshidratación osmótica de la uva y secado de la uva.

3.4.1 Balance de materia en la etapa de selección y lavado de la uva

En la Figura 3-6 se observa el balance de materia en la etapa de selección y lavado de la uva, donde ingresan 1000 gramos de racimo de uva Moscatel (F_1) y agua de entrada (A_E). Como masa de salida se tienen las uvas sanas y con condiciones apropiadas (F_2), ramas junto a uvas dañadas (R_1) y agua de salida (A_S).

Figura 3-6

Balance de materia en la etapa de selección de la uva



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Balance global en la etapa de selección y lavado de la uva:

Se aplica el principio de conservación de masa el cual establece que la materia no puede crearse ni destruirse (Singh & Heldman, 2009):

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Acumulación} \quad \text{Ecuación (3 - 1)}$$

Considerando un balance global entre estado inicial y final sin acumulación interna:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \quad \text{Ecuación (3 - 2)}$$

Reemplazando la simbología de entrada y salida que se observa en la Figura 3-6:

$$F_1 + A_E = F_2 + R_1 + A_S \quad \text{Ecuación (3 - 3)}$$

Donde:

F_1 = Racimo de uva y otras impurezas

A_E = Agua entrada

F_2 = Uva seleccionada

A_S = Agua salida

R_1 = Residuos (ramas, uvas no seleccionadas e impurezas)

Datos:

Los siguientes datos son pesajes realizados y sus valores se presentan en el Anexo B, Tabla B-1.

F_2 = 665 gramos

F_1 = 1000 gramos

A_E = 2500 gramos

A_S = 2500 gramos

Despejando R_1 de la Ecuación (3-3):

$$R_1 = F_1 + A_E - F_2 - A_S$$

$$R_1 = 1000 \text{ gramos} + 2500 \text{ gramos} - 665 \text{ gramos} - 2500 \text{ gramos}$$

$$R_1 = 335 \text{ gramos}$$

Masa de residuos del racimo de uva 335 gramos.

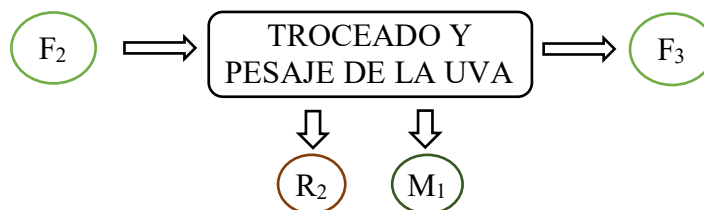
3.4.2 Balance de materia en la etapa de troceado y pesaje de la uva

Las uvas que entran a la etapa de “troceado y pesaje de la uva” son uvas enteras y con pedicelo (F_2), que pasan por una permeabilización y neutralización donde no se registran intercambios de masa significativos. Se separa la uva de los pedicelos y trocea para luego pesar una muestra de 250 gramos (F_3) que entrará a la deshidratación osmótica, el restante de uva troceada (M_1) se pesa y reserva. A la salida de esta etapa también se tienen los residuos compuestos por pedicelos y pepas (R_2).

La Figura 3-7 muestra el balance de materia en la etapa de troceado y pesaje de la uva.

Figura 3-7

Balance de materia en la etapa de troceado y pesaje de la uva



Fuente: Elaboración propia, 2024

Balance global para la etapa de troceado y pesaje de la uva:

Partiendo de la Ecuación (3-1) de principio de conservación de masas, y considerando un sistema cerrado sin acumulación:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \quad \text{Ecuación (3 - 4)}$$

Reemplazando las entradas y salidas en la etapa de troceado y pesaje que se observan en la Figura (3-7):

$$F_2 = F_3 + R_2 + M_1 \quad \text{Ecuación (3 - 5)}$$

Donde:

F_2 = Uva entera y con pedicelo

F_3 = Uva troceada para deshidratación osmótica

M_1 = Uva troceada restante

R_2 = Residuos de pedicelos y pepas de la uva

Datos:

Datos extraídos del Anexo B, Tabla B-1 y B-2.

F_2 = 665 gramos

F_3 = 250 gramos

$$M_1 = 413 \text{ gramos}$$

Despejando R_2 de la Ecuación (3-5):

$$R_2 = F_2 - M_1 - F_3$$

$$R_2 = 665 \text{ gramos} - 413 \text{ gramos} - 250 \text{ gramos}$$

$$R_2 = 2 \text{ gramos}$$

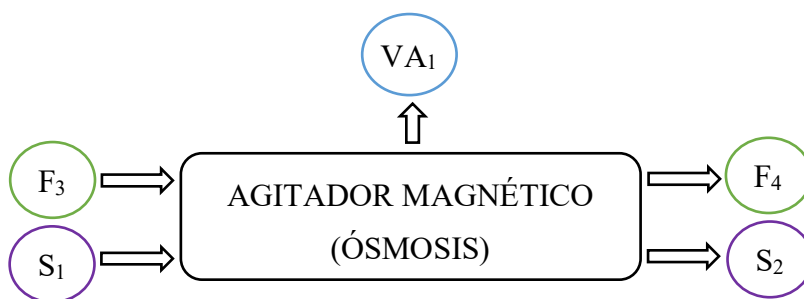
La masa de residuos, pedicelos y pepas durante el troceado de la uva es de 2 gramos.

3.4.3 Balance de materia en la etapa de deshidratación osmótica de la uva

La etapa de deshidratación osmótica se realiza en un equipo de agitación magnética con calentador. Se tiene como masa de entrada al agitador 250 gramos de uva troceada (F_3). Se sumerge la uva troceada en una solución osmótica o jarabe (S_1), la masa de salida es la uva deshidratada osmóticamente (F_4), el jarabe al final de la deshidratación osmótica (S_2) y el agua evaporada durante la ósmosis (VA_1). La Figura 3-8 muestra el balance de materia en la etapa de deshidratación osmótica.

Figura 3-8

Balance de materia global en la etapa de deshidratación osmótica de la uva



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Balance global para la etapa de deshidratación osmótica:

Partiendo de la Ecuación (3-1) de principio de conservación de masa y considerando al sistema semi-cerrado con pérdidas de agua por evaporación se tiene:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Pérdidas por evaporación} \quad \text{Ecuación (3 - 6)}$$

Reemplazando las entradas, salidas y pérdidas por evaporación de la Figura (3-8):

$$F_3 + S_1 = S_2 + F_4 + VA_1 \quad \text{Ec. (3 - 7)}$$

Donde:

F_3 = Uva troceada de entrada

S_1 = Solución osmótica de entrada

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente de salida

S_2 = Solución osmótica de salida

VA_1 = Vapor de agua en la ósmosis

Datos:

Los siguientes datos son extraídos del Anexo B, Tabla B-2.

F_3 = 250 gramos

S_1 = 750 gramos

F_4 = 139 gramos

S_2 = 825 gramos

Despejando VA_1 de la Ecuación (3-7):

$$VA_1 = S_1 - S_2 - F_4 + F_3$$

$$VA_1 = 750 \text{ gramos} - 825 \text{ gramos} - 139 \text{ gramos} + 250 \text{ gramos}$$

$$VA_1 = 36 \text{ gramos}$$

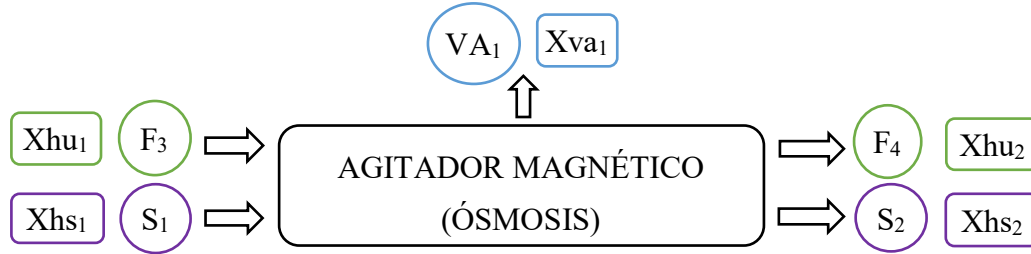
El agua evaporada durante la deshidratación osmótica de la uva es de 36 gramos.

3.4.3.1 Balance de materia parcial de agua en la etapa de deshidratación osmótica de la uva

En la Figura 3-9 podemos apreciar el balance de materia para el agua en la etapa de deshidratación osmótica de la uva.

Figura 3-9

Balance de materia parcial para agua en la etapa de deshidratación osmótica



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Balance parcial de agua en la etapa de deshidratación osmótica

Ecuación de balance de materia para un componente (Singh & Heldman, 2009):

$$d \frac{Mx_i}{dt} = \dot{m}_{entrada} x_{i\ entrada} + \dot{m}_{salida} x_{i\ salida} \quad \text{Ecuación (3-8)}$$

Donde:

$d \frac{Mx_i}{dt}$ = Cambio de masa del componente con el tiempo (acumulación)

$\dot{m}_{entrada}$ = Flujo másico de entrada

$x_{i\ entrada}$ = Fracción másica del componente en la corriente de entrada

$\dot{m}_{salida}$ = Flujo másico de salida

$x_{i\ salida}$ = Fracción másica del componente en la corriente de salida

Considerando un balance global entre estado inicial y final y un sistema semi-cerrado con pérdidas por evaporación:

$$m_{entrada} x_{i\ entrada} = m_{salida} x_{i\ salida} \quad \text{Ecuación (3-9)}$$

Donde:

$m_{entrada}$ = Masa de entrada

$x_{i\ entrada}$ = Fracción másica del componente en la corriente de entrada

m_{salida} = Masa de salida

$x_{i\ salida}$ = Fracción másica del componente en la corriente de salida

Adaptando la Ecuación (3-9) al balance parcial de agua en la ósmosis y considerando las entradas, salidas y sus respectivas fracciones de agua que se observan en la Figura (3-9) se tiene la Ecuación (3-10):

$$(F_3 * X_{hu_1}) + (S_1 * X_{hs_1}) = (S_2 * X_{hs_2}) + (F_4 * X_{hu_2}) + (VA_1 * X_{va_1}) \quad \text{Ecuación (3-10)}$$

Donde:

F_3 = Uva troceada

X_{hu_1} = Fracción de agua en la uva troceada

S_1 = Solución osmótica entrada

X_{hs_1} = Fracción de agua de la solución osmótica entrada

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

X_{hu_2} = Fracción de agua en la uva deshidratada osmóticamente

S_2 = Solución osmótica salida

X_{hs_2} = Fracción de agua en la solución osmótica salida

VA_1 = Vapor de agua en la ósmosis

X_{va_1} = Fracción de agua en el vapor de agua en la ósmosis

Datos:

Los siguientes datos son extraídos del Anexo B.

F_3 = 250 gramos

X_{hu_1} = 0,799

S_1 = 750 gramos

X_{hs_1} = 0,501

F_4 = 139 gramos

$$S_2 = 825 \text{ gramos}$$

$$X_{hs_2} = 0,555$$

$$VA_1 = 36 \text{ gramos}$$

$$X_{va_1} = 1$$

Despejando X_{hu_2} de la Ecuación (3-10):

$$X_{hu_2} = \frac{(F_3 * X_{hu_1}) + (S_1 * X_{hs_1}) - (VA_1 * X_{va_1}) - (S_2 * X_{hs_2})}{F_4}$$

$$X_{hu_2} = \frac{(250 \text{ gramos} * 0,799) + (750 \text{ gramos} * 0,501) - (36 \text{ gramos} * 1) - (825 \text{ gramos} * 0,555)}{139 \text{ gramos}}$$

$$X_{hu_2} = 0,587$$

La fracción de agua presente en la uva deshidratada osmóticamente es de 0,587

Masa de agua perdida en la uva:

La masa de agua perdida en la uva durante la deshidratación osmótica se calcula con la Ecuación (3-11):

$$Masa \text{ de agua perdida} = (F_3 * X_{hu_1}) - (F_4 * X_{hu_2}) \quad \text{Ecuación (3 - 11)}$$

Donde:

$$F_3 = \text{Uva troceada}$$

$$X_{hu_1} = \text{Fracción de agua en la uva troceada}$$

$$F_4 = \text{Uva deshidratada osmóticamente}$$

$$X_{hu_2} = \text{Fracción de agua en la uva deshidratada osmóticamente}$$

Datos:

$$F_3 = 250 \text{ gramos}$$

$$X_{hu_1} = 0,799$$

$$F_4 = 139 \text{ gramos}$$

$$X_{hu2} = 0,587$$

$$\text{Masa de agua perdida} = (250 \text{ gramos} * 0,799) - (139 \text{ gramos} * 0,587)$$

$$\text{Masa de agua perdida} = 118,157 \text{ gramos}$$

Masa de agua perdida en la uva durante la ósmosis 118,157 gramos

Porcentaje de agua perdida en la uva durante la deshidratación osmótica:

Para encontrar la pérdida porcentual de agua con respecto a la masa inicial se propone la Ecuación (3-12) (Wu et al., 2024):

$$\%WL = \frac{F_3 X_{hu1} - F_4 X_{hu2}}{F_3} * 100 \quad \text{Ecuación (3 - 12)}$$

Donde:

$\%WL$ = Porcentaje de agua perdida en la uva durante la deshidratación osmótica

F_3 = Uva troceada

X_{hu1} = Fracción de agua en la uva troceada

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

X_{hu2} = Fracción de agua en la uva deshidratada osmóticamente

Datos:

Datos extraídos del Anexo B, Tabla B-8.

$$F_3 = 250 \text{ gramos}$$

$$X_{hu1} = 0,799$$

$$F_4 = 139 \text{ gramos}$$

$$X_{hu2} = 0,587$$

$$\%WL = \frac{118,157 \text{ gramos}}{250 \text{ gramos}} * 100$$

$$\%WL = 47,263$$

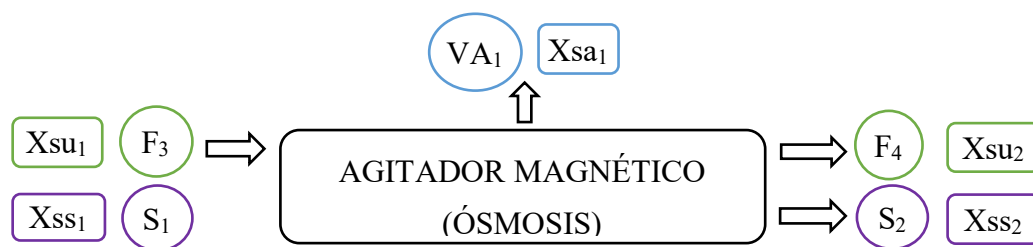
El porcentaje de agua perdida en la uva con respecto a la masa inicial en la deshidratación osmótica es de 47,263 %

3.4.3.2 Balance de materia para sólidos en la etapa de deshidratación osmótica de la uva

En la Figura 3-10 se muestra el balance de sólidos en la etapa de deshidratación osmótica de la uva.

Figura 3-10

Balance de sólidos en la etapa de deshidratación osmótica de la uva



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Balance parcial de sólidos en la etapa de deshidratación osmótica

Partiendo de la Ecuación (3-9) de balance de materia para un componente que considera un sistema semi-cerrado sin acumulación, se crea la Ecuación (3-13), que reemplaza los valores de entrada y de salida con el balance de sólidos que se observa en la Figura (3-10):

$$(F_3 * X_{su1}) + (S_1 * X_{ss1}) = (S_2 * X_{ss2}) + (VA_1 * X_{sa1}) + (F_4 * X_{su2}) \quad \text{Ecuación (3 - 13)}$$

Donde:

F_3 = Uva troceada

X_{su1} = Fracción de sólidos en la uva troceada

S_1 = Solución osmótica entrada

X_{ss1} = Fracción de sólidos de la solución osmótica de entrada

VA_1 = Vapor de agua en la ósmosis

X_{sa1} = fracción de sólidos en el vapor de agua en la ósmosis

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

X_{su2} = Fracción de sólidos en la uva deshidratada osmóticamente

S_2 = Solución osmótica salida

X_{ss2} = Fracción de sólidos en la solución osmótica de salida

Datos:

$F_3 = 250$ gramos

$X_{su1} = 0,201$

$S_1 = 750$ gramos

$X_{ss1} = 0,499$

$VA_1 = 36$ gramos

$X_{sa1} = 0$

$F_4 = 139$ gramos

$S_2 = 825$ gramos

$X_{ss2} = 0,445$

Despejando X_{su2} de la Ecuación (3-13):

$$X_{su2} = \frac{(F_3 * X_{su1}) + (S_1 * X_{ss1}) - (VA_1 * X_{sa1}) - (S_2 * X_{ss2})}{F_4}$$

$$X_{su2} = \frac{(250 \text{ gramos} * 0,201) + (750 \text{ gramos} * 0,499) - (36 \text{ gramos} * 0) - (825 \text{ gramos} * 0,445)}{139 \text{ gramos}}$$

$$X_{su2} = 0,413$$

Fracción de sólidos en la uva deshidratada osmóticamente 0,413.

Porcentaje de ganancia de sólidos en la uva:

El porcentaje de ganancia de sólidos se puede determinar a partir de la Ecuación (3-14) (Wu et al., 2024):

$$\%GS = \frac{F_4 * Xsu_2 - F_3 * Xsu_1}{F_3} * 100 \quad \text{Ecuación (3 - 14)}$$

$$\%GS = \frac{139 \text{ gramos} * 0,413 - 250 \text{ gramos} * 0,201}{250 \text{ gramos}} * 100$$

$$\%GS = 2,863$$

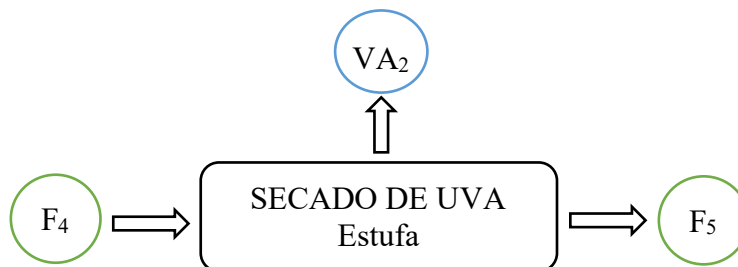
El porcentaje de ganancia de sólidos de la uva deshidratada osmóticamente con respecto a la masa inicial es de 2,863 %

3.4.4 Balance de materia en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente

El secado complementario de la uva deshidratada osmóticamente se realiza en una estufa, con una temperatura constante de 50 grados Celsius. En la Figura 3-11 podemos ver el balance de materia durante el tiempo de secado de 4 horas, donde tenemos como masa de entrada a la uva deshidratada osmóticamente (F_4), y como salida al vapor de agua (VA_2) y a la uva seca (F_5).

Figura 3-11

Balance de materia en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Balance global en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente:

Partiendo de la Ecuación (3-6) que considera un sistema semi-cerrado con pérdidas de agua por evaporación, se crea la Ecuación (3-15), que toma la simbología del balance general de secado de uva para entradas y salidas de la Figura 3-11:

$$F_4 = F_5 + VA_2 \quad \text{Ecuación (3 - 15)}$$

Donde:

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

F_5 = Uva seca

VA_2 = Vapor de agua en el secado

Datos:

F_4 = 139 gramos

F_5 = 64 gramos

Despejando VA_2 de la Ecuación (3-15):

$$VA_2 = F_4 - F_5$$

$$VA_2 = 139 \text{ gramos} - 64 \text{ gramos}$$

$$VA_2 = 75 \text{ gramos}$$

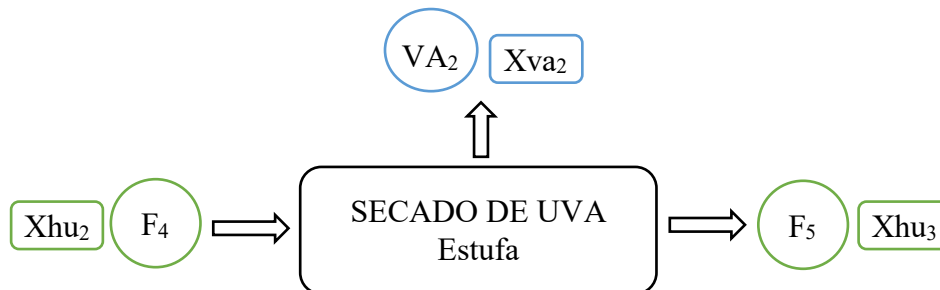
Vapor de agua perdida durante la etapa de secado 75 gramos.

Balance parcial de agua para la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente:

A continuación, en la Figura 3-12 podemos observar el balance de agua durante la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente.

Figura 3-12

Balance de agua en el secado de la uva deshidratada osmóticamente



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Partiendo de la Ecuación (3-9) de balance de materia para un componente que considera un sistema semi-cerrado y sin acumulación, se crea la Ecuación (3-16), tomando los valores de entrada y de salida del balance de agua para el secado de uva que se observa en la Figura 3-12:

$$F_4 * Xhu_2 = F_5 * Xhu_3 + VA_2 * Xva_2 \quad \text{Ecuación (3 - 16)}$$

Donde:

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

F_5 = Uva seca

VA_2 = Vapor de agua en el secado

Xva_2 = Fracción de agua en el vapor de agua durante el secado

Xhu_2 = Fracción de agua en la uva deshidratada osmóticamente

Xhu_3 = Fracción de agua en la uva seca

Datos:

$VA_2 = 75$ gramos

$Xva_2 = 1$

$$Xhu_2 = 0,587$$

$$F_4 = 139 \text{ gramos}$$

$$F_5 = 64 \text{ gramos}$$

Despejando Xhu_3 de la Ecuación (3-16):

$$Xhu_3 = \frac{F_4 * Xhu_2 - VA_2 * Xva_2}{F_5}$$

$$Xhu_3 = \frac{139 \text{ gramos} * 0,587 - 75 * 1}{64}$$

$$Xhu_3 = 0,103$$

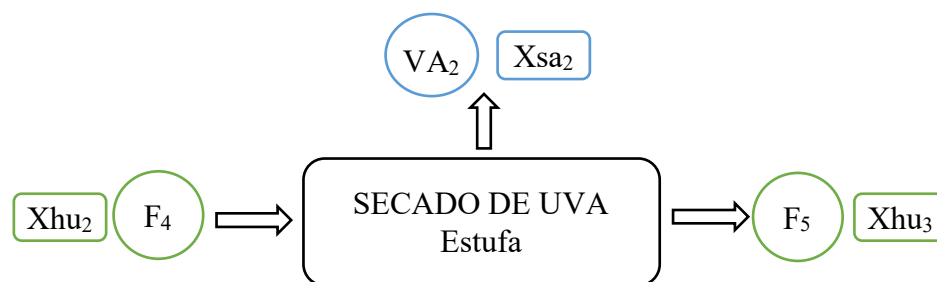
La fracción de agua en la uva seca es de 0,0103

Balance parcial de sólidos en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente:

En la Figura 3-13 se muestra el balance de sólidos para la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente.

Figura 3-13

Balance de sólidos en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Partiendo de la Ecuación (3-9) de balance de materia para un componente que considera un sistema semi-cerrado y sin acumulación, se crea la Ecuación (3-17), tomando los valores de entrada y de salida del balance de sólidos para el secado de uva que se observa en la Figura 3-13:

$$F_4 * Xsu_2 = F_5 * Xsu_3 + VA_2 * Xsa_2 \quad \text{Ecuación (3 - 17)}$$

Donde:

F_4 = Uva deshidratada osmóticamente

Xsu_2 = Fracción de sólidos en la uva deshidratada osmóticamente

F_5 = Uva seca

Xsu_3 = Fracción de sólidos en la uva seca

VA_2 = Vapor de agua en el secado

Xsa_2 = Fracción de sólidos del vapor de agua en el secado

Datos:

F_4 = 139 gramos

Xsu_2 = 0,413

F_5 = 64 gramos

VA_2 = 75 gramos

Xsa_2 = 0

Despejando Xsu_3 de la ecuación (3-17):

$$Xsu_3 = \frac{F_4 * Xsu_2 - VA_2 * Xsa_2}{F_5}$$

$$Xsu_3 = \frac{139 \text{ gramos} * 0,413 - 75 \text{ gramos} * 0}{64 \text{ gramos}}$$

$$Xsu_3 = 0,897$$

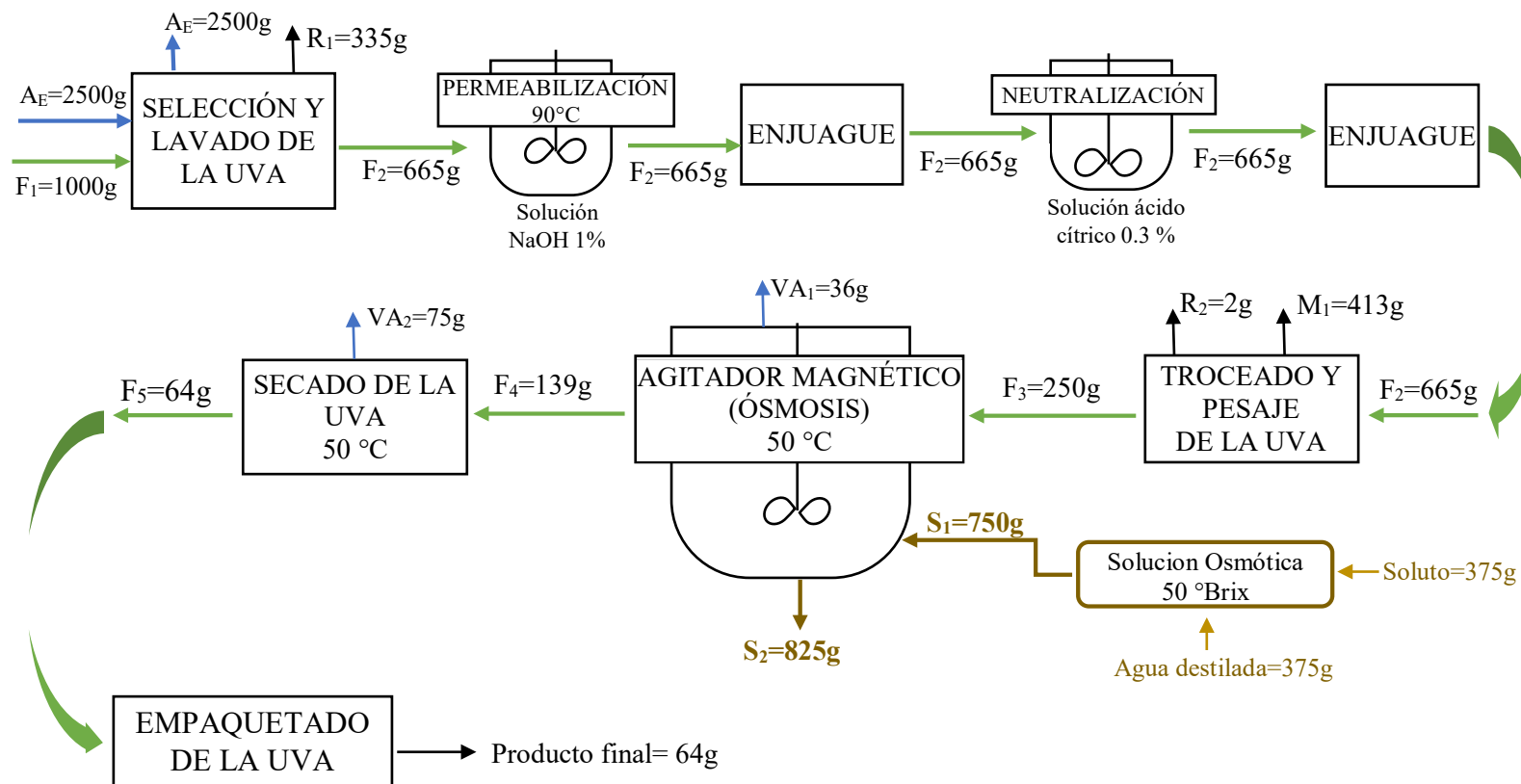
La fracción de sólido en la uva seca es de 0,897

3.4.5 Resumen general del balance de materia para la elaboración de uva deshidratada Moscatel

En la Figura 3-14 se puede ver el resumen general para el balance de materia realizado en las diferentes etapas de elaboración de uva deshidratada Moscatel.

Figura 3-14

Resumen general del balance de materia para la elaboración de uva deshidratada Moscatel



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5 Balance de energía para la obtención de uva deshidratada Moscatel

Se realiza el balance de energía para las etapas de permeabilización, deshidratación osmótica y secado de la uva.

Para realizar los cálculos se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

El principio de conservación de la energía para procesos con transferencia de calor está dado por la Ecuación (3-18) (Lewis, 1993 citado en Guevara, 2022):

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}} \quad \text{Ecuación (3-18)}$$

Para un sistema estacionario a volumen constante el calor sensible y latente es igual a (Smith et al., 2005):

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T \quad \text{Ecuación (3-19)}$$

$$Q_{\text{Latente}} = m * \lambda \quad \text{Ecuación (3-20)}$$

Si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se pueden calcular las capacidades caloríficas con la Ecuación (3-21) (Lewis, 1993 citado en Guevara, 2022):

$$C_p = X_w C_w + X_c C_c + X_{pr} C_{pr} + X_g C_g + X_z C_z \quad \text{Ecuación (3-21)}$$

Donde:

C_p = Capacidad calorífica del alimento

X_w = Fracción de masa de agua

X_c = Fracción de masa de carbohidratos

X_{pr} = Fracción de masa de proteína

X_g = Fracción de masa de grasa

X_z = Fracción de masa de ceniza

C_w = Calor específico de agua

C_c = Calor específico de carbohidratos

C_{pr} = Calor específico de proteína

C_g = Calor específico de grasa

C_z = Calor específico de ceniza

3.5.1 Determinación de la capacidad calorífica de la uva Moscatel de Tarija

Las capacidades caloríficas de los constituyentes de la uva se detallan a continuación en la Tabla III-12.

Tabla III-12

Capacidades caloríficas de los constituyentes de la uva

Calor específico	Unidades	
	KJ/Kg°C	Kcal/Kg°C
Agua	4,18	1
Carbohidrato	1,40	0,33460
Proteína	1,60	0,38241
Grasa	1,70	0,40631
Ceniza	0,80	0,19120

Fuente: Guevara, 2022.

En la Tabla III-13 se muestran los resultados de la composición fisicoquímica de la uva Moscatel de Tarija.

Tabla III-13

Composición fisicoquímica de la uva Moscatel de Tarija

Componente	Resultado	Unidad
Materia Grasa	No se detecta	%
Carbohidratos	18,11	%
Cenizas	0,55	%
Proteína	0,83	%
Humedad	79,91	%

Fuente: CEANID, 2021.

Para obtener el valor de la capacidad calorífica de la uva utilizamos la Ecuación (3-21) y la equivalencia según (Lewis 1993 citado en Guevara, 2022) es de $1\text{kJ} = 0,239006\text{ kcal}$.

$$C_p = X_w C_w + X_c C_c + X_{pr} C_{pr} + X_g C_g + X_z C_z$$

Donde:

$$X_w = 0,799$$

$$X_c = 0,181$$

$$X_{pr} = 0,0083$$

$$X_g = 0$$

$$X_z = 0,0055$$

$$C_w = 1\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_c = 0,33460\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pr} = 0,38241\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_g = 0,40631\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_z = 0,19120\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_p = (0,799 * 1\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,181 * 0,33460\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,0083 * 0,38241\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0 * 0,40631\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,0055 * 0,19120\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C})$$

$$C_p = 0,863\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Calor específico de la uva $0,863\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$

3.5.2 Balance de energía para la etapa de permeabilización de la uva

La permeabilización se lleva a cabo a una temperatura de 90 grados Celsius y se realiza un cálculo del calor necesario para elevar la temperatura del vaso precipitado, agua y uva durante esta etapa.

En la Tabla III-14 se observan los calores específicos para el agua, vidrio y uva.

Tabla III-14*Calores específicos del agua, vidrio y uva*

Sustancia	Calor específico (Kcal/Kg°C)
Agua	1,000
Vidrio	0,199
Uva	0,863

Fuente: Hayes, 1992.

Cálculo del calor sensible del vaso precipitado en la etapa de permeabilización:

El calor sensible se determina a partir de la Ecuación (3-19) (Smith et al., 2005):

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T$$

Aplicada al vaso precipitado tenemos la Ecuación (3-22):

$$Q_{\text{vaso}} = m_{\text{va}} C_{p_{\text{va}}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-22)}$$

Donde:

 Q_{vaso} = Calor sensible del vaso precipitado m_{va} = Masa del vaso precipitado $C_{p_{\text{va}}}$ = Calor específico del vidrio T_f = Temperatura final del vaso T_i = Temperatura inicial del vaso

Datos

$$m_{\text{va}} = 0,495 \text{ Kg}$$

$$C_{p_{\text{va}}} = 0,199 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_f = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 23^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{vaso}} = 0,495 \text{ Kg} \times 0,199 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (90^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{vaso}} = 6,600 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible del agua en la etapa de permeabilización:

Aplicando la Ecuación (3-19) al agua tenemos la Ecuación (3-23):

$$Q_{A1} = m_{A1} C_{pA1} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-23)}$$

Donde:

Q_{A1} = Calor sensible del agua

m_{A1} = Masa de agua

C_{pA1} = Calor específico de agua

T_f = Temperatura final de agua

T_i = Temperatura inicial de agua

Datos

$m_{A1} = 1,500 \text{ Kg}$

$C_{pA1} = 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$T_f = 90^\circ\text{C}$

$T_i = 23^\circ\text{C}$

$$Q_{A1} = 1,500 \text{ Kg} \times 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (90^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_{A1} = 100,500 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible de la uva en la etapa de permeabilización:

Aplicando la ecuación (3-19) a la uva tenemos la Ecuación (3-24):

$$Q_{\text{uva}} = m_{\text{uva}} C_{p\text{uva}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-24)}$$

Donde:

Q_{uva} = Calor sensible de la uva

$m_{\text{uva}} = \text{Masa de la uva}$

$C_{p_{\text{uva}}} = \text{Calor específico de la uva}$

$T_f = \text{Temperatura final de la uva}$

$T_i = \text{Temperatura inicial de la uva}$

Datos

$m_{\text{uva}} = 0,665 \text{ Kg}$

$C_{p_{\text{uva}}} = 0,863 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$T_f = 90^\circ\text{C}$

$T_i = 23^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{uva}} = 0,665 \text{ Kg} \times 0,863 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (90^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{uva}} = 38,451 \text{ Kilocalorías}$$

Calor total requerido en el proceso de permeabilización:

El calor total requerido se puede calcular a partir de la Ecuación (3-18) (Lewis, 1993 citado en Guevara, 2022).

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$Q_T = \sum Q_i$$

Donde el $\sum Q_i$ es la suma de todos los calores calculados en la permeabilización:

$$\sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Aplicando la Ecuación (3-18) a la permeabilización tenemos la Ecuación (3-25):

$$Q_{\text{perm}} = Q_{\text{vaso}} + Q_{A1} + Q_{\text{uva}} \quad \text{Ecuación (3-25)}$$

$$Q_{\text{perm}} = 6,600 \text{ Kilocalorías} + 100,500 \text{ Kilocalorías} + 38,451 \text{ Kilocalorías}$$

$$Q_{\text{perm}} = 145,551 \text{ Kilocalorías}$$

El calor requerido en la permeabilización de la uva es de 145,551 Kilocalorías.

3.5.3 Balance de energía en la etapa de deshidratación osmótica de la uva

Durante la deshidratación osmótica se trabaja a una temperatura de 50 grados Celsius en un agitador magnético durante 6 horas. Se calcula el calor necesario para elevar la temperatura del agua, la uva, sacarosa y glucosa, así como el calor consumido en el cambio de fase del agua a vapor. En la Tabla III-15 podemos observar el calor específico y latente de agua, sacarosa y glucosa.

Tabla III-15

Calor específico y latente de agua, sacarosa y glucosa

Sustancia	Calor específico (Kcal/Kg°C)	Calor latente de vaporización (Kcal/kg)
Agua	1	542,740
Sacarosa	0,299	-
Glucosa	0,153	-

Fuente: Singh & Heldman, 2009.

Cálculo de calor sensible del vaso precipitado en la etapa de deshidratación osmótica:

El calor sensible se determina a partir de la Ecuación (3-19):

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T$$

A partir de la Ecuación (3-19) se obtuvo la Ecuación (3-26) para el vaso precipitado utilizado en la deshidratación osmótica de la uva:

$$Q_{\text{vaso2}} = m_{\text{va2}} C_{p_{\text{va2}}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-26)}$$

Datos

$$m_{\text{va2}} = 0,282 \text{ Kg}$$

$$C_{p_{\text{va2}}} = 0,199 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_f = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{vaso2}} = 0,282 \text{ Kg} \times 0,199 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{\text{vaso2}} = 1,515 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible del agua en la etapa de deshidratación osmótica:

Aplicando la Ecuación (3-19) al agua utilizada en la ósmosis de la uva, tenemos la Ecuación (3-27):

$$Q_{A2} = m_{A2} C_{pA2} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-27)}$$

Datos

$$m_{A2} = 0,375 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$C_{pA2} = 1 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{A2} = 0,375 \text{ Kg} \times 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{A2} = 10,125 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible de la uva en la etapa deshidratación osmótica:

Aplicando la Ecuación (3-19) a la uva utilizada en la deshidratación osmótica tenemos la Ecuación (3-28):

$$Q_{\text{uva2}} = m_{\text{uva2}} C_{p\text{uva2}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-28)}$$

Datos

$$m_{\text{uva2}} = 0,250 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$C_{p\text{uva2}} = 0,863 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{uva2} = 0,250 \text{ Kg} \times 0,863 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{uva2} = 5,825 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible de la sacarosa en la etapa deshidratación osmótica:

Aplicando la Ecuación (3-19) a la sacarosa utilizada en la deshidratación osmótica tenemos la Ecuación (3-29):

$$Q_{sacarosa} = m_{sa} C_{p_{sa}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-29)}$$

Datos

$$m_{sa} = 0,150 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$C_{p_{sa}} = 0,299 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{sacarosa} = 0,150 \text{ Kg} \times 0,299 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{sacarosa} = 1,211 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor sensible de la glucosa en la etapa de deshidratación osmótica:

Aplicando la Ecuación (3-19) a la glucosa utilizada en la deshidratación osmótica tenemos la Ecuación (3-30):

$$Q_{Glucosa} = m_{glu} C_{p_{glu}} (T_f - T_i) \quad \text{Ecuación (3-30)}$$

Datos

$$m_{glu} = 0,225 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$C_{p_{glu}} = 0,153 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 23^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{Glucosa} = 0,225 \text{ Kg} \times 0,153 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{\text{Glucosa}} = 0,93 \text{ Kilocalorías}$$

Cálculo del calor latente de agua en la etapa de deshidratación osmótica:

Aplicando la Ecuación (3-20) al agua utilizada en la deshidratación osmótica tenemos la Ecuación (3-31):

$$Q_{A3} = m_{A3} \lambda \quad \text{Ecuación (3-31)}$$

Datos

$$m_{A3} = 0,036 \text{ Kg}$$

$$\lambda_{A3} = 542,740 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{A3} = 0,036 \text{ Kg} \times 542,740 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_{A3} = 19,539 \text{ Kilocalorías}$$

Calor total requerido en el proceso de deshidratación osmótica de la uva:

El calor total requerido se puede calcular a partir de la Ecuación (3-18).

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

Aplicando la Ecuación (3-18) a la deshidratación osmótica de la uva tenemos la Ecuación (3-32):

$$Q_{\text{Ósmosis}} = Q_{\text{vaso2}} + Q_{A2} + Q_{\text{uva2}} + Q_{\text{sacarosa}} + Q_{\text{Glucosa}} + Q_{A3} \quad \text{Ecuación (3-32)}$$

$$Q_{\text{Ósmosis}} = 1,515 \text{ Kilocalorías} + 10,125 \text{ Kilocalorías} + 5,825 \text{ Kilocalorías} + 1,211 \text{ Kilocalorías} + 0,93 \text{ Kilocalorías} + 19,539 \text{ Kilocalorías}$$

$$Q_{\text{Ósmosis}} = 39.145 \text{ Kilocalorías}$$

La cantidad de calor requerido por el sistema durante la deshidratación osmótica de la uva Moscatel es de 39.145 Kilocalorías.

Energía consumida por el agitador magnético durante la deshidratación osmótica de la uva Moscatel:

El proceso de ósmosis se realiza en un agitador magnético con calentador MS-H280-Pro de DLAB, con una potencia de 515 W durante 6 horas.

La energía entregada por el agitador durante este periodo de tiempo se calcula a partir de la Ecuación (3-33) y la equivalencia según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) es de 1 Kcal/h = 1,163 W.

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\Theta)} \quad \text{Ecuación (3-33)}$$

Donde:

E_a = Energía entregada por el agitador

P_a = Potencia del agitador

Θ_a = Tiempo de agitación

Datos

$P_a = 515 \text{ W}$

$\Theta_a = 6 \text{ horas}$

$$E_a = P_a * \Theta_a$$

$$E_a = 515 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ Kcal/h}}{1,163 \text{ W}} \right) * 6 \text{ horas}$$

$$E_a = 2656,922 \text{ Kilocalorías}$$

La energía que el agitador entrega al sistema durante la deshidratación osmótica de la uva es de 2656,922 Kilocalorías.

3.5.4 Balance de energía en la etapa de secado de la uva

Se realiza el secado de la uva que sale de la deshidratación osmótica, a una temperatura de 50 grados centígrados durante 4 horas. A continuación se realiza el análisis de la

cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de la uva y lograr la evaporización del agua presente en ella.

Cálculo del calor específico de la uva deshidratada osmóticamente:

En la Tabla III-16 se describe la composición de la uva deshidratada osmóticamente.

Tabla III-16

Composición fisicoquímica de la uva Moscatel de Tarija deshidratada osmóticamente

Componente	Resultado	Unidad
Materia Grasa	0,32	%
Carbohidratos	81,53	%
Cenizas	3,86	%
Proteína	1,42	%
Humedad	9,04	%

Fuente: CEANID, 2021.

Utilizando la Ecuación (3-21) y la equivalencia de $1\text{kJ} = 0,239006\text{ kcal}$ se encuentra el calor específico de la uva deshidratada osmóticamente a partir de los calores específicos de sus componentes (Tabla III-12) y sus fracciones (Tabla III-16):

$$C_{p_{\text{uva3}}} = X_w C_w + X_c C_c + X_{\text{pr}} C_{\text{pr}} + X_g C_g + X_z C_z$$

Donde:

$$X_w = 0,090$$

$$X_c = 0,815$$

$$X_{\text{pr}} = 0,014$$

$$X_g = 0,0032$$

$$X_z = 0,039$$

$$C_w = 1\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_c = 0,33460\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{pr}} = 0,38241\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_g = 0,40631 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_z = 0,19120 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{uva3}} = (0,090 * 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,815 * 0,33460 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,014 * 0,38241 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,0032 * 0,40631 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) + (0,039 * 0,19120 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C})$$

$$C_{p_{uva3}} = 0,377 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Calor específico de la uva deshidratada osmóticamente 0,377 Kcal/Kg°C

Calor total requerido en la etapa de secado de la uva deshidratada osmóticamente:

El calor total se puede calcular a partir de la Ecuación (3-18) (Lewis, 1993 citado en Guevara, 2022).

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q_T = \sum Q_i$$

Donde el $\sum Q_i$ es la suma de todos los calores en el secado de uva:

$$\sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{secado} = Q_{sensible\ uva3} + Q_{latente\ H2O}$$

Obteniendo el calor para la etapa de secado con la Ecuación (3-34):

$$Q_{secado} = m_{uva3} C_{p_{uva3}} (T_f - T_i) + m_{H2O} \lambda_{H2O} \quad \text{Ecuación (3-34)}$$

Datos:

$$m_{uva3} = 0,064 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$C_{p_{uva3}} = 0,377 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$T_f = 50^\circ\text{C}$$

$$T_i = 23^\circ\text{C}$$

$$m_{H2O} = 0,075 \text{ Kg (Anexo B)}$$

$$\lambda_{H2O} = 542,740 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C (Singh \& Heldman, 2009)}$$

$$Q_{\text{secado}} = 0,064 \text{ Kg} * 0,377 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (50^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}) + 0,075 \text{ Kg} * 542,740 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$Q_{\text{secado}} = 41,357 \text{ Kilocalorías}$$

El calor requerido para el secado de la uva deshidratada osmóticamente es de 41,357 Kilocalorías.

Energía consumida por la estufa durante el secado de la uva deshidratada osmóticamente:

El secado se realiza en la estufa Digiheat con una potencia de 1000 W durante 4 horas. La energía entregada por la estufa durante este periodo de tiempo se calcula a partir de la Ecuación (3-33) y la equivalencia según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) es de 1 Kcal/h = 1,163 W.

$$E_S = P_S * \Theta_S$$

Donde:

E_S = Energía entregada por la estufa

P_S = Potencia de la estufa

Θ_S = Tiempo de secado

Datos

$P_S = 1000 \text{ W}$

$\Theta_S = 4 \text{ horas}$

$$E_S = 1000 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ Kcal/h}}{1,163 \text{ W}} \right) * 4 \text{ horas}$$

$$E_S = 3439,381 \text{ Kilocalorías}$$

La energía que la estufa entrega al sistema durante el secado de la uva deshidratada osmóticamente es de 3439,381 Kilocalorías.

3.5.5 Calor total requerido para la obtención de uva deshidratada Moscatel

La cantidad de calor total se calcula a partir de la Ecuación (3-18):

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$Q_T = \sum Q_i$$

De esta manera se obtiene la Ecuación (3-35):

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Perm}} + Q_{\text{Ósmosis}} + Q_{\text{Secado}} \quad \text{Ecuación (3-35)}$$

Donde:

Q_{Perm} = Calor requerido durante la etapa de permeabilización de la uva.

$Q_{\text{Ósmosis}}$ = Calor requerido durante la etapa de deshidratación osmótica de la uva.

Q_{Secado} = Calor requerido durante la etapa de secado de la uva.

Datos:

$Q_{\text{Perm}} = 145,551$ Kilocalorías

$Q_{\text{Ósmosis}} = 48.983$ Kilocalorías

$Q_{\text{Secado}} = 41,357$ Kilocalorías

$$Q_{\text{Total}} = 145,551 \text{ Kilocalorías} + 39.145 \text{ Kilocalorías} + 41,357 \text{ Kilocalorías}$$

$$Q_{\text{Total}} = 235,891 \text{ Kilocalorías}$$

El calor necesario para la obtención de uva deshidratada es de 235,891 Kilocalorías.

3.5.6 Consumo de energía total para la obtención de uva deshidratada Moscatel

El consumo de energía total para la obtención de uva deshidratada, se calcula con la

Ecuación (3-36):

$$E_{\text{Total}} = E_a + E_s \quad \text{Ecuación (3-36)}$$

Donde:

E_a = Energía consumida por el agitador magnético durante la deshidratación osmótica

E_s = Energía consumida por la estufa durante el secado

Datos:

$$E_a = 2656,922 \text{ Kilocalorías}$$

$$E_s = 3439,381 \text{ Kilocalorías}$$

$$E_{\text{Total}} = 2656,922 \text{ Kilocalorías} + 3439,381 \text{ Kilocalorías}$$

$$E_{\text{Total}} = 6096,303 \text{ Kilocalorías}$$

Energía consumida en la obtención de uva deshidratada 6096,303 Kilocalorías

3.6 Resultados del diseño factorial 2^3 en la etapa de deshidratación osmótica de la uva Moscatel

Se estudia el efecto de las variables independientes sobre las variables dependientes durante el proceso de deshidratación osmótica de la uva. Se selecciona como variables independientes los siguientes factores:

- A = Proporción Fruta/Jarabe
- B = Grados Brix del jarabe
- C = Tiempo de inmersión

Se tiene como variables dependientes o variables respuesta a los siguientes parámetros:

- Ganancia de sólidos en la uva (%GS)
- Pérdida de agua en la uva (%WL)

Para el efecto de los factores A, B y C sobre las variables respuesta, se realizan 16 experimentos basados en las 8 combinaciones de estos factores y sus repeticiones, en la Tabla III-17 se describen las condiciones de trabajo para cada experimento, esta tabla se forma con datos extraídos de la Tabla II-3 (niveles de las variables independientes) y la Tabla II-4 (ocho combinaciones realizadas en la deshidratación osmótica).

Tabla III-17

Condiciones de trabajo en función de las variables independientes de los 16 experimentos realizados en la deshidratación osmótica

Número de Experimentos	Réplicas	Tiempo de inmersión (horas)	Grados Brix del Jarabe	Proporción Fruta/Jarabe
M1	R1	4	40	1/2
M2	R2	4	40	1/3
M3	R3	4	50	1/2
M4	R4	4	50	1/3
M5	R5	6	40	1/2
M6	R6	6	40	1/3
M7	R7	6	50	1/2
M8	R8	6	50	1/3

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los ocho experimentos y sus réplicas que se observan en la Tabla III-17 se realizan en un agitador magnético con calentador a una temperatura constante de 50°C y una velocidad de agitación constante de 350 rpm.

3.6.1 Resultados de la variable respuesta pérdida de agua en la uva durante la deshidratación osmótica

A partir de los datos experimentales obtenidos durante la deshidratación osmótica, y la ecuación de pérdida de agua según (Wu et al., 2024), se realiza el balance de materia para las 16 muestras (correspondientes a las ocho combinaciones y sus réplicas), el procedimiento y los resultados se detallan en el Anexo B y a partir de los mismos se forma la Tabla III-18 a continuación:

Tabla III-18*Resultados de pérdida de agua en la deshidratación osmótica de la uva*

Nº	Tiempo (horas)	Grados Brix	Proporción Fruta/Jarabe	Pérdida de agua (%WL)	Pérdida de agua (%WL) réplica
1	4	40	1/2	33.502	35.320
2	4	40	1/3	32.458	35.384
3	4	50	1/2	37.600	38.537
4	4	50	1/3	41.748	42.473
5	6	40	1/2	37.264	39.720
6	6	40	1/3	38.463	40.716
7	6	50	1/2	39.439	42.840
8	6	50	1/3	47.250	45.735

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6.2 Análisis estadístico de la variable respuesta pérdida de agua en la uva durante la deshidratación osmótica

Se analiza la variable respuesta porcentaje de pérdida de agua (%WL) para los ocho experimentos y sus réplicas (seguir en Tabla III-18), con el programa estadístico Statgraphics 19 para Windows, los resultados del análisis de varianza (ANOVA) arrojados por este programa se detallan en la Tabla III-19.

Tabla III-19*Análisis de varianza para porcentaje de pérdida de agua*

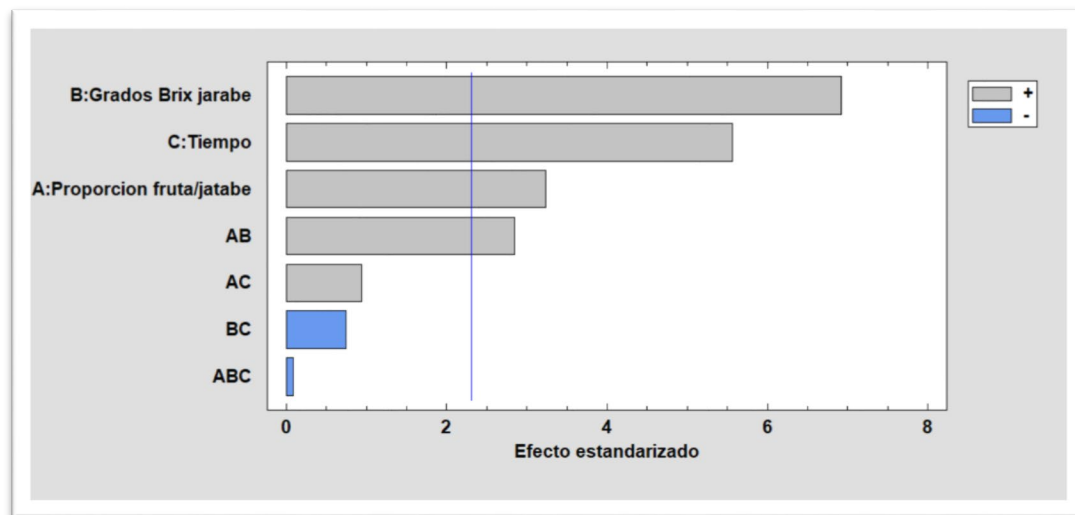
Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Valor-P
A:Proporcion fruta/jarabe	25,0125	1	25,0125	10,47	0,0120
B:Brix jarabe	114,463	1	114,463	47,89	0,0001
C:Tiempo	73,9815	1	73,9815	30,95	0,0005
AB	19,305	1	19,305	8,08	0,0217
AC	2,10033	1	2,10033	0,88	0,3760
BC	1,31848	1	1,31848	0,55	0,4789
ABC	0,0191131	1	0,0191131	0,01	0,9309
Error total	19,1201	8	2,39001		
Total (corr.)	255,32	15			

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Tabla III-19 se presentan los resultados del análisis de varianza, donde se puede observar que los factores A, B y C, así como su interacción AB, son relevantes en la variable respuesta, si se establece un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha=0,05$) y se considera que los factores e interacciones con un valor-p menor a 0,05 son estadísticamente significativos. En la Figura 3-15 se puede apreciar un poco más estos resultados en el diagrama de Pareto estandarizada para la variable respuesta.

Figura 3-15

Diagrama de Pareto estandarizado para porcentaje de pérdida de agua



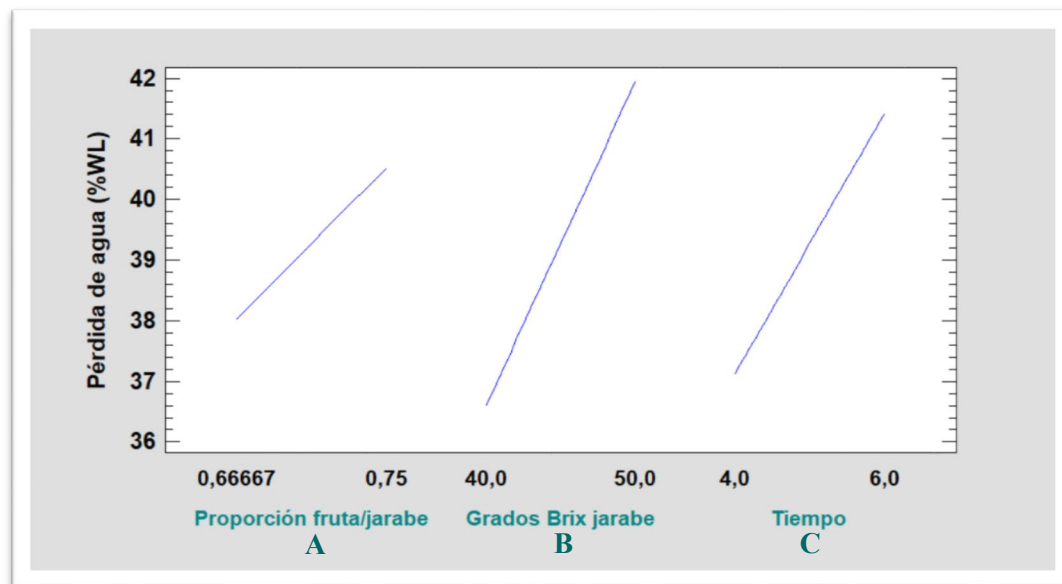
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-15 se marca el valor crítico con una línea azul donde los factores A, B y C junto a la interacción AB son relevantes al traspasar este límite, mientras que las interacciones AC, BC y ABC no son relevantes. A su vez la Figura 3-15 nos indica cómo los factores y las interacciones impactan a la respuesta, los factores y las interacciones color plomo aumentan el porcentaje de pérdida de agua mientras que los factores o las interacciones color azul lo disminuyen.

A continuación, la Figura 3-16 nos describe el comportamiento de los efectos principales para porcentaje de pérdida de agua.

Figura 3-16

Gráfica de efectos principales para porcentaje de pérdida de agua



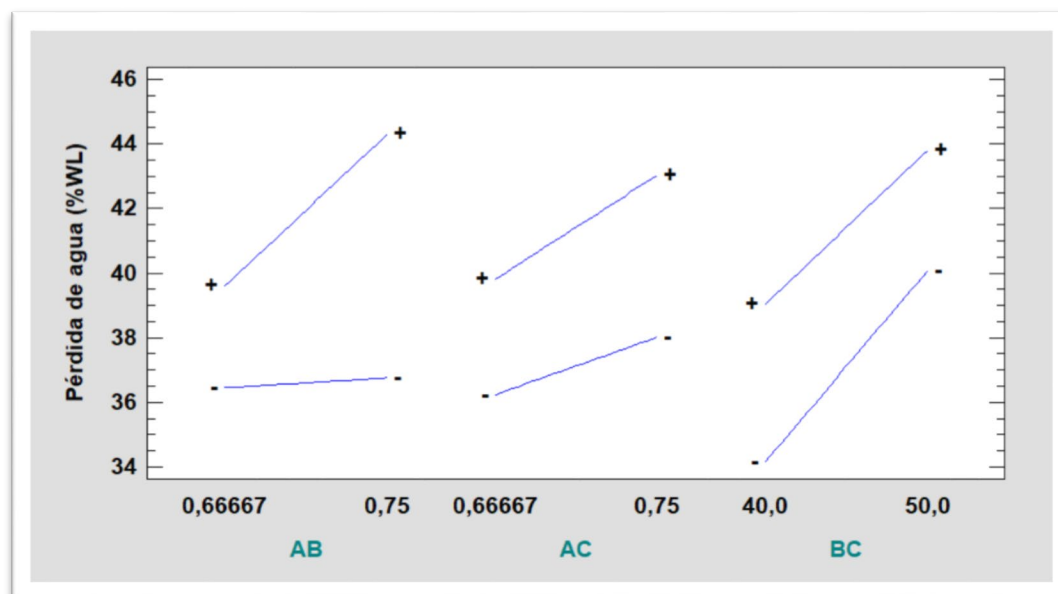
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-16 tenemos los factores A, B y C y sus pendientes con base a la variable respuesta de pérdida de agua, los tres factores tienen pendientes positivas por lo que los tres aumentan la variable respuesta. Como el factor B (grados Brix) tiene una línea y una pendiente mayor a la del factor A (proporción fruta/jarabe) y el factor C (tiempo), se puede deducir que tiene un mayor efecto en la variable respuesta.

En la Figura 3-17 se observan las interacciones de los factores con respecto al porcentaje de pérdida de agua.

Figura 3-17

Gráfica de interacción para porcentaje de pérdida de agua



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-17 se pueden ver las interacciones de los factores A, B y C, donde los factores que tienen ambas líneas paralelas o con pendientes parecidas, no interactúan entre sí, como es el caso de la interacción AC y BC. En el caso de tener pendientes diferentes existe interacción entre ambos factores, como sucede con la interacción AB.

3.6.3 Resultados de la variable respuesta ganancia de sólidos en la uva durante la deshidratación osmótica

A partir de los datos experimentales obtenidos durante el proceso de deshidratación osmótica, y utilizando la ecuación de ganancia de sólidos propuesta por (Wu et al., 2024), se realiza el balance de materia correspondiente a las 16 muestras (es decir, las ocho combinaciones y sus réplicas).

El procedimiento, así como los resultados se presentan en el Anexo B. Con base en estos resultados, se construye la Tabla III-20 que se muestra a continuación:

Tabla III-20

Resultados de ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica de la uva

Nº	Tiempo (horas)	Grados Brix	Proporción Fruta/Jarabe	Ganancia de sólidos (%GS)	Ganancia de sólidos (%GS) réplica
1	4	40	1/2	1.102	1.720
2	4	40	1/3	1.258	1.784
3	4	50	1/2	1.600	2.537
4	4	50	1/3	2.548	4.073
5	6	40	1/2	1.264	2.120
6	6	40	1/3	1.263	2.316
7	6	50	1/2	1.839	2.840
8	6	50	1/3	2.850	4.135

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6.4 Análisis estadístico de la variable respuesta ganancia de sólidos en la uva durante la deshidratación osmótica

Se analiza la variable respuesta ganancia de sólidos, con el programa estadístico Statgraphics 19 para Windows y los resultados se presentan a continuación en la Tabla III-21.

Tabla III-21

Análisis de varianza para porcentaje de ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica de la uva

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado Medio (CM)	Fcal	Valor-P
A: Proporción fruta/jarabe	1,69325	1	1,69325	3,24	0,1095
B: Grados Brix jarabe	5,754	1	5,754	11,02	0,0106
C: Tiempo inmersión	0,251252	1	0,251252	0,48	0,5076
AB	1,19629	1	1,19629	2,29	0,1686
AC	0,00257556	1	0,00257556	0,00	0,9457
BC	0,00232806	1	0,00232806	0,00	0,9484
ABC	0,00146306	1	0,00146306	0,00	0,9591
Error total	4,17848	8	0,52231		
Total (corr.)	13,0796	15			

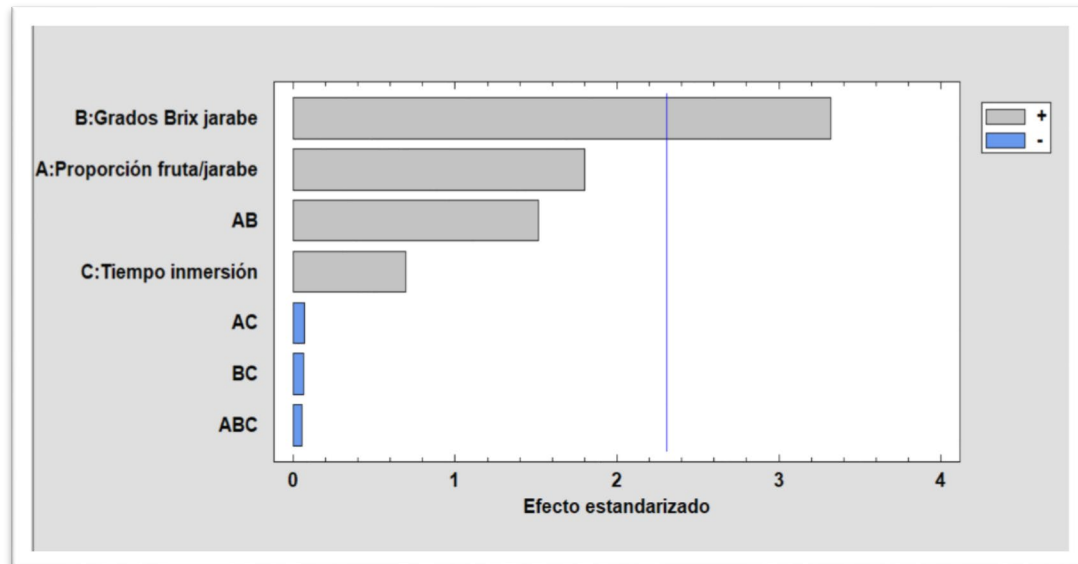
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para el análisis de varianza de la ganancia de sólidos se establece un umbral de significancia de 0,05 ($\alpha=0,05$). En la Tabla III-21 se resalta al factor B (grados Brix), cuyo valor-p es menor a 0,05, con color rojo, indicando que es el factor con mayor influencia sobre la variable respuesta, quedando el factor A, C y todas las interacciones sin relevancia importante sobre la variable respuesta.

En la Figura 3-18 se puede ver el diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de ganancia de sólidos.

Figura 3-18

Diagrama de Pareto estandarizada para porcentaje de ganancia de sólidos



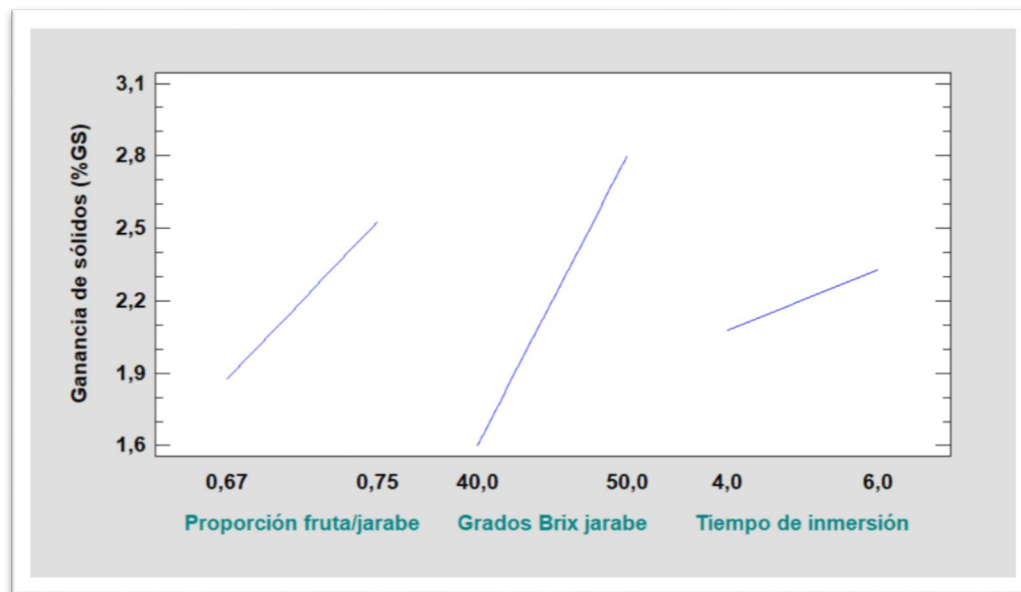
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Las variables que superan la línea azul de valor crítico tienen influencia representativa sobre la respuesta, como se ve en la Figura 3-18 solo el factor B tiene influencia sobre la respuesta y la forma en que este influye la dan los signos y el color de barra, las barras de color plomo tienen un efecto positivo sobre la variable respuesta lo que se puede interpretar que, a mayor concentración del jarabe en Brix, mayor será la ganancia de sólidos. También podemos observar las barras de color azul con signo negativo que indican un efecto inverso en la variable respuesta.

En la Figura 3-19 se presentan los efectos principales para el porcentaje de ganancia de sólidos.

Figura 3-19

Gráfica de efectos principales para porcentaje de ganancia de sólidos



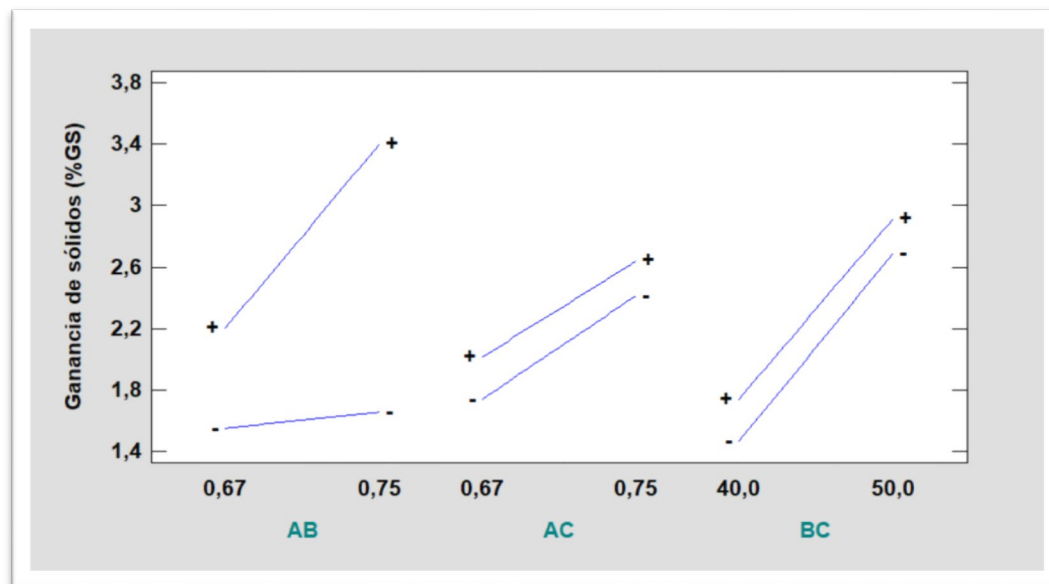
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-19 se muestra el efecto de los factores A, B y C sobre la variable respuesta de ganancia de sólidos, los tres factores tienen pendientes positivas por lo que los tres aumentan la variable respuesta. Se observa que el factor B tiene una línea y una pendiente mayor a la del factor A y factor C, lo que indica que tiene un mayor efecto en la variable respuesta.

En la Figura 3-20 se observan las interacciones de los factores con respecto al porcentaje de ganancia de sólidos.

Figura 3-20

Gráfica de interacción para porcentaje de ganancia de sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-20 se puede observar que los factores AC y BC no interactúan entre sí al tener pendientes similares y que solo los factores A y B al tener pendientes diferentes interactúan entre sí de la siguiente manera: Cuando el factor B está en su nivel inferior, el factor A casi no tiene un efecto sobre la variable respuesta, en cambio cuando el factor B está en su nivel superior el factor A juega un rol importante sobre la variable respuesta, por lo que podemos observar que la importancia del factor A depende del nivel en el que el factor B se encuentre.

3.7 Evaluación sensorial del producto obtenido uva deshidratada Moscatel de Tarija

Se define el análisis o evaluación sensorial como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos, percibidas a través de los sentidos del gusto, vista, olfato, oído y tacto (González Regueiro, 2014).

Para esta investigación las muestras evaluadas fueron los productos (uva deshidratada) obtenidos de las ocho combinaciones del diseño factorial 2^3 realizado para la deshidratación osmótica de la uva (seguir en Tabla III-7). El objetivo de esta evaluación fue conocer la aceptabilidad de cada producto y seleccionar el producto final que es el que tiene la mejor valoración. El método utilizado se denomina Escala Hedónica de nueve puntos.

La escala hedónica de nueve puntos consiste en una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un punto neutro. El consumidor marca la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto. Esta escala fue desarrollada por Peryam y Girardot a mediados del siglo XX. (González Regueiro, 2014).

En la Tabla III-22 se observa la tabla de escala hedónica utilizada durante la evaluación.

Tabla III - 22

Escala Hedónica

9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Fuente: González Regueiro, 2014.

Se encuesta a 20 jueces para calificar los atributos de color, sabor, textura y olor de las ocho muestras de uva deshidratada Moscatel obtenidas como producto. A partir de las valoraciones obtenidas del análisis sensorial se realiza también un análisis estadístico de varianza Fisher en el programa Excel 2013, los resultados de ambos análisis se presentan en el Anexo E.

En la Tabla III-23 se observan las calificaciones promedio del análisis sensorial durante la evaluación del atributo color, datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-23

Calificaciones promedio del análisis sensorial para el atributo color

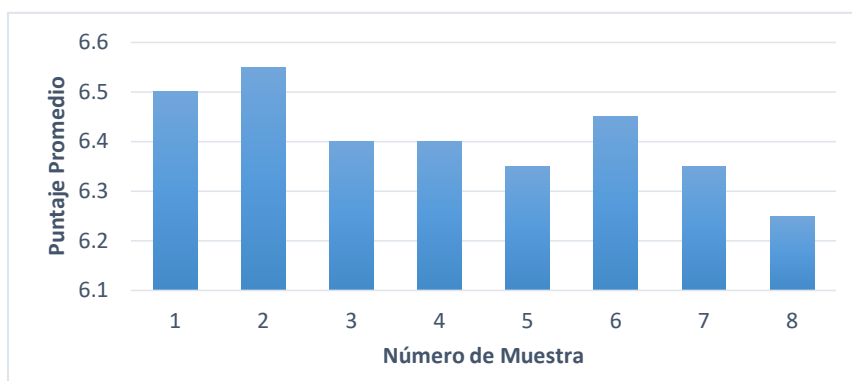
Muestra	Puntaje promedio
1	6,50
2	6,55
3	6,40
4	6,40
5	6,35
6	6,45
7	6,35
8	6,25

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La representación gráfica de los valores de la Tabla III-23 se muestra en la Figura 3-21 a continuación:

Figura 3 -21

Resultados promedio del análisis sensorial para el atributo color



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La muestra con mayor promedio en el análisis sensorial en cuanto al atributo color es la muestra número 2, con un valor de 6,55 y registrando comentarios sobre una tonalidad un poco más clara con respecto a las demás.

En la Tabla III-24 se observa el análisis estadístico para el atributo color a partir de datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-24

Análisis estadístico de varianza para el atributo color

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	60,59	159			
Muestras	1,24	7	0,18	0,63	2,09
Jueces	19,72	19	1,04	3,67	1,68
Error	39,63	133	0,28		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo al análisis realizado, para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que el valor obtenido de Fisher calculado es menor al valor de Fisher tabulado ($0,63 < 2,09$).

En la Tabla III-25 se observan las calificaciones promedio del análisis sensorial para el atributo sabor, datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-25

Calificaciones promedio del análisis sensorial para el atributo sabor

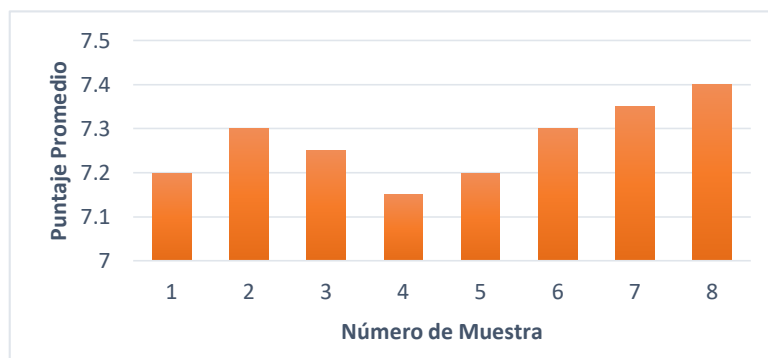
Muestra	Puntaje promedio
1	7,20
2	7,30
3	7,25
4	7,15
5	7,20
6	7,30
7	7,35
8	7,40

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-22 podemos observar la representación gráfica de los valores de la Tabla III-25.

Figura 3 - 22

Resultados promedio del análisis sensorial para el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-22 se puede ver a la muestra número 8 con un promedio de 7,40, siendo el más elevado para el atributo sabor, registrando comentarios sobre mayor dulzor y un sabor a uva más presente.

En la Tabla III-26 se observa el análisis estadístico para el atributo sabor a partir de datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-26

Análisis estadístico de varianza para el atributo sabor

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	69,44	159,00			
Muestras	0,99	7,00	0,14	0,50	2,09
Jueces	28,32	19,00	1,49	5,20	1,68
Error	40,13	133,00	0,29		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo al análisis realizado, para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que el valor obtenido de Fisher calculado es menor al valor de Fisher tabulado ($0,50 < 2,09$).

En Tabla III-27 se observan los puntajes promedio del análisis sensorial para el atributo textura, datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-27

Calificaciones promedio del análisis sensorial para el atributo textura

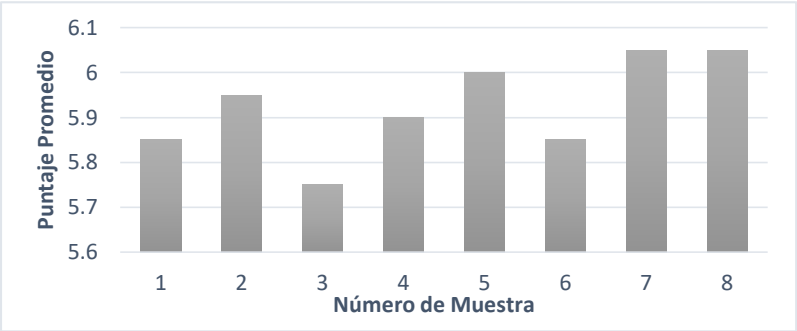
Muestra	Puntaje promedio
1	5,85
2	5,95
3	5,75
4	5,90
5	6
6	5,85
7	6,05
8	6,05

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En base a los datos de la Tabla III-27, se crea la siguiente Figura 3-23.

Figura 3 - 23

Resultados promedio del análisis sensorial para el atributo textura



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-23 se puede apreciar que las muestras 7 y 8 obtuvieron el mismo promedio de 6,05, siendo la textura más agradable para el público.

En la Tabla III-28 se observa el análisis estadístico para el atributo textura a partir de datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-28*Análisis estadístico de varianza para el atributo textura*

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	63,10	159,00			
Muestras	1,60	7,00	0,23	1,11	2,09
Jueces	32,60	19,00	1,72	8,31	1,68
Error	28,90	133,00	0,21		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo al análisis realizado, para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que el valor obtenido de Fisher calculado es menor al valor de Fisher tabulado ($1,11 < 2,09$).

En la Tabla III-29 se observan los puntajes promedio del análisis sensorial para el atributo olor, datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-29*Calificaciones promedio del análisis sensorial para el atributo olor*

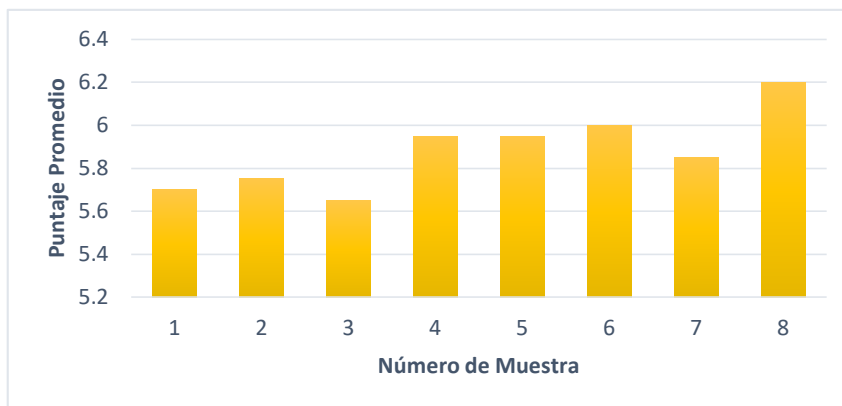
Muestra	Puntaje promedio
1	5,70
2	5,75
3	5,65
4	5,95
5	5,95
6	6
7	5,85
8	6,20

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de los datos de la Tabla III-29 se forma la Figura 3-24.

Figura 3 - 24

Resultados promedio del análisis sensorial para el atributo olor



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-24, se ve a la muestra número 8 como la mejor evaluada con un promedio de 6,20 para el atributo olor.

En la Tabla III-30 se observa el análisis estadístico para el atributo olor a partir de datos extraídos del Anexo E.

Tabla III-30

Análisis estadístico de varianza para el atributo olor

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	72,74	159,00			
Muestras	4,59	7,00	0,66	2,01	2,09
Jueces	22,37	19,00	1,18	3,60	1,68
Error	45,78	133,00	0,33		

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo al análisis realizado, para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ se concluye que: No existe diferencia significativa entre las características evaluadas puesto que el valor obtenido de Fisher calculado es menor al valor de Fisher tabulado ($2,01 < 2,09$).

La Tabla III-31 engloba los valores promedio de los cuatro atributos sometidos a la evaluación sensorial.

Tabla III - 31

Resultados promedio del análisis sensorial para las ocho muestras de uva deshidratada

Muestra	Color	Sabor	Textura	Olor	Puntaje promedio total
1	6,50	7,20	5,85	5,70	25,25
2	6,55	7,30	5,95	5,75	25,55
3	6,40	7,25	5,75	5,65	25,05
4	6,40	7,15	5,90	5,95	25,40
5	6,35	7,20	6,00	5,95	25,50
6	6,45	7,30	5,85	6,00	25,60
7	6,35	7,35	6,05	5,85	25,60
8	6,25	7,40	6,05	6,20	25,90

Fuente: Elaboración propia, 2024

En la Tabla III-31 podemos observar el puntaje promedio que obtuvo cada muestra para los 4 atributos evaluados, también se sumaron estos promedios para obtener el puntaje total de cada muestra, teniendo la número ocho un valor total de 25,90 puntos, siendo la mejor valorada por el público y la muestra seleccionada.

3.8 Curva de secado de la uva Moscatel deshidratada osmóticamente

Se analiza una muestra con las mismas condiciones de deshidratación osmótica del experimento número ocho, el cual obtuvo mayor aceptación en el análisis sensorial. Los datos se obtienen de manera experimental, ingresando la uva que sale de la deshidratación osmótica, a la estufa Digiheat, y tomando pesajes cada 30 minutos durante el secado hasta conseguir un valor constante en la masa. A partir de estos datos se encuentra la humedad de la uva en base seca mediante la Ecuación (3-37) (Martines & Leonel, 2010).

$$X = \frac{m_t - m_{ss}}{m_{ss}} \quad \text{Ecuación (3-37)}$$

Donde:

X= Contenido de humedad en base seca (Kg de agua/Kg sólido seco)

m_i = Masa de uva deshidratada osmóticamente que ingresa a la estufa

m_{ss} = Masa de sólido de uva seca que sale de la estufa

Los cálculos y resultados obtenidos se detallan en el Anexo B, del cual se extrae la Tabla III-32 que muestra los pesajes en la uva durante el secado en estufa con respecto al tiempo y los resultados de humedad de la uva en base seca.

Tabla III - 32

Resultados de humedad de la uva en base seca

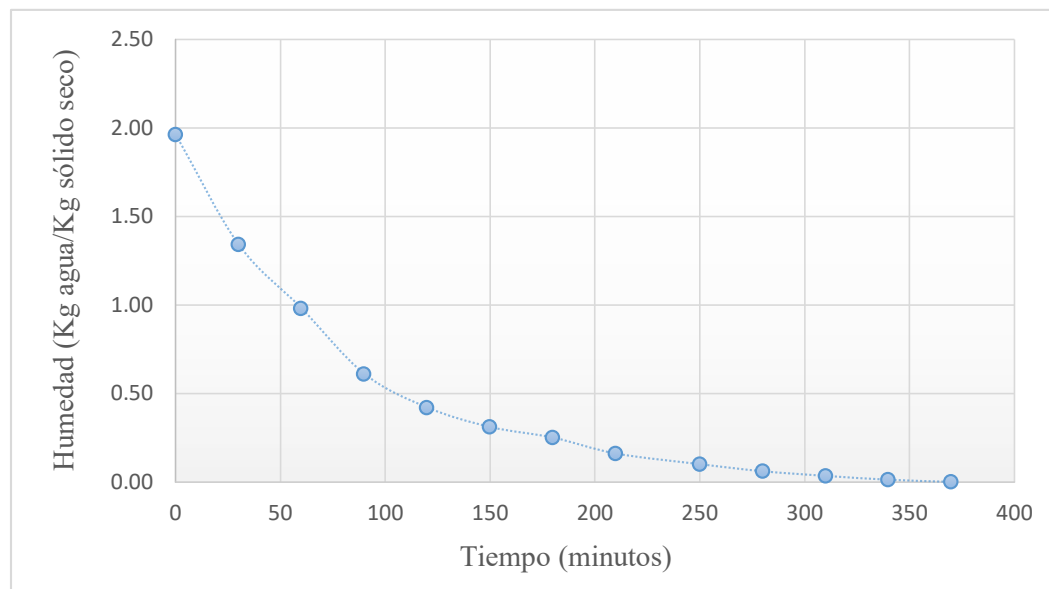
Masa (gramos)	Tiempo (min)	X (Kg de agua/Kg sólido seco)
142	0	1,96
112	30	1,34
95	60	0,98
77	90	0,61
68	120	0,42
63	150	0,31
60	180	0,25
56	210	0,16
53	250	0,10
51	280	0,06
49	310	0,03
48	340	0,01
48	370	0,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 3-25 podemos observar cómo se comporta la humedad de la uva durante el secado en estufa en base seca con respecto al tiempo.

Figura 3 - 25

Variación de la humedad de uva en base seca con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se puede apreciar en la Figura 3-25, se presenta una brusca bajada de la humedad durante los primeros minutos de secado, en donde se seca primeramente la humedad de la superficie saturada de la uva, para finalmente terminar evaporándose en los siguientes minutos el agua contenida dentro de la uva.

3.9 Caracterización del producto final uva deshidratada Moscatel

Para la caracterización de la uva deshidratada Moscatel se realizan los siguientes análisis:

3.9.1 Análisis fisicoquímico de la uva deshidratada Moscatel

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de la uva deshidratada Moscatel se realiza en el laboratorio CEANID en base a los métodos y técnicas expuestos a continuación en la Tabla III-33.

Tabla III-33*Métodos y técnicas del análisis fisicoquímico de la uva deshidratada Moscatel*

Parámetros	Método	Técnica	Unidad
Materia Grasa	Gravimetría	Soxhlet NB 228:98	%
Carbohidratos	Cálculo	Cálculo indirecto	%
Humedad	Gravimetría	Secado en estufa NB 313010:05	%
Fibra	Gravimetría	Digestión Acido-Base	%
Valor energético	Cálculo	Cálculo indirecto	Kcal/100g
Cenizas	Gravimetría	Calcinación en mufla NB 38025:06	%
Proteína	Volumetría	Digestión Valoración NB/ISO 8968-1:08	%
Azúcares totales	Fehling-Causse-Bonnans	NB 38033:06	%

Fuente: CEANID, 2021.

Los resultados del análisis fisicoquímico de la uva deshidratada Moscatel se presentan en la Tabla III-34, seguir en Anexo C.

Tabla III-34*Análisis fisicoquímico de la uva deshidratada Moscatel*

Componentes	Resultado	Unidad
Valor energético	334,68	Kcal/100g
Materia Grasa	0,32	%
Carbohidratos	81,53	%
Humedad	9,04	%
Fibra	3,83	%
Cenizas	3,86	%
Proteína (Nx6.25)	1,42	%
Azúcares totales	54,19	%

Fuente: CEANID, 2021.

En la Tabla III-34 se muestran los parámetros fisicoquímicos de la uva deshidratada Moscatel cuyos resultados son: valor energético 334,68 Kilocalorías en 100 gramos; materia grasa 0,32 %; carbohidratos 81,53 %; humedad 9,04 %; fibra 3,83 %; cenizas 3,86 %; proteína 1,42 % y azúcares totales 54,19 %.

3.9.2 Análisis microbiológico de la uva deshidratada Moscatel

Los parámetros microbiológicos de la uva deshidratada Moscatel fueron analizados en el laboratorio CEANID en base a los métodos y técnicas expuestos en la Tabla III-35.

Tabla III-35*Métodos y técnicas del análisis microbiológico de la uva deshidratada Moscatel*

Característica	Método	Técnica	Unidad
Coliformes termoresistentes	Placa fluida	Recuento de placa NB 32005:02	UFC/g
Coliformes totales	Placa fluida	Recuento de placa NB 32005:02	UFC/g
Mohos y levaduras	Placa fluida	Recuento de placa NB 32006:03	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021.

Los resultados del análisis microbiológico de la uva deshidratada Moscatel se presentan en la Tabla III-36, seguir en Anexo C.

Tabla III-36*Análisis Microbiológico de la uva deshidratada Moscatel*

Parámetros	Resultado	Unidad
Coliformes termoresistentes	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g
Coliformes totales	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g
Mohos y Levaduras	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021.

Como podemos observar en la Tabla III-36 los resultados de los parámetros microbiológicos de la uva deshidratada Moscatel son: coliformes termoresistentes con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo); coliformes totales con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g y mohos y levaduras con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g. Los tres parámetros obtuvieron valores favorables donde no se muestra desarrollo de colonias.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Finalizado el trabajo experimental de obtención de uva deshidratada Moscatel mediante deshidratación osmótica, se llegan a las siguientes conclusiones:

- El producto obtenido a través de la deshidratación osmótica requiere de un secado complementario para cumplir con la normativa CODEX, 1981 vigente para uva pasa, que establece una humedad menor a 31 % en pasa de Moscatel.
- De acuerdo a los análisis fisicoquímicos realizados a la uva Moscatel de Tarija, ésta contiene en su composición: valor energético 75,76 Kcal/100 g, materia grasa no detectada, carbohidratos 18,11 %, humedad 79,91 %, fibra 0,60 %, cenizas 0,55 %, proteína 0,83 % y azúcares totales 14,98 %.
- De acuerdo a los análisis microbiológicos realizados, la uva Moscatel de Tarija presenta: coliformes termoresistentes con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g y coliformes totales con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g.
- Se diseña el proceso experimental 2^3 para la etapa de deshidratación osmótica, donde el análisis estadístico de sus factores; proporción fruta/jarabe, concentración del jarabe y tiempo de inmersión, señala como principal factor significativo en la pérdida de humedad de la uva, a la concentración del Jarabe, para un nivel de significancia de 0,05. Teniendo también, una influencia positiva aunque menos importante en la pérdida de agua en la uva; la proporción fruta/jarabe, el tiempo de inmersión y la interacción entre proporción fruta/jarabe y concentración del jarabe.
- El análisis estadístico aplicado a la ganancia de sólidos, con un valor de significancia de 0,05, apunta a los grados Brix en el jarabe como único factor relevante para el aumento de sólidos en la uva durante la deshidratación osmótica.

- Se evalúa el comportamiento del peso de la uva en la etapa de deshidratación osmótica, mostrando que la mayor pérdida de peso se obtiene dentro de las primeras dos horas del proceso. Se analiza a su vez la disminución de los grados Brix en el jarabe, mostrando un comportamiento similar, pero revelando un estancamiento en la reducción a partir de la hora 3, teniendo en algunos casos un aumento en los Brix del jarabe a partir de esta hora.
- El balance de materia realizado al proceso de elaboración de uva deshidratada permite obtener los siguientes resultados: a partir de una masa inicial de 250 gramos de uva fresca se puede obtener 64 gramos de uva deshidratada. El balance de energía nos muestra un calor necesario para la elaboración de uva deshidratada Moscatel de 235,891 Kilocalorías y una energía consumida de 6096,303 Kilocalorías.
- El producto mejor valorado mediante el análisis sensorial, es la muestra ocho, elaborada en las condiciones: 50 grados Brix en el jarabe, proporción de fruta y jarabe de 1/3 y tiempo de inmersión de 6 horas. El puntaje alcanzado para esta muestra está entre 6,05-7,4, ubicado en la escala hedónica como un gusto leve a moderado.
- La composición fisicoquímica de la uva deshidratada Moscatel es: valor energético 334,68 Kcal/100 g, materia grasa 0,32 %, carbohidratos 81,53 %, humedad 9,04 %, fibra 3,83 %, cenizas 3,86 %, proteína 1,42 %, azúcares totales 54,19 %. Mostrándose como un producto con buenas características para su consumo.
- La composición microbiológica que presenta la uva deshidratada Moscatel es: coliformes termoresistentes con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g, coliformes totales con valor menor a $1,0 \times 10^1$ UFC/g y mohos y levaduras con valor menor

a $1,0 \times 10^1$ UFC/g. Siendo un producto estable donde no se observa desarrollo de colonias

4.2 Recomendaciones

Finalizado el trabajo de investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Mantener un riguroso control de factores constantes (temperatura 50°C, agitación 350 rpm) y ambientales para asegurar la reproducibilidad de los resultados, debido a que en la investigación se observa que pequeñas interferencias en temperatura pueden afectar los pesos en la uva, y la agitación puede generar daño en la estructura con las horas para niveles muy elevados.
- Ampliar la brecha entre niveles de factores (ejemplo: 40°Brix – 60 °Brix) para mejorar la detección de efectos significativos y reducir la interferencia de variables no controladas.
- Optimizar el pretratamiento de permeabilización de la uva, probando nuevos niveles de solución alcalina a menor concentración con diferentes tiempos, investigar el uso de mayores concentraciones de ácido cítrico en la neutralización, todo esto con el objetivo de lograr un adelgazamiento más controlado de la cáscara sin comprometer la integridad estructural, suavizar y tener mayor cohesión textural en el producto final.
- Aunque la normativa CODEX, 1981 establece humedad final de 31% para uva pasa Moscatel, durante el presente estudio se observa que valores en ese rango generan un producto con apariencia húmeda, pegajosa y poco atractiva sensorialmente. Por ello, se recomienda trabajar con humedades entre 10 a 15 %, ya que en este intervalo la uva presenta mejor brillo, firmeza y estabilidad.