



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Tema: Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de uvilla (*Physalis peruviana* L) en polvo.

Trabajo de Titulación, Modalidad: Proyecto de Investigación, previa a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: Aracelly Maribel Perrazo Colcha

Tutor: Orestes Darío López Hernández Ph.D.

Ambato - Ecuador

Marzo - 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ph.D. Orestes Darío López Hernández

CERTIFICO:

Que el presente de trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 10 de Enero 2018



Ph.D. Orestes Darío López Hernández

C.I. 1754784864

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Aracelly Maribel Perrazo Colcha, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Aracelly Maribel Perrazo Colcha

CI. 180419749-7

AUTORA

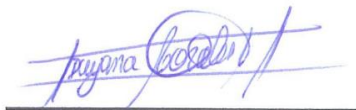
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ph.D. Dayana Cristina Morales Acosta

CI. 180413557-0



MSc. Giovanna Victoria Castillo Fernández

CI. 180389187-6

Ambato, 20 de febrero del 2018

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

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



Aracelly Maribel Perrazo Colcha

CI. 180419749-7

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido el que me ha guiado en el transcurso de mi vida.

A mi madre Rosa quien ha sido mi apoyo fundamental en mi vida personal y estudiantil.

A mis dos ángeles que se encuentran en el cielo sé que estarán orgullosos de mí.

A mi compañero de vida Freddy y a mi hijo Sebastian quienes fueron el motor para salir adelante.

*Pon en manos del
Señor todas tus obras,
y tus proyectos se cumplirán.*

Proverbios 16:3

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía fundamental y por poner en sus manos este proyecto de investigación.

A la Universidad Técnica de Ambato por los laboratorios e instalaciones prestadas para la realización de esta investigación.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor Ph.D. Orestes Darío López Hernández por su apoyo, y paciencia, en la realización de esta investigación.

A mis calificadores de la tesis Ph.D. Dayana Morales y MSc. Geovanna Castillo por su guía y dedicación en la realización de esta investigación.

Índice general de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1. Tema de investigación.....	3
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes investigativos	5
2.2. Hipótesis	7
2.3. Señalamiento de las variables de hipótesis	7
2.3.1. Variable dependiente.....	7
2.3.2. Variable independiente.....	7
CAPÍTULO III	8
MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Materiales	8
3.2. Métodos	8
3.2.1. Determinación de sólidos solubles totales	8
3.2.2. Cuantificación de carbohidratos totales en la pulpa de uvilla	8

3.2.3. Secado por Aspersión de la pulpa de uvilla	9
3.2.4. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes de secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador.	9
3.2.5. Rendimiento	12
3.2.6. Diseño experimental	12
3.2.7. Evaluación sensorial y físico-química del producto.....	12
CAPITULO IV	15
RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1. Análisis y discusión de resultados	15
4.1.1. Determinación del contenido de Sólidos solubles en pulpa de uvilla	15
4.1.2 Contenido de carbohidratos en la pupa de uvilla	15
4.1.3. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes de secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida del secador.....	17
4.1.4. Rendimiento de la pulpa de uvilla secada por aspersión	23
4.1.5. Análisis Estadístico.....	24
4.1.6. Evaluación sensorial y físico-química de producto.....	25
CAPITULO V	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
5.1. Conclusiones.....	30
5.2. Recomendaciones.....	31
Bibliografía	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de secado (ai) para cada compuesto.....	11
Tabla 2. Datos de Absorbancia para la curva de calibración.....	15
Tabla 3. Datos de absorbancia para pulpa de uvilla.....	16
Tabla 4. Relación de temperaturas e índices determinados para la pulpa de uvilla.....	21
Tabla 5. Rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo.....	22
Tabla 6. ANOVA para el Rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo.....	23
Tabla 7. Porcentaje de humedad del producto en polvo (pulpa de uvilla más maltodextrina.....	28
Tabla 8. Datos del contenido de Polifenoles en la pulpa de uvilla.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de calibración de glucosa por el método fenol-sulfúrico.....	15
Figura 2. Termograma de la mezcla.....	16
Figura 3. Rendimientos obtenidos para la pulpa de uvilla en polvo.....	23
Figura 4. Diferencias de preferencia de la pulpa de uvilla en polvo.....	24
Figura 5. pH de la pulpa de uvilla en polvo durante 4 semanas.....	26

RESUMEN

La pulpa de uvilla (*Physalis peruviana* L) tiene un alto valor nutritivo. El secado por aspersion es uno de los métodos más usados por las industrias alimenticias para conservar las propiedades nutricionales de los alimentos. En el presente trabajo se estudió las condiciones óptimas para el secado por aspersion de la pulpa de uvilla, el objetivo fue determinar las concentraciones adecuadas de los coadyuvantes del secado: maltodextrina y almidón soluble de papa, también se determinó las temperaturas de entrada y salida del proceso y se evaluaron las características físicas y químicas del producto terminado. Las concentraciones adecuadas de maltodextrina y almidón soluble de papa fueron 75 y 57 % respectivamente, la temperatura de entrada y salida en el secador fue de 140 y 80 °C. De acuerdo a las concentraciones calculadas se determinó el rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo dando un valor de 36,07 % utilizando el coadyuvante de secado almidón de papa soluble y 75,87 % en el caso de maltodextrina el cual fue el mejor tratamiento. Las características físico-químicas se determinaron para el mejor tratamiento obteniendo como resultados una humedad de 1,56 – 3,85 % y pH 3,85 – 3,46 en un lapso de 4 semanas, solubilidad 86 %, carbohidratos totales 54,2 % y polifenoles totales 0,21 g GAE/100g de pulpa de uvilla en base seca. Gracias a estas características se espera que el polvo de uvilla obtenido mediante secado por aspersion sea un ingrediente con una mejor resistencia a las condiciones ambientales prolongando el tiempo de vida útil.

Palabras claves: secado por aspersion, pulpa de uvilla, maltodextrina, almidón soluble de papa, características físico – químicas.

ABSTRACT

The gooseberry pulp (*Physalis peruviana* L) has a high nutritional value. Spray drying is one of the most used methods by food industries to preserve the nutritional properties of food. In the present work studied the optimal conditions for the spray drying of the goosberry pulp, the objective was to determine the adequate concentrations of the drying coadjuvants: maltodextrin and soluble potato starch also the temperatures of entry and exit of the process were determined and the physical chemical characteristics of the finished product were evaluated. The adequate concentrations of maltodextrin and soluble potato starch were 75 and 56 % respectively, the inlet and outlet temperatures in the dryer were 140 and 80 °C. According to the calculated concentrations, the yield of the powdered gooseberry pulp was determined giving a value of 36,07 % of soluble starch and 75,87 % of maltodextrin, which was the best treatment. The physicochemical characteristics were only carried out for the best treatment, giving a humidity of 1,56 – 3,85 % and pH 3,85 – 3,46, in a span of four weeks, solubility 86 %, total carbohydrates 54,2 % and total poly phenols 0.21 gGAE/100g of gooseberry pulp.

Thanks to these characteristics it is expected that the dust of goosberry obtained by spray drying is an ingredient with better resistance to environmental conditions extending the useful life.

Keywords: Goosberry pulp, maltodextrin, soluble potato starch, inlet and outlet temperatures

INTRODUCCIÓN

El secado por aspersión es una técnica que surgió en el año 1930, cuando las industrias alimenticias dedicadas a la producción de sabores iniciaron el uso del secado por aspersión con el fin de proteger componentes volátiles con la ayuda de un material adecuado. Este proceso se ha convertido en el método predominante para la producción de ingredientes alimenticios encapsulados debido a la disponibilidad de equipo, viabilidad económica y facilidad para escalar los procesos **(Gharsallaoui et al., 2007)**.

Los principales parámetros a tomar en cuenta en el proceso de secado por aspersión son: Temperatura de entrada, temperatura de salida, caudal del aspirador, temperatura de transición vítrea y la temperatura de apelmazamiento.

La técnica de secado por aspersión nos permite microencapsular sustancias tanto sólidas como líquidas para preservar y/o proteger diferentes ingredientes comerciales. Este método es ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, bioquímica y de alimentos ya que permite trabajar con sustancias termolábiles y termo resistentes hidrosolubles e insolubles en agua y con polímeros hidrofílicos e hidrofóbicos, siendo la técnica de secado por aspersión el más económico en la actualidad **(López Hernández & Gonzáles Morla, 2008)**.

Con respecto a la encapsulación de ingredientes alimenticios, esta se puede hacer para un ingrediente de una composición de los alimentos (como los sabores, colorantes etc.), así como para el alimento en su conjunto (por ejemplo, el chocolate, pulpas de frutas etc.). La tecnología de encapsulación se categoriza como macro, micro o nanoencapsulación, esto depende del tamaño de partícula a obtener **(Anandharamakrishnan & Ishwarya 2015)**.

La pulpa de uvilla utilizada como la sustancia a encapsular es un fruto que pertenece a la familia de las solanáceas, cuenta con más de 80 variedades que se encuentran en estado silvestre. Una de sus características principales es que

sus frutos están encerrados dentro de un capuchón. La uvilla originaria de los andes suramericanos es la especie más conocida de este género, contiene un alto contenido de vitaminas A y C, además de hierro y fósforo **(Brito, 2006)**.

La uvilla posee características de buen aroma, sabor dulce y propiedades medicinales entre ellas la de purificar la sangre, ser un calcificador, reconstructor del nervio óptico, eliminación de la albumina de los riñones, entre otros beneficios **(Rosero, 2007)**.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de investigación

Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en polvo.

1.2. Justificación

En la actualidad, el interés por obtener productos alimenticios con altos niveles de nutrientes y satisfacer necesidades en la población ha llevado a la industria y a la academia a investigar diferentes fuentes naturales de las cuales se puedan conseguir beneficios directos hacia la salud y nutrición de las personas.

Según **Medina G, (2006)**, en su trabajo de titulación: “Determinación del potencial nutritivo y nutracéutico de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana* L)”, indica que este tipo de uvilla es un fruto con alto contenido de proteínas, azúcares, vitaminas (A, B y C), fibra, fósforo, hierro, potasio y calcio. Debido a la gran cantidad de minerales que la uvilla ecuatoriana posee la convierte en un fruto de mucho interés gracias a los beneficios que podría aportar al cuerpo humano. Por estas razones en esta investigación se busca crear un ingrediente de alto valor nutritivo utilizando esta fruta mediante la técnica de secado por aspersión.

El secado por aspersión se basa en obtener un producto en polvo, a partir de un material líquido concentrado que se pulveriza finamente formando una niebla que entra en contacto con una corriente de aire caliente que actúa como medio calefactor y fluido de transporte (**Orrego, 2003**).

Se aplicará este método utilizando la pulpa de uvilla la cual actúa como el material líquido concentrado, para producir un polvo que tiene como objetivo ampliar el uso de la pulpa y alargar su vida útil gracias a la protección de los polímeros que se utilizarán (maltodextrina y almidón soluble de papa). Esto diversifica el uso de la pulpa de uvilla ya que se puede aplicar en la fabricación

de suplementos nutricionales, alimentos procesados, etc. Aportando a estos productos sus vitaminas y minerales esenciales para el buen funcionamiento del cuerpo humano

Según **Parra Huertas (2011)**, el polvo obtenido del secado por aspersión ayuda a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaque mejorando el sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos. Gracias a estas ventajas, el polvo de uvilla obtenido mediante secado por aspersión, será un ingrediente con mejor resistencia a las condiciones ambientales prolongando su tiempo de vida útil. Además representará una gran ventaja al momento de transportar ya que se pueden reducir costos con relación a las condiciones necesarias para el transporte de la pulpa de uvilla en estado líquido.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Estudiar el proceso de secado por aspersión de pulpa de uvilla.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones adecuadas de los coadyuvantes del secado: maltodextrina y almidón soluble de papa que permitan obtener un producto en polvo.
- Determinar las temperaturas de entrada y salida del proceso de secado por aspersión.
- Evaluar las características organolépticas y físico químicas del producto terminado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

La uvilla *Physalis peruviana* L. es un fruto que pertenece a la familia de las solanáceas, posee un tallo quebradizo de color verde, sus hojas son enteras, con una raíz fibrosa que se encuentra a más de 60 cm de profundidad en el suelo **(Calvo, 2009)**. Contiene una buena fuente de compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, provitamina A, que podría proporcionar efectos fisiológicos en la salud **(Repo et al., 2012)**, además contiene propiedades nutricionales que brinda la capacidad antioxidante que previene el daño agudo ocasionado por los radicales libres que son metabolitos secundarios de los procesos oxidativos normales de las células, los cuales causan enfermedades en el ser humano **(Ramírez et al., 2012)**.

El secado por aspersion es un proceso unitario para secar productos químicos, farmacéuticos, médicos, biológicos y alimenticios y así obtener productos en polvo. Este método es muy utilizado en la industria de alimentos y para conservar los nutrientes por más tiempo, durante el proceso de secado por aspersion los alimentos pueden modificar sus propiedades sensoriales o medicinales, para evitar esto se utiliza materiales encapsulantes que funcionan como recubrimientos **(Palomares et al., 2016)**, en este estudio los encapsulantes utilizados fueron maltodextrina DE-10 y almidón soluble de papa.

Según **Yañez et al., (2002)** menciona que los agentes encapsulantes de pared utilizados en el secado por aspersion se destacan los siguientes: almidón, maltodextrina, jarabe de maíz, goma arábica, agar y proteínas como la gelatina. Para la microencapsulación de ingredientes alimenticios es muy utilizado el secado por aspersion empleando en su gran mayoría carbohidratos, los más utilizados para este proceso son las maltodextrinas, almidones y gomas.

La maltodextrina es un producto de la hidrólisis de los almidones, tiene grandes ventajas al momento de la microencapsulación debido a que tiene baja viscosidad a alta proporción de sólidos, son inodoras e incoloras permiten la formación de polvos de libre flujo sin enmascarar el sabor original y una buena relación entre costo y efectividad.

- Los almidones más utilizados son el de papa, trigo, maíz, arroz y tapioca esta última es muy utilizada e investigada para encapsular β -carotenos.
- Las gomas son insípidas, solubles, de baja viscosidad, lo cual ayuda a tener un efecto pronunciado en el gusto y sabor de productos alimenticios, poseen características de emulsificación y son muy versátiles para la mayoría de los métodos de encapsulación **(Parra, 2010)**.

La temperatura de entrada en el secado por aspersion se puede controlar para dar diversos efectos sobre las características del polvo tales como la humedad, densidad, tamaño de partícula, pigmentación. La temperatura de secado comúnmente utilizada para el secado de zumos de frutas varían entre 130 – 150 °C **(Hashib et al., 2015)**.

La temperatura de salida es la temperatura del aire cargado con partículas sólidas antes de entrar en el ciclón del secador, esta temperatura es el resultado del equilibrio de calor y masa en el cilindro de secado. La temperatura de salida se correlaciona con el contenido final de humedad y la topografía superficial del producto final **(Páez et al., 2016)**.

La transición vítrea es el pasaje del estado vítreo al gomoso o viceversa. La temperatura a la cual ocurre esta transición se denomina Temperatura de transición vítrea (Tg). Al aumentar la temperatura de almacenamiento por encima de la Tg, la viscosidad disminuye bruscamente, por lo tanto, la movilidad molecular aumenta y el alimento pasa de vítreo a gomoso. La máxima

estabilidad se consigue manteniendo el producto por debajo de la Tg, lo que equivale a tener una Tg alta, ya que los alimentos con la Tg por encima de la temperatura ambiente pueden ser considerados estables (**Mosquera et al., 2015**)

Para fines de encapsulación, los materiales de pared más comunes son la maltodextrina, la goma arábica y los almidones modificados. Estas matrices de carbohidratos aumentan la temperatura de transición vítrea del producto seco atrapando al compuesto activo en la fase vítrea que lo protege frente a la temperatura, evita la pegajosidad, el colapso y minimiza los cambios enzimáticos o químicos (**Ramírez, 2013**).

2.2. Hipótesis

Influencia de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón soluble sobre el rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo mediante secado por aspersión.

Hipótesis nula (H_0): El rendimiento del secado por aspersión de la pulpa de uvilla utilizando maltodextrina no es diferente al rendimiento del secado por aspersión de la pulpa de uvilla con almidón soluble de papa.

Hipótesis alternativa (H_a): El rendimiento del secado por aspersión de la pulpa de uvilla utilizando maltodextrina es diferente al rendimiento del secado por aspersión de la pulpa de uvilla con almidón soluble de papa.

2.3. Señalamiento de las variables de hipótesis

2.3.1. Variable dependiente

- Rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo

2.3.2. Variable independiente

- Concentración de coadyuvantes de secado: maltodextrina y almidón soluble de papa.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Pulpa de uvilla, maltodextrina, almidón soluble de papa.

3.2. Métodos

3.2.1. Determinación de sólidos solubles totales

Para este método se utilizó una balanza infrarroja KERN MLS 50, en la cual se colocó 3 g de muestra, se dejó correr aproximadamente 30 minutos, el resultado mostrado corresponde al de humedad y la diferencia será el porcentaje de sólidos solubles (**AOAC 925.10, 1990**).

$$\%ST = 100 - \%H \qquad \text{Ec.1}$$

3.2.2. Cuantificación de carbohidratos totales en la pulpa de uvilla

La cuantificación de carbohidratos totales se realizó mediante el método fenol-sulfúrico (**Dubois, 1956**). Para este método se realizó una curva de calibración de glucosa para lo cual se preparó una solución de glucosa de concentración 1 % (p/v), de esta se realizaron diluciones al 0,02 mg/L, 0,04 mg/L, 0,08 mg/L y 0,1 mg/L, posterior a esto se tomó 0,5 mL de estas soluciones en tubos de ensayo con tapa de rosca y se adicionó 0,5 mL de solución de fenol al 5 % y 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (98 %), se agitó por un minuto en un vórtex (Mixer, Reino Unido), y se midió las absorbancias a 490 nm en un espectrofotómetro U.V. (HACH, U.S.A.), con los datos obtenidos se elaboró la curva de calibración. Para la muestra de pulpa de uvilla, se preparó una dilución al 1 % (p/v) y de ésta se realizaron diluciones de concentración al 0,1 mg/L, 0,25 mg/L y 0,5 mg/L, luego se realizó el mismo procedimiento establecido para la curva de calibración de glucosa. Con los resultados obtenidos se determina el contenido de carbohidratos totales por cada 100 g de pulpa de uvilla, utilizando la ecuación obtenida en la curva de calibración.

$$Concentracion = \frac{absorbancia-b}{m} \quad Ec.2$$

Dónde:

b= punto de corte de la curva de calibración

m= pendiente de la curva de calibración

3.2.3. Secado por Aspersión de la pulpa de uvilla

En el secado por aspersión se preparó la pulpa de uvilla con cada uno de los coadyuvantes maltodextrina y almidón soluble respectivamente. Al utilizar la maltodextrina se adicionó directamente a la pulpa de uvilla y se mezcló con un agitador magnético (Fisher Scientific), para el caso del almidón soluble se realizó un proceso térmico utilizando una temperatura de 75 °C hasta lograr disolverlo. Las muestras se secaron en un minispray dryer (Buchi B-290, Alemania) empleando una temperatura de entrada y salida de 140 y 80 °C respectivamente.

3.2.4. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes de secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador.

La determinación de las concentraciones de coadyuvantes de secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida del secador, se realizó en base al contenido de sólidos totales y carbohidratos de la pulpa de uvilla, según la metodología empleada por **López y Martínez, (2010)**.

3.2.4.1. Determinación de la temperatura de transición vítrea de la pulpa de uvilla (T_{g1}).

Con el polvo de uvilla se determinó la temperatura de transición vítrea de la mezcla utilizando calorimetría diferencial de barrido (DSC) en un calorímetro (Mettler Toledo, Switzerland) realizando un barrido a 10 °C por minuto en un intervalo entre 40 – 140 °C.

Se determinó la temperatura de transición vítrea (Tg_1), con los resultados obtenidos en el DSC, utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{Tg} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2}$$

Ec.3

Dónde:

Tg corresponde a la mezcla determinada por DSC

Tg_1 corresponde a la pulpa de uvilla que se calculará

Tg_2 corresponde al aditivo o coadyuvante de secado (Maltodextrina – Almidón soluble)

W_1 es la fracción en peso del extracto solo (Pulpa de uvilla)

W_2 es la fracción en peso del coadyuvante de secado

3.2.4.2. Determinación del índice individual de secado de la muestra.

El índice individual de secado se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i x_i$$

Ec.4

Dónde:

Y es el índice total de secado

Considerando cuando $Y=1$ indica posibilidad de secar y si $Y>1=1,3$ perfectamente posible de secar.

$$Y = (a_{p\text{ulpa de uvilla}} * x_{p\text{ulpa de uvilla}}) + (a_{aditivo} * x_{aditivo}) \quad \text{Ec.5}$$

a_i : es el índice individual de secado de cada componente (sustrato y coadyuvante)

Tabla 1. Índice de secado (a_i) para cada compuesto

Compuesto	Sacarosa	Glucosa	Fructosa	Maltodextrina	Almidón
a_i	0,85	0,51	0,27	1,6	2,08

Tomado de: López y Martínez (2010).

x_1 : es la fracción en peso de cada componente

Con el valor del índice individual de secado se determinó la nueva concentración del aditivo para un secado exitoso.

$$x_{aditivo} = \frac{Y - (a_{p\text{ulpa de uvilla}} * x_{p\text{ulpa de uvilla}})}{a_{aditivo}}$$

Ec.6

Con el nuevo valor de $X_{aditivo} = W_2$, se recalculó la Tg de la nueva mezcla en la **Ec.2**

A partir de la Tg de la nueva mezcla se calculó la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación:

$$T_A = Tg + 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Ec. 7}$$

Se determinó la temperatura de salida en el secador (T_s), considerando que $T_s < T_A$. De igual manera se determinó la temperatura de entrada en el secador (T_e), mediante el diagrama Psicrométrico (Gráfico de las propiedades correlacionadas de temperatura y humedad) para el sistema aire vapor de agua,

con base a la temperatura de salida en el secador y la humedad deseada del producto.

3.2.5. Rendimiento

El rendimiento de los secados se determinó mediante la relación entre el sólido obtenido a la salida y el que se alimenta a la entrada del equipo aplicando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa del polvo obtenida en gramos}}{\text{masa de sólidos en la alimentación}} * 100 \quad \text{Ec.8}$$

3.2.6. Diseño experimental

La evaluación de los resultados experimentales se realizó mediante un diseño aleatorio simple, con el cual se analizaron los rendimientos de cada proceso de secado, de este modo se determinará la existencia de diferencias significativas entre medias empleando el test ANOVA, además se realizó un test de rangos múltiples de Duncan el cual permitió determinar si hay diferencias significativas mediante un análisis de varianza.

3.2.7. Evaluación sensorial y físico-química del producto.

3.2.7.1. Análisis organoléptico

El análisis organoléptico se realizó mediante una prueba no paramétrica de preferencia según **Ramírez, (2014)**. Las muestras fueron catadas por un total de veinte y cinco estudiantes que cursan los últimos semestres de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, las muestras se presentaron simultáneamente, cada catador evaluó cada muestra una sola vez. Se le solicitó que al terminar cada muestra tomaran agua como neutralizante para evitar interferencias con la siguiente muestra. Para dicho análisis se utilizó la tabla 1 descrita en el anexo 2.

3.2.7.2. Humedad

Para la determinación de humedad se tomaron 3 g del polvo de uvilla y se colocó en una balanza infrarroja de marca Citizen U.S.A, las mediciones se realizaron a las 0 semanas, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas, cada medida se realizó por triplicado. **(AOAC 925.10, 1990)**

3.2.7.3. pH

El pH se evaluó disolviendo 6 g de pulpa de uvilla en polvo en 25 mL de agua destilada, la solución se midió en un pH-metro (HANNA pH/ORP), mediante lectura directa se obtuvo el resultado de pH de la muestra, cada medición se realizó por duplicado **(NTE INEN 2 304, 2008)**.

3.2.7.4. Solubilidad

La solubilidad se determinó usando el método de Eastman y Moore modificado por **Cano et al., (2005)**. Se pesó 1 gramo de polvo de uvilla y se adiciono a 100 ml de agua destilada, se agitó a alta velocidad en un agitador magnético durante 5 minutos. La solución se colocó en tubos de ensayo y se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 minutos. Se tomó 25 mL del sobrenadante y se transfirió a un crisol previamente secado y tarado, y se secó en una estufa (Memmert) a 105 °C por 24 horas. El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso.

$$\%S = \frac{\text{peso de solidos en el sobrenadante}}{\text{peso de la muestra}} * 100 \quad \text{Ec.9}$$

3.2.7.5. Cuantificación de carbohidratos en la pulpa de uvilla en polvo

El contenido de carbohidratos totales en la pulpa de uvilla en polvo se determinó mediante el método fenol-sulfúrico **(Dubois et al., 1956)**, descrito en el apartado 3.2.2.

3.2.7.6. Determinación de Fenoles Totales

La determinación de fenoles totales se realizó aplicando el método modificado de (Folin-Ciocalteu, 1927) con ligeras modificaciones, pesando 1 mg de la pulpa de uvilla en polvo en 4 mL de agua, se centrifugo la muestra a 1300 rpm por 10 min, se midió 0,1 mL del sobrenadante y un blanco realizado con agua destilada en balones de 5 mL de volumen luego se añadió el reactivo de Folin-Ciocalteu 0,1 mL y se agitó durante 3 minutos en un vortex, luego se añadió 2 mL de Na_2CO_3 al 7,5 % y se aforó a 5 mL con agua destilada la mezcla se dejó reposar por 60 min a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 750 nm es un espectrofotómetro, el resultado obtenido se expresó como miligramos de equivalente de ácido gálico por cada 100 g de pulpa de uvilla, la concentración de fenoles se determinó utilizando una curva de calibración de ácido gálico en el rango de 50 a 200 mg/L, metodología propuesta por **Vasco et al., (2008)** con ligeras modificaciones.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de resultados

4.1.1. Determinación del contenido de Sólidos solubles en pulpa de uvilla

El contenido de sólidos solubles de la pulpa de uvilla se realizó por triplicado, el promedio fue de 8,23 % \pm 0,3 de pulpa de uvilla, resultado que compara con **Sanga, (2015)** que reporta un valor de 13,2 %, esta diferencia se debe a que se preparó la pulpa de uvilla con una proporción de 1 kg de uvilla y 0,5 L de agua. Este dato se utilizó en la determinación de la concentración de coadyuvante de secado (maltodextrina y almidón soluble de papa) para añadir a la pulpa de uvilla.

4.1.2 Contenido de carbohidratos en la pupa de uvilla

El contenido de carbohidratos en la pulpa de uvilla en su estado natural fue determinado mediante el método fenol-sulfúrico, para lo cual se elaboró una curva de calibración de glucosa que se puede observar a continuación (Tabla 2 y figura 1).

Tabla 2. Datos de Absorbancia para la curva de calibración

Concentración (mg/L)	Absorbancia (490 nm)
0,02	0,175 \pm 0,013
0,04	0,399 \pm 0,039
0,06	0,570 \pm 0,012
0,08	0,744 \pm 0,057
0,10	0,890 \pm 0,023

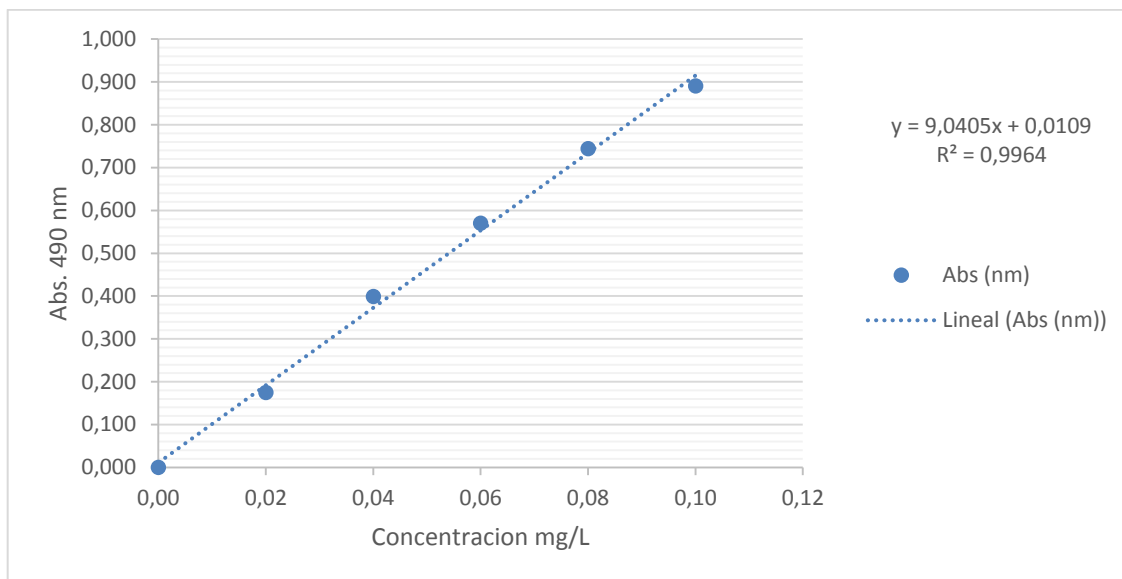


Figura 1. Curva de calibración de glucosa por el método fenol-sulfúrico

En la figura se muestra un alto coeficiente de determinación de 0,9964.

Los resultados de absorbancia en el espectrofotómetro a 490 nm para la pulpa de uvilla a concentración de 0,1; 0,25 y 0,5 mg/ L, genero los siguientes resultados (Tabla 3.)

Tabla 3. Datos de Absorbancia para la pulpa de uvilla

Concentración (mg/L)	Absorbancia. (490 nm)
0,1	0,017 ± 0.017
0,25	0,342 ± 0.023
0,50	0.923 ± 0.011

De acuerdo a los datos obtenidos en la curva de calibración se calculó el contenido de carbohidratos que tiene la pulpa de uvilla:

$$Y = 9.0405x + 0.0109$$

$$Abs = 9.0405(\text{concentracion}) + 0.0109$$

$$Abs = 9.0405(0.342) + 0.0109$$

$$Abs = 3.7 \text{ g}$$

Aplicando la ecuación 2 y utilizando los resultados de la absorbancia obtenidos para la pulpa de uvilla se empleó el valor registrado dentro de la curva de calibración de glucosa a la concentración de 0,25 mg/L, el cual registro la absorbancia de $0,342 \pm 0,023$. El contenido de carbohidratos totales en la pulpa de uvilla es de 3,7 % por cada 100 g de pulpa.

Este valor se consideró en relación a los sólidos totales, para el cálculo de la concentración de coadyuvante de secado.

4.1.3. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes de secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida del secador

Para las concentraciones de coadyuvantes de secado (maltodextrina y almidón soluble de papa) se empleó el valor obtenido de sólidos solubles 8,23 g y carbohidratos totales 3,7 %.

La figura 2 indica el Termograma de la mezcla obtenido por el DSC

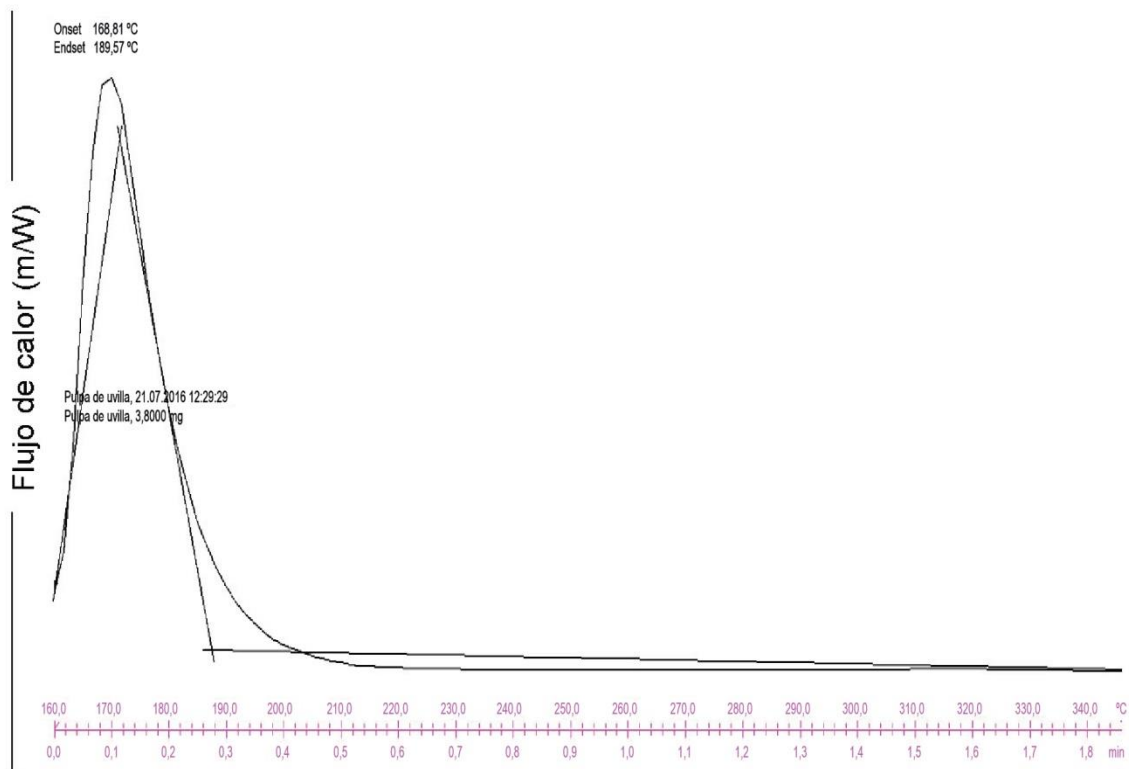


Figura 2. Termograma de la mezcla

Mediante la figura se observa la temperatura de transición vítrea (T_g) de la mezcla con un valor de 179,19 °C, iniciando con 168,81 °C y finalizando en 189,57 °C.

A continuación se registran los cálculos para obtener un secado exitoso al agregar coadyuvantes de secado considerando que la fracción en peso w_1 de la pulpa de uvilla fue de 0,44 y del coadyuvante w_2 0,56.

4.1.3.1. Cálculo de la concentración de maltodextrina y temperaturas en el secador

4.1.3.1.1. Cálculo de la temperatura de transición vítrea de la pulpa de uvilla (Tg1)

La temperatura de transición vítrea de la maltodextrina es de 160 °C y el índice individual de secado es de 1,6 (**López y Martínez, 2010**) Ec.2

$$\frac{1}{Tg} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2}$$

$$\frac{1}{179,19\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{0,44}{Tg_1} + \frac{0,56}{160}$$

$$Tg_1 = 211,48\text{ }^{\circ}\text{C}$$

4.1.3.1.2. Cálculo del índice individual de secado de la pulpa de uvilla

Considerando cuando Y=1 indica posibilidad de secar Ec.4

$$Y = (a_{\text{pulpa de uvilla}} * x_{\text{pulpa de uvilla}}) + (a_{\text{aditivo}} * x_{\text{aditivo}})$$

$$1 = (a_{\text{pulpa de uvilla}} * 0,44) + (1,6 * 0,56)$$

$$a_{\text{pulpa de uvilla}} = 0,24$$

4.1.3.1.3. Cálculo de la nueva concentración del aditivo

Considerando Y=1,3 para un secado exitoso Ec.5

$$x_{\text{aditivo}} = \frac{Y - (a_{\text{pulpa de uvilla}} * x_{\text{pulpa de uvilla}})}{a_{\text{aditivo}}}$$

$$x_{\text{aditivo}} = \frac{1,3 - (0,24 * 0,44)}{1,6}$$

$$x_{\text{aditivo}} = \frac{1,3 - (0,10)}{1,6}$$

$$x_{aditivo} = 0,75$$

4.1.3.1.4. Cálculo de Tg de la nueva mezcla

$$\frac{1}{Tg} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2}$$

$$\frac{1}{Tg} = \frac{0,25}{211,47} + \frac{0,75}{160\text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Tg = 170,37\text{ }^\circ\text{C}$$

4.1.3.1.5 Cálculo de la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación 6.

$$T_A = Tg + 20\text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_A = 170,37\text{ }^\circ\text{C} + 20\text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_A = 190,37\text{ }^\circ\text{C}$$

4.1.3.2. Cálculo de la concentración de almidón soluble y temperaturas en el secador

4.1.3.2.1. Cálculo de la temperatura de transición vítrea del producto (Tg1)

La temperatura de transición vítrea del almidón soluble es de 243 °C y el índice individual de secado es de 2,08 (López y Martínez, 2010) Ec.2

$$\frac{1}{Tg} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2}$$

$$\frac{1}{179,19\text{ }^\circ\text{C}} = \frac{0,44}{Tg_1} + \frac{0,56}{243}$$

$$Tg_1 = 134,31\text{ }^\circ\text{C}$$

4.1.3.2.2. Cálculo de la nueva concentración del aditivo

Considerando $Y=1,3$ para un secado exitoso Ec.5

$$x_{aditivo} = \frac{Y - (a_{pulpa\ de\ uvilla} * x_{pulpa\ de\ uvilla})}{a_{aditivo}}$$

$$x_{aditivo} = \frac{1,3 - (0,24 * 0,44)}{2,08}$$

$$x_{aditivo} = 0,57$$

4.1.3.2.3. Cálculo de Tg de la nueva mezcla

$$\frac{1}{Tg} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2}$$

$$\frac{1}{Tg} = \frac{0,44}{134,31} + \frac{0,56}{243\ ^\circ C}$$

$$Tg = 179,20\ ^\circ C$$

4.1.3.2.4. Cálculo de la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación 6.

$$T_A = Tg + 20\ ^\circ C$$

$$T_A = 179,19\ ^\circ C + 20\ ^\circ C$$

$$T_A = 199,20\ ^\circ C$$

4.1.3.3. Determinación de la temperatura de entrada y salida en el secador para ambos coadyuvantes de secado

Se seleccionó la temperatura de salida en el secador (T_s) de $80\ ^\circ C$, tomando en cuenta que $T_s < T_A$ ($T_s < 190,37$) y la temperatura de entrada en el secador (T_e) de $140\ ^\circ C$, las temperaturas T_s y T_e se obtuvieron mediante el diagrama

psicométrico para el sistema aire y vapor de agua, se encuentra en equilibrio con una humedad establecida aproximada del 6 % en el producto, lo cual favorece la obtención de un polvo con baja humedad.

Según **Gómez & Jiménez (2014)** indica que las temperaturas de entrada y salida en el secador es de gran importancia para obtener un producto de alta calidad, por lo que si la temperatura de entrada es baja menor a (140 °C), produce polvos con alto contenido de agua y facilidad de aglomeración, mientras que si se utilizan temperaturas altas (160 - 220 °C) podría causar daño térmico al polvo, además señala que se han reportado temperaturas de salida ideales en el rango de 50 – 80 °C, ya que fuera de estos valores el polvo de secado se adhiere a las paredes del equipo, por lo que se determinó una temperatura de 140 °C y 80 °C respectivamente la cual resulto óptima para el proceso de secado por aspersion.

A continuación se presentan en la tabla 4 los valores calculados.

Tabla 4. Relación de temperaturas e índices determinados para la pulpa de uvilla

Material a secar	Tg (°C) (DSC)	a _i Pulpa de uvilla	Coadyuvante de secado	Tg (°C) de la mezcla	Ta (°C) de la mezcla	X aditivo	Te (°C)	Ts (°C)
Pulpa de uvilla	179,19 °C	0.24	Maltodextrina DE 10	170,37	190,37	0,75	140	80
			Almidón soluble de papa	179,20	199,20	0,57	140	80

Teniendo en cuenta un índice total de secado aproximado de $Y=1,3$, se observa en la tabla 4 la temperatura de transición vítrea de cada una de las mezclas

obteniendo un resultado de 170,37 °C para la mezcla con maltodextrina y 179,20 °C para la mezcla con almidón.

4.1.4. Rendimiento de la pulpa de uvilla secada por aspersion

En la tabla 5 se muestra los resultados obtenidos con el empleo de coadyuvantes, en el secado por aspersion de la pulpa de uvilla.

Tabla 5. Rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo

Tratamientos	Extracto + coadyuvante	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	Rendimiento (%)*
M1 (M 0,75:PU0,25)	Pulpa de uvilla + Maltodextrina	140	80	75,81 ± 1,24
M2 (AP 0,57:PU0,44)	Pulpa de uvilla + almidón soluble de papa	140	80	36,07 ± 2,26

*El rendimiento obtenido corresponde al promedio de dos replicas

Para determinar el rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo, se tomó en cuenta que el peso inicial se estableció en relación a los sólidos totales de la pulpa de uvilla y a la cantidad de coadyuvante a añadir, cabe mencionar que el peso del agua no se tomó en cuenta porque se evaporó durante el proceso de secado por aspersion.

Como se puede observar en la tabla 5 existe diferencia entre los rendimientos para los tratamientos, el cual al utilizar el coadyuvante almidón soluble se obtiene un valor de 36,07 ± 2,26 % que resulta ser bajo al compararlo con el mejor tratamiento que resulto ser de la maltodextrina con un valor de 75,81 ± 1,24 %.

El porcentaje de rendimiento con maltodextrina fue mayor debido a que este es un polímero resultante de la hidrólisis del almidón, tiene alta solubilidad y presenta una baja viscosidad, **(Bringas y Pino 2012)**, por lo que ayudó en la recuperación del producto final obteniendo un rendimiento alto, por otro lado el rendimiento al utilizar el coadyuvante de secado almidón soluble fue bajo debido a su viscosidad alta **(Loksuwan, 2007)**, provocando que el producto se adhiera a las superficies internas del equipo dando un bajo rendimiento en la recuperación del producto.

4.1.5. Análisis Estadístico.

Mediante un test de rangos múltiples de Duncan se analizaron los resultados del secado de pulpa de uvilla, para determinar la influencia en el rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo.

Tabla 6. ANOVA para el Rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	43,0843	3	14,3614	20,55	0,0068
Intra grupos	2,7955	4	0,698875		
Total (Corr.)	45,8798	7			

Los resultados obtenidos para el secado por aspersión, indican que existe diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con cada coadyuvante para un nivel de confianza del 95 %, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta, que el rendimiento de la pulpa de uvilla en polvo obtenida mediante el secado por aspersión es diferente al utilizar una concentración de

coadyuvante de secado maltodextrina 0,75 g y almidón soluble de papa 0,57 g. En la figura 3 se puede apreciar la diferencia que existe entre los diferentes tratamientos, sobresaliendo el coadyuvante de secado de maltodextrina con un valor de 75,81 % de rendimiento siendo el más apto para el secado.

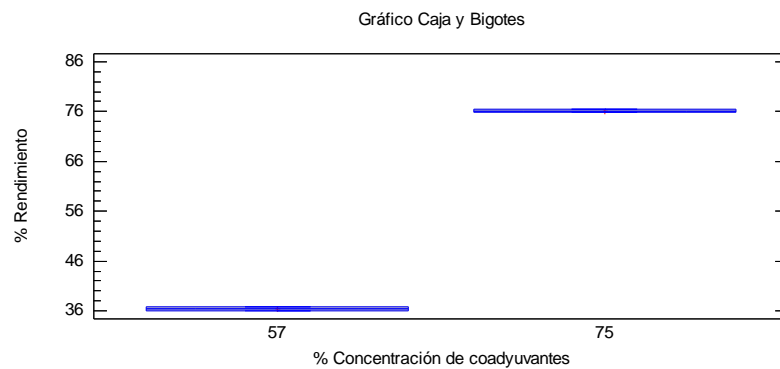


Figura 3. Rendimientos obtenidos para la pulpa de uvilla en polvo

4.1.6. Evaluación sensorial y físico-química de producto

4.1.6.1 Análisis sensorial

En este análisis se evaluó el grado de preferencia o aceptación de dos muestras de pulpa de uvilla en polvo con maltodextrina y almidón soluble de papa, realizando una prueba de preferencia en la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería en Alimentos.

En la figura 4 se observa el porcentaje de estudiantes que prefirieron cada una de las muestras, en la misma se aprecia que la pulpa de uvilla con maltodextrina tuvo mayor grado de preferencia con 76 %, que la que contiene almidón soluble con una valor de 24 %.

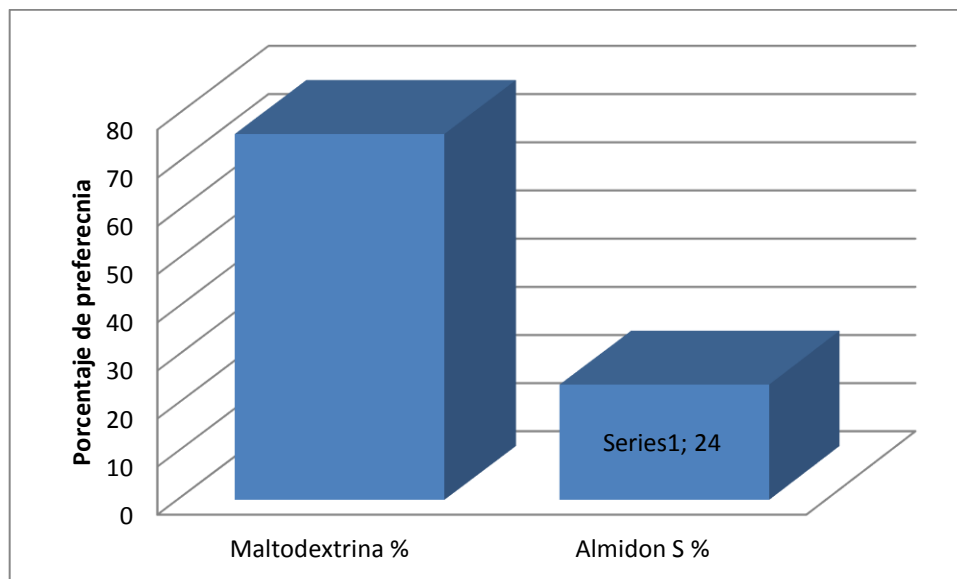


Figura 4. Diferencias de preferencia de la pulpa de uvilla en polvo

4.1.6.2. Caracterización físico-química

La caracterización físico-química se realizó al mejor tratamiento que se obtuvo con el mayor rendimiento.

4.1.6.2.1. Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó para el mejor tratamiento de pulpa de uvilla con maltodextrina en polvo. Las mediciones fueron realizadas a las 0, 1, 2, 3, 4 semanas y se representa en la tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de humedad del producto en polvo (pulpa de uvilla mas maltodextrina)

Semanas	% de Humedad*
0	1,56 ± 0,04
1	1,92 ± 0,02
2	2,32 ± 0,02
3	3,07 ± 0,05
4	3,85 ± 0,01

*El valor del porcentaje de humedad es el promedio de dos réplicas

La humedad de la pulpa de uvilla en polvo registró un valor entre $1,56 \pm 0,04$ y $3,85 \pm 0,01$ % este resultado es similar a un estudio obtenido en secado por aspersión de jugo de cebada verde por **García et al., (2004)** el cual tiene un valor de $3,68 \pm 0,10$ % a una temperatura de 140 °C de secado, lo que indica que la humedad obtenida para la pulpa de uvilla en polvo es adecuada ya que para productos en polvo el contenido de humedad es importante ya que a menor humedad es mayor el tiempo de vida de anaquel. El porcentaje de humedad en función del tiempo presenta variación aun así se encuentra en el límite aceptable para productos en polvo, según **INDUVESA, (2004)** y **CMEC Xinjiang Foodstuff Co., (2001)**, los polvos comerciales deben estar bajo el 4 %.

4.1.6.2.2. Determinación de pH

Se analizó el pH de la pulpa de uvilla en polvo durante cuatro semanas. Como se puede observar en la figura 5 el pH varía entre 3,85 y 3,46 dato que se corrobora con **Cortez et al., (2015)** en la formulación de pulpa de uvilla (*Physalis peruviana* L.) para mejorar su procesamiento en el secado por aspersión con un valor de pH 3,41 por lo que indica que el valor obtenido se encuentra dentro de los valores

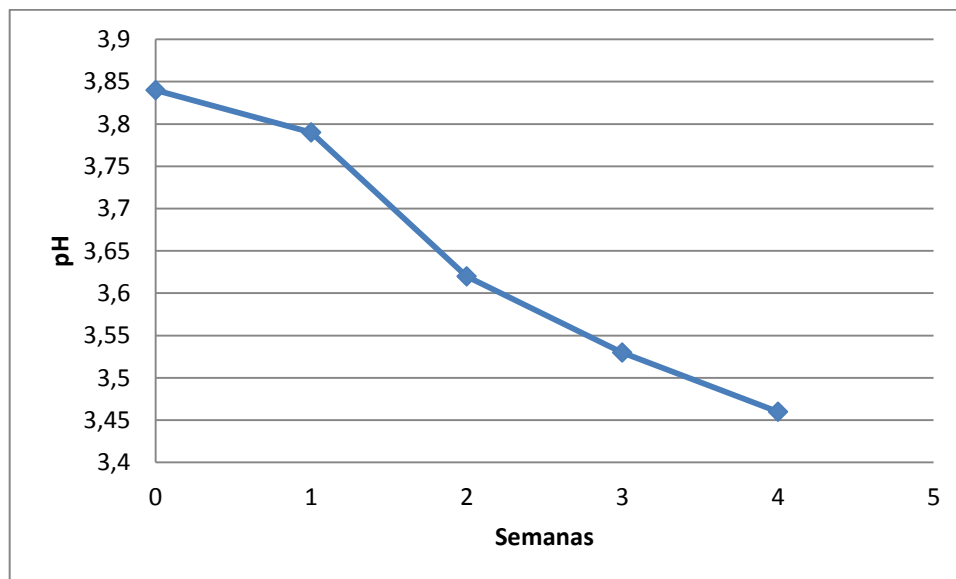


Figura 5. pH de la pulpa de uvilla en polvo durante 4 semanas

4.1.6.2.3. Determinación de solubilidad

La solubilidad es un factor importante en productos en polvo y puede ser afectada por diferentes parámetros como la composición del extracto, agentes encapsulantes y la temperatura de entrada (Tuyen et al., 2010), de acuerdo a lo mencionado la pulpa de uvilla en polvo obtuvo un valor alto de solubilidad con 86 %, lo que indica su fácil solubilidad en agua.

4.1.6.2.4. Contenido de carbohidratos totales en el producto final

Se determinó el contenido de carbohidratos totales de la pulpa de uvilla en polvo aplicando el método de fenol sulfúrico, para lo cual se utilizó la curva de calibración de la glucosa mostrado en la figura 1.

Aplicando la ecuación obtenida de la curva de calibración se calculó el contenido de carbohidratos de la pulpa de uvilla en polvo, para lo cual se utilizó la absorbancia de $0,501 \pm 0,147$ a la concentración de 0,10 mg/L. El contenido de carbohidratos totales cuantificado por cada 100 g de pulpa de uvilla microencapsulada fue de 54,2 g por lo que se añadió maltodextrina como

coadyuvante de secado, este polímero presenta un contenido de carbohidratos de 94,5 % citado por **(Pullutasig 2015)**, por lo que al agregar a la pulpa de uvilla en un 75 % se obtuvo un valor de 54,2 % de carbohidratos totales.

4.1.6.2.5. Contenido de Fenoles totales

El contenido de fenoles expresado como gramos de equivalentes de ácido gálico por 100 g de pulpa de uvilla fresca en base seca es $0,90 \pm 0,002$ (g GAE/100g) dato que se puede corroborar con **Mier H & Cález G, (2011)** que reporta un contenido de polifenoles totales en pulpa de uvilla en base seca de 0,96 (g GAE/100g), a partir del valor de $0,90 \pm 0,002$ (g GAE/100g) considerando que el 25 % corresponde a los sólidos totales el valor de polifenoles es 0.22 g GAE/100g contrastando esto con el valor obtenido en la pulpa de uvilla en polvo en base seca con un valor de 0.21 ± 0.001 gGAE/100g, se observa que no existe pérdida de polifenoles durante el proceso de secado, se puede deducir que la adición de maltodextrina como material de ayuda para el secado, cumplió con su función de proteger los compuestos fenólicos, ya que conservó los polifenoles presentes en la muestra.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se estudió el proceso de secado por aspersion en el cual se utilizaron dos polímeros como coadyuvante de secado; maltodextrina y almidón soluble de papa, teniendo como mejor tratamiento al utilizar el coadyuvante de secado maltodextrina a una concentración de 0,75 g ya que se obtuvo un mayor rendimiento de 75,81 %.
- Se determinaron las concentraciones adecuadas de los coadyuvantes para obtener un mejor rendimiento del proceso de secado, dando como resultado una concentración de maltodextrina de 0,75 g y almidón soluble de papa de 0,57 g.
- Se determinaron mediante el diagrama psicométrico las temperaturas de entrada y salida en el proceso de secado por aspersion seleccionándose una temperatura de entrada y salida de 140°C y 80°C.
- Se evaluó las características físico químicas del mejor tratamiento de pupa de uvilla, el cual obtuvo un porcentaje de humedad de 1,56 %, su pH en un rango de 3,85 – 3,46, solubilidad del 86 %, carbohidratos totales 54,2 % y fenoles totales 0.21 ± 0.001 gGAE/100g de pulpa de uvilla en polvo. Se realizó un análisis organoléptico aplicando una prueba no paramétrica de preferencia, según esta prueba la mejor aceptación por los catadores la obtuvo el coadyuvante maltodextrina con un 76 %.

5.2. Recomendaciones

- Evaluar la aplicación de pulpa de uvilla en polvo como aditivo para la formulación de alimentos funcionales.
- Profundizar en los estudios de caracterización en cuanto al porcentaje de vitamina C en la pulpa de uvilla en polvo.
- Realizar un estudio de estabilidad de la pulpa de uvilla en polvo.

Bibliografía

- Anandharamakrishnan, C., & Ishwarya, S. P. (2015). Introduction to encapsulation of food ingredients. *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation*, 37-64.
- AOAC. (1990). Determinación de humedad. Metodo Oficial de la Junta Nacional de Granados.
- Arias Chicaiza, J. M. (2009). Aprovechamiento agroindustrial de la uvilla (*Physalis Peruviana L*) para la obtención de productos cristalizados y chips. Ecuador.
- Barry, A. (1979). Curso de Estadística Experimental Avanzado. Lima: Ministerio de alimentación.
- Brito, D. (2006). El cultivo de la uvilla. *Horticultura Internacional*, 22-23.
- Calderón, G. (2005). Investigación en administración en América Latina. Colombia: Edigraficas.
- Calvo, I. (2009). El Cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*), manejo Integrado de cultivos, frutales de altura. Boletín N° 10. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José - Costa Rica.
- Cano, M. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovate food Science and Emerging Technologies*, 420-428.
- Capus, C. P., Tenezaca, E. R. J., & Redrobán, O. P. L. Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana L.*) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas. *Revista Perfiles, de la Facultad de Ciencias, ESPOCH Año XV Número 8 Julio de 2011*, 44.
- Conlago, C., & Margarita, D. (2017). Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla *physalis peruviana L.* con cáliz (Bachelor's thesis).

- Cortés, M., Hernández, G., & Ciro, H. J. (2015). Optimización experimental de una formulación de pulpa de uchuva (*Physalis peruviana*) para mejorar su procesamiento en el secado por ATOMIZACIÓN. *Vitae*, 22(2), 130-139.
- Dubois, M. (1958). Método colorimétrico de Fenol-sulfúrico para determinación de carbohidratos totales. *Química Analítica*. Obtenido de Química Analítica: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P660.2812CDP977/ANEXOS.PDF>
- Erkaya, T., Dağdemir, E., & Şengül, M. (2012). Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. *Food Research International*, 45(1), 331-335.
- Frederiksen Salinas, C. a. (2013). Modelar isoterma de sorción a tres diferentes temperaturas y transición vítrea de *Physalis peruviana* L.) en función de la humedad en equilibrio. Chile.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., Ochoa-Martínez, L. A., & Medrano-Roldan, H. (2004). Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersion. *CYTA-Journal of Food*, 4(4), 262-266.
- Gómez-Cruz, N. I., & Jiménez-Munguía, M. T. (2014). Métodos de secado de emulsiones alimentarias. *TSIA*, 8(2), 23-33
- Gutiérrez Mosquera, L. F. (2015). Transición vítrea en alimentos: Sistemas binarios agua - carbohidratos. Colombia.

- Hashib, S. A., Rahman, N. A., Suzihaque, M. U. H., Ibrahim, U. K., & Hanif, N. E. (2015). Effect of slurry concentration and inlet temperature towards glass temperature of spray dried pineapple powder. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2660-2667.
- INDUVESA. (2004). Tomato powder. www.induvesa.com/tomate_polvo_ingles.htm
- INEN. (2008). Norma Técnica Ecuatoriana NTE iNEN 2 304. Ecuador .
- López , O., & Martínez , L. (2010). Herramientas para el diseño de las condiciones del proceso de secado por aspersion de extractos vegetales para uso farmacéutico. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, PP 152-156.
- López Ortiz, Anabel (2008). la temperatura de transición vítrea en el secado convectivo con condiciones variables de ajo (*allium sativum* L.)(Doctoral dissertation).
- López Hernández, O. D., & Gonzáles Morla, A. (2008). El secado por aspersion en aplicaciones de microencapsulacion y secado de farmacéuticos . *Labciencia*, 5-6.
- Lokuwan, J. 2007. Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrina. *Food Hydrocolloids* 21: 928-935.
- Medina Villegas, G. A. (2006). Determinación del potencial nutritivo y nutracéutico de dos ecotipos de uvilla (*Physalis peruviana* L.). Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Mier, H. J., & Cáez, G. (2011). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (*Physalis Peruviana*) en relación a su estado de maduración. *Revista ReCiTeIA*.
- Mondragon , R. (2013). El proceso de secado por atomizacion: formación de graánulos. *Boletin de la Sociedad Española de Ceramica y Vidrio*, 159-168.

- Moreno, E., Ortiz, B. L., & Restrepo, L. P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 41-48.
- Mosquera, L. F. G., Giraldo, S. A., Jiménez, D. G., Velasco, D. M. L., & Alturo, A. O. (2015) Transición vítrea en alimentos: sistemas binarios agua-carbohidratos.
- Orrego, E. (2003). *Procesamiento de alimentos* (Primera ed., Vol. I). (F. O.R, Ed.) Colombia, Manizales, Colombia: Continental, Mexico, 1982.
- Palomares, S. G., Estrada, A. H., & Sánchez, H. M. G. (2016). Guanábana (*Annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión.
- Parra Huertas, R. A. (2011). Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 5669-5684.
- Páez-Valencia, M. I., Ochoa-Martínez, C. I., & Fernández-Quintero, A. (2016). Condiciones de operación en secado por aspersión de extracto de levadura: efecto sobre las propiedades físicas. *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S602-S605.
- PROECUADOR. (2014). Instituto de promoción de exportaciones e inversiones. En *Boletín de inteligencia comercial de las oficinas comerciales del Ecuador en el exterior* (págs. 6-8).
- Pullutasig, P., & Ricardo, A. (2016). Microencapsulación de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante secado por aspersión (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Ramírez Londoño, M. J. (2013) Evaluación de variables de un proceso de micro-encapsulación para la estabilización de polifenoles (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).

- Ramírez, J., García, C., Vizcaíno, J., Cárdenas, J., Gutiérrez, F., Murga, H., y otros. (2012). Antioxidantes. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana 1.
- Repo, C. R., Encina, Z. C., y Ureña, M. (2012). Determinación de los Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante del Aguaymanto (*Physalis peruviana* 1753) y de su conserva en almíbar maximizando la retención de Ácido ascórbico. Revista Sociedad Química de Perú, 72: 108-124.
- Rosero, V. (2007). Oportunidades de comercialización de uvilla en el mercado de Holanda como una manera de incentivar su cultivo en el Ecuador. Riobamba - Ecuador.
- Sanga, A., & Maribel, J. (2015). Estudio comparativo de conservación de néctar de uvilla (*Physalis peruviana* L), mediante pasteurización térmica y pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC (Bachelor's thesis).
- Tuyen, Kha.; Minh, Nguyen.; Paul, Roach. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering, 98: 385–392.
- Vasco, C., Ruales, J., y Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry, 111(4), 816-823. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.054
- Yañez, J., J. Salazar, L. Chaires, J. Jimenez, M. Marquez y E. Ramos. 2002. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Revista Avance y Perspectiva 21: 313-319.

Anexos

ANEXO 1

Proceso de secado por aspersión

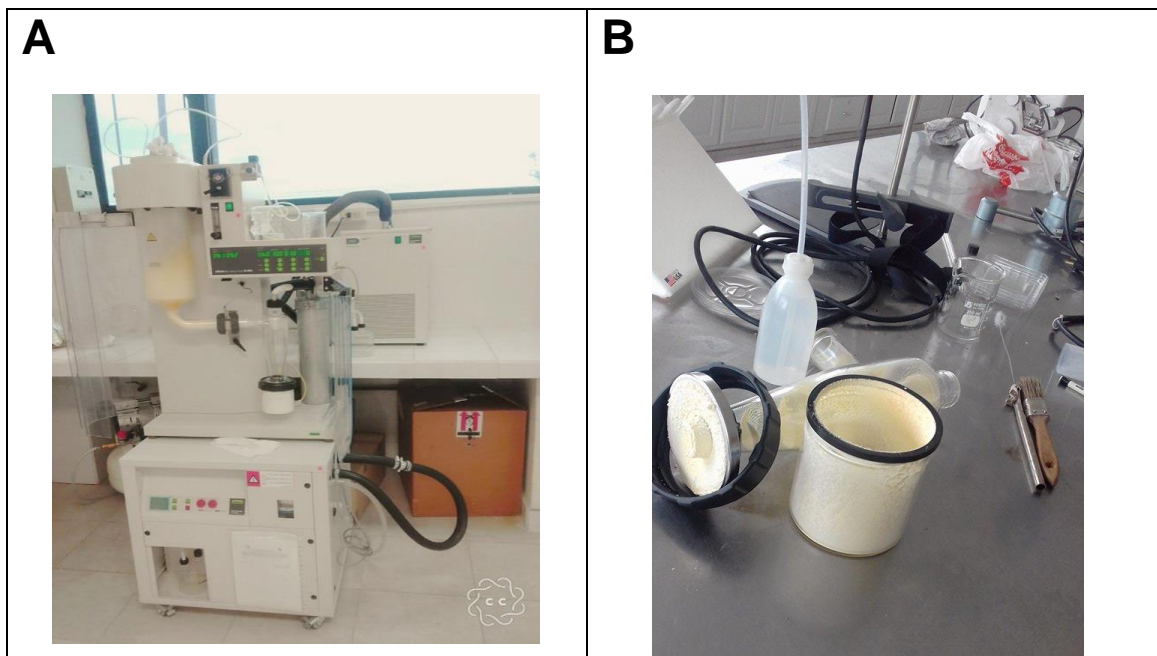


Imagen 1: a) Secado por aspersión de la pulpa de uvilla en polvo **b)** obtención de pulpa de uvilla en polvo

Polifenoles Totales

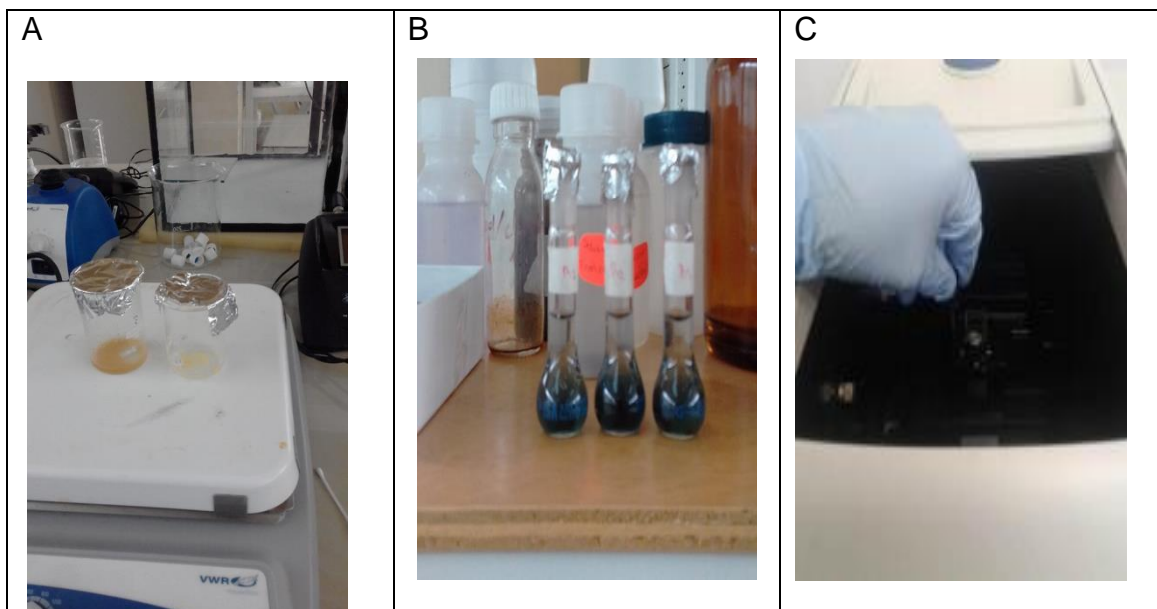


Imagen 2 a) Preparación de las muestras para determinar polifenoles en pulpa de uvilla fresca y en polvo b) reposo durante 1 hora c) Lectura en el espectrofotómetro

Solubilidad

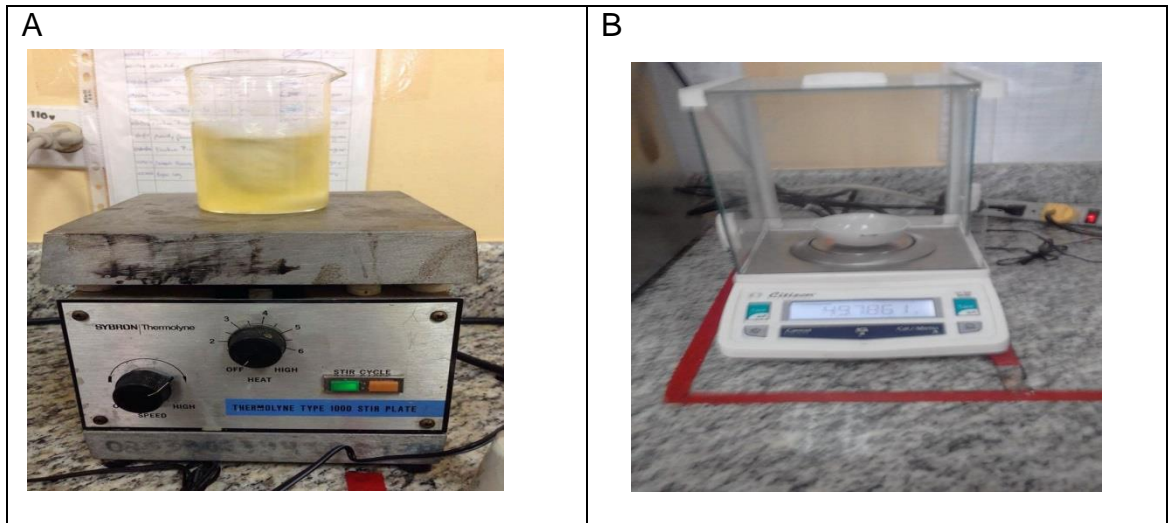


Imagen 3: a) Pulpa de uvilla en polvo homogenizada b) Peso del producto restante en el crisol

Análisis sensorial

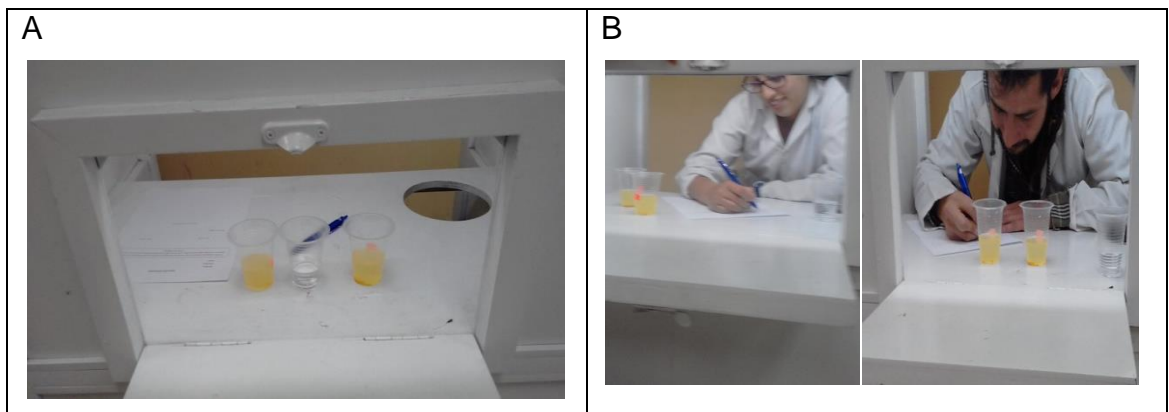


Imagen 4: a) Muestras a catar b) Cataciones por parte de los estudiantes de la facultad ciencia e Ingeniería en Alimentos

Anexo 2
HOJA DE CATAACION

Nombre:

Semestre:

Fecha:

Frente a usted se presentan dos muestras de pulpa de uvilla en polvo diluidas. Por favor observe y pruebe cada una de ellas. Cuál de las dos muestras prefiere marque con una x la muestra elegida.

593

187

Porque la eligió?

Gracias por su colaboración

Anexo 3

Tabla 7. Datos de la curva estándar con GAE para el cálculo de polifenoles.

Peso (g)	Peso total (g)	Ácido Gálico mg/L	Peso solución (g)	Peso teórico (g)	Conc. Mg/L	Absorbancia
0,0249	0,0981	50,76	5,1843	0,997	50,61	0,0955
0,0491	0,0979	100,31	5,2094	0,9923	99,53	0,1865
0,0732	0,0967	151,4	5,1763	0,9977	151,05	0,2630
0,0975	0,0975	200	5,27	0,98	195,99	0,3565

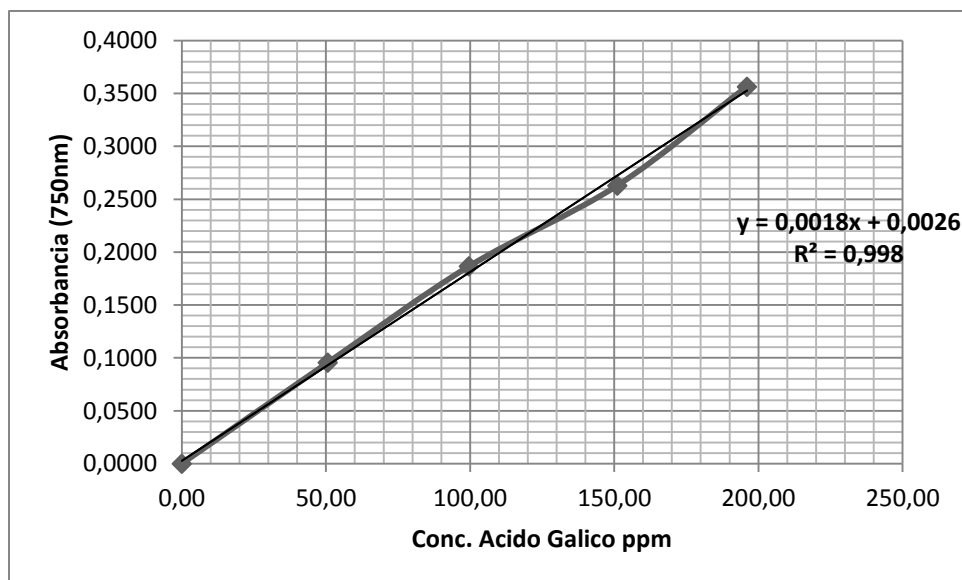


Figura 6. Curva de calibración del ácido gálico para la determinación del contenido de polifenoles.

Tabla 8. Datos del contenido de polifenoles de la pulpa de uvilla con Absorbancia de 750 nm.

T	Absorbancias			Polifenoles en base húmeda (mg GAE/100g)
	R1	R2	R3	
PU. Fresca	0,135	0,139	0,138	74,85 ± 0,002
PU. en polvo	0,1	0,099	0,102	54,27 ± 0,001