



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE ALIMENTOS**

Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de manzana (*Malus domestica* (suckow) borkh) en polvo.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación previo 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 y Biotecnología.

Autor: Carlos Arturo Veloz Pérez

Tutor: Dr. López Hernández Orestes Darío

Ambato – Ecuador

Febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. López Hernández Orestes Darío

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 15 de enero del 2024

Dr. López Hernández Orestes Darío

175478486-4

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Arturo Veloz Pérez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción de Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Veloz', written over a horizontal line.

Carlos Arturo Veloz Pérez

0603931353

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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



Carlos Arturo Veloz Pérez

0603931353

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:

Presidente del Tribunal

Dra. Jacqueline De las Mercedes Ortiz Escobar

1802171353

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305

Ambato, 6 de febrero del 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo quiero dedicar primeramente a Dios quien con su infinita sabiduría y amor me dio las fuerzas y ánimos para poder concluir con mi carrera profesional.

A mi madre Sandra por creer en mi en todo momento, por jamás rendirse hasta verme profesional. A mi padre Galo por ser mi ejemplo, quien supo guiarme de la mejor manera hasta convertirme en la persona que soy hoy en día. Gracias por ser mi fortaleza para jamás rendirme, no me alcanzara ni el tiempo ni la vida para poderles agradecer todo lo que han hecho por mi “Los amo”.

A mis hermanos Vinicio, Galo y Timothy que independientemente a su forma y manera cada uno me brindo esa fortaleza para poder concluir esta etapa de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado, gracias por confiar en mí, gracias por su apoyo incondicional y gracias por todo ese amor entre nosotros. Juntos hacemos el mejor de los equipos.

A mi sobrino, Galito Leonardo quien me enseñó lo bonito y hermoso que es ser tío.

A la Ing. Karol, quien, con su amor sincero, su apoyo constante y sus ganas de verme como profesional, fue parte fundamental en la elaboración de este trabajo. Gracias, mi amor.

Finalmente, a mis amigos Kevin, Cristian y Michell quienes me han demostrado el significado de una amistad sincera, que no hace falta llevar la misma sangre para poderles llamar hermanos. Gracias por su apoyo y regaños, gracias por estar siempre presentes y pendientes hasta verme como profesional.

“Si se pudo Siiiiuuuuu....”

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

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo nuevamente a Dios quien me daba fuerzas para no desfallecer en el intento y por enviarme personas que han llegado a ser muy importantes en toda esta linda etapa Universitaria.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por haberme dado la oportunidad de formarme académicamente como profesional.

De manera especial y un agradecimiento profundo por todo su apoyo y paciencia a mi tutor Dr. Orestes Darío López Hernández, quien de manera sincera me ayudó, guio, enseñó y brindó todos los conocimientos para culminar este proyecto de investigación.

Gracias infinitas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DEL AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Manzana.....	2
1.1.1.1 Taxonomía de la manzana	3
1.1.1.2 Contenido nutricional de la manzana.....	4
1.1.1.3 Compuestos bioactivos de la manzana.....	4
1.1.1.4 Pulpa de manzana.....	6
1.1.2 Secado por aspersion	6
1.1.2.1 Etapas del secado por aspersion.....	7
1.1.3 Espectroscopía FTIR y DSC.....	9
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo general	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II.....	10

2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1	Materiales.....	10
2.1.1	Materia prima	10
2.1.2	Materiales de laboratorio	10
2.1.3	Reactivos.....	11
2.2	Métodos.....	11
2.2.1	Determinación de la concentración adecuada de maltodextrina como coadyuvante de secado.....	11
2.2.1.1	Determinación de sólidos totales	11
2.2.1.2	Determinación de contenido de carbohidratos en la pulpa de manzana	11
2.2.2	Presentación de las temperaturas de entrada y salida del proceso de secado por aspersion	12
2.2.2.1	Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersion y las temperaturas de entrada y salida en el secador	12
2.2.2.2	Determinación de la temperatura de transición vítrea del producto	12
2.2.2.3	Determinación del índice individual de secado de la muestra.....	13
2.2.2.4	Rendimiento	14
2.2.3	Evaluación de las características organolépticas y fisicoquímicas del producto obtenido... ..	15
2.2.3.1	Evaluación microbiológica	15
2.2.3.1.1	Recuento de mohos y levaduras.....	15
2.2.3.1.2	Recuento de Coliformes y Coliformes fecales	15
2.2.3.1.3	Recuento de aerobios mesófilos.....	15
2.2.3.2	Evaluación sensorial del producto	16
2.2.3.2.1	Análisis sensorial.....	16
2.2.3.3	Caracterización fisicoquímica.....	16
2.2.3.3.1	Humedad	16
2.2.3.3.2	pH.....	16
2.2.3.4	Análisis estadístico	17
	CAPÍTULO III	18

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1	Determinación del contenido de sólidos totales en la pulpa de manzana	18
3.2	Contenido de carbohidratos en la pulpa de manzana pura	18
3.3	Determinación de las concentraciones de coadyuvante del secado y sus temperaturas de entrada y salida en el secador.	19
3.4	Cálculo de temperaturas de entrada y salida en el secado para la maltodextrina	22
3.5	Rendimiento de la pulpa de manzana después del secado	22
3.6	Evaluación organoléptica	25
3.7	Evaluación fisicoquímica	26
3.7.1	FTIR.....	26
3.7.2	Evaluación de Humedad.....	27
3.7.3	Evaluación del pH	27
3.8	Evaluación microbiológica.....	28
3.8.1	Recuento de mohos y levaduras	28
3.8.2	Recuento de coliformes y coliformes fecales.....	28
3.8.3	Recuento de aerobios mesófilos	28
	CAPÍTULO IV	30
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
4.1	CONCLUSIONES	30
4.2	RECOMENDACIONES	30
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
	Anexos.....	37
	Anexo A. Porcentajes de rendimiento de las diferentes relaciones de maltodextrina	38
	Anexo B. Resultados de los análisis realizados en los laboratorios de Laconal.....	39
	Anexo C. Hoja de Cata.....	40
	Anexo D. Análisis de FTIR para la muestra de maltodextrina con etiquetas.....	41
	Anexo E. Análisis de FTIR para la muestra de pulpa de manzana líquida con etiquetas	41
	Anexo F. Análisis de FTIR para la muestra de pulpa de manzana en polvo con etiquetas	42
	Anexo G. Equipo FTIR para la medición de los picos	42
	Anexo H. Medición del pH del producto final realizado a escala industrial	43
	Anexo I. Medición de humedad del producto final realizado a escala industrial	43

Anexo J. Secado de la pulpa de manzana líquida mediante el uso del equipo Spray Dryer.....	44
Anexo K. Análisis sensorial	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la manzana	3
Tabla 2. Valor nutricional de la manzana por cada 100 g.....	4
Tabla 3. Compuestos bioactivos de la manzana	5
Tabla 4. Materiales de laboratorio	10
Tabla 5. Reactivos de laboratorio	11
Tabla 6. Valores de absorbancia para la determinación de pulpa de manzana	37
Tabla 7. Temperaturas e índices idóneos para la pulpa de manzana	22
Tabla 8. Porcentajes de relación de rendimiento entre las diferentes concentraciones de maltodextrina utilizada.....	23
Tabla 9. Tabla ANOVA.....	37
Tabla 10. Prueba de múltiples rangos.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de calibración de la glucosa.....	19
Figura 2. Termograma de la mezcla	20
Figura 3. Gráfico de caja para el rendimiento según su porcentaje de maltodextrina.....	24
Figura 4. Evaluación sensorial de aceptabilidad de la pulpa de manzana líquida y en polvo	25
Figura 5. Análisis FTIR para pulpa de manzana en polvo, pulpa de manzana líquida y maltodextrina	26
Figura 6. Evaluación sensorial de las muestras líquidas y en polvo de pulpa de manzana	45

RESUMEN EJECUTIVO

En esta investigación, se busca transformar la materia prima mediante un exhaustivo análisis sobre el proceso de secado por aspersión con el propósito de obtener pulpa de manzana (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) en forma de polvo. El objetivo fue explorar y comprender a fondo el proceso de secado por aspersión aplicado a la producción de pulpa de manzana en polvo, con el fin de prolongar su vida útil y prevenir un rápido deterioro, especialmente en términos de pardeamiento.

Para esto se determinó la concentración adecuada de maltodextrina como coadyuvante mediante la determinación de sólidos totales y carbohidratos. Adicionalmente, se determinaron las temperaturas de entrada y salida, mediante la utilización del equipo DSC. El producto obtenido fue caracterizado mediante un análisis sensorial, proximal y microbiológico. Todos los análisis fueron realizados por triplicado. Se realizaron pruebas microbiológicas de acuerdo con las normativas vigentes. Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey con el soporte del software Statgraphics.

La mejor proporción fue de 1:4, logrando un rendimiento de 62,50 más menos 0,79 por ciento en laboratorio y de 92,5 más menos 0,79 por ciento a nivel industrial. Además, se evaluaron las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del polvo de pulpa de manzana, encontrando que cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 247 en términos de pH, humedad y conteo microbiano. Las pruebas sensoriales indicaron una alta aceptación de la pulpa tanto en su forma líquida como en polvo.

Palabras claves: secado por aspersión, pulpa de manzana, polvo, maltodextrina, coadyuvantes de secado y temperaturas.

ABSTRACT

In this study, we sought to transform the raw material through a thorough analysis of the spray drying process to obtain apple (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) pulp in powder form. The objective of this study was to explore and thoroughly understand the spray drying process applied to the production of apple pulp powder to prolong its shelf life and prevent rapid deterioration, especially in terms of browning.

For this purpose, the appropriate concentration of maltodextrin as a coadjuvant was determined through the determination of total solids and carbohydrates. In addition, the inlet and outlet temperatures were determined using DSC equipment. The product obtained was characterized by sensory, proximal and microbiological analysis. All analyses were performed in triplicate. Microbiological tests were carried out in accordance with current regulations. An analysis of variance (ANOVA) and Tukey tests were performed with the support of Statgraphics software.

The best ratio was 1:4, achieving a yield of 62.50 plus minus 0.79 percent in the laboratory and 92.5 plus minus 0.79 percent at the industrial level. In addition, the organoleptic and physicochemical properties of the apple pulp powder were evaluated, finding that it complies with Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 247 in terms of pH, moisture and microbial count. Sensory tests indicated high acceptance of the pulp in both its liquid and powder forms.

Keywords: drying, aspersion, pulp, apple, powder, maltodextrin, coadjuvants, temperatures.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

La manzana (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) cuenta con beneficios terapéuticos, medicina natural para el corazón, reduce el colesterol de la sangre, disminuye la presión arterial y estabiliza azúcar en la sangre. Su consumo se lo da de manera cruda como fruta fresca de mesa o procesada a nivel industrial, contiene un porcentaje alto de pectina, ácido málico, fibra, vitaminas y minerales por lo que es muy apetecida por sus consumidores **(Montalván, 2006)**. Su temporada de cosecha inicia en el mes de enero y se extiende hasta los meses de abril y mayo alcanzando su punto de madurez máxima y adecuada para su comercialización. El consumo nacional de la manzana es de 4,08 kg por persona, por lo que su producción nacional no satisface la demanda de la fruta; de tal manera, el producto que viene del exterior principalmente de países como Chile, Perú, Colombia y Estados Unidos los mismos que cubren el 77% de la demanda interna necesaria **(Vallejo, 2014)**.

Debido a su carácter perecedero y su ineficiente instalación de almacenamiento en frío, se produce un pardeamiento indeseable, lo que reduce su valor de mercado. Para ello, es necesario adoptar nuevas estrategias de conservación para minimizar las pérdidas poscosecha de esta fruta perecedera para generar más ingresos y fomentar el crecimiento sostenible. Las técnicas de secado como el secado por aspersión, la liofilización y el secado en bandejas se utilizan ampliamente como herramienta de conservación. A pesar de que con el procesamiento de convertir la pulpa en polvo minimiza las pérdidas poscosecha, se pueden generar otros problemas como baja solubilidad, pegajosidad e higroscopicidad **(Shrivastava et al., 2021)**.

Por lo tanto, en esta investigación se utilizó el secado por aspersión como método de secado para la obtención de pulpa de manzana en polvo tomando parámetros como la temperatura de entrada, la temperatura de salida y los agentes portadores que pueden afectar las propiedades nutricionales y fisicoquímicas de los polvos de pulpa de fruta.

1.1.1 Manzana

La planta de la manzana, conocida científicamente como *Malus doméstica*, es un árbol frutal caducifolio perteneciente a la familia Rosaceae. Originaria de Asia Central, se cultiva en diversas regiones del mundo debido a su fruto apreciado y atractivo estético. **(Cornille et al., 2019)**. Este árbol puede crecer hasta alcanzar alturas que oscilan entre los 2 y 5 metros, aunque existen variedades enanas y ejemplares que pueden superar los 10 metros en condiciones óptimas. Sus hojas son simples, alternas y ovaladas, con márgenes serrados, mientras que sus flores blancas o rosadas se agrupan en racimos y desprenden un aroma delicado. La manzana, fruto principal de este árbol, viene en una amplia gama de colores, tamaños y sabores, dependiendo de la variedad. Es una fruta pomácea, generalmente redonda u ovalada, con una piel delgada y brillante que envuelve una pulpa jugosa y carnososa. **(Spengler, 2019)**.

Malus doméstica Borkh o manzana cultivada, hace referencia a un complejo híbrido interespecífico de origen aloploiploide, derivada de su especie progenitora *M. sieversii* (lodeb) R; pertenecientes a especies europeas y asiáticas durante su momento de domesticación, siendo contabilizado de 25 a 30 especies de *Malus* en su actualidad a lo largo de todo el hemisferio norte **(Shoab et al., 2020)**. La manzana es un fruto emblemático y uno de los cultivos arbóreos más extendidos en áreas de clima templado, encontrándose también en zonas tropicales y subtropicales gracias a la diversidad de variedades adaptadas a diferentes condiciones climáticas. Su capacidad para adaptarse a diferentes entornos climáticos ha permitido su cultivo en diversas partes del mundo, desde regiones con estaciones bien definidas hasta áreas con climas más cálidos y húmedos **(Badenes & Byrne, 2012)**.

La pulpa de la manzana puede ser entre blanda o dura conservando su frescura y jugosidad, de sabor dulce o ácido y de carnosidad aromática según su variedad. Se caracteriza por tener forma, apariencia y color agradable, gran tamaño de contenido aromático agridulce. Presentan una jugosidad elevada, acidez, gran dulzura, pulpa firme y extensa capacidad de almacenamiento **(Hidalgo et al., 2016)**. Como cultivo frutal de gran importancia comercial, la manzana es el cuarto cultivo frutícola más importante a nivel mundial

después de uvas, cítricos y plátanos siendo cultivados en climas templados de América, Europa y Asia. (Lyu et al., 2020).

Si bien la zona manzanera en el Ecuador se extiende en la serranía, principalmente en provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Azuay, Cañar y Tungurahua por encontrarse geográficamente en puntos estratégicos que ayuda al crecimiento y desarrollo de la fruta. En el Ecuador, la producción nacional de manzana se encuentra ubicada en diferentes zonas templadas de los valles interandinos ecuatorianos de provincias como Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Azuay y Loja, la misma que fue introducida durante la conocida época colonial. Su producción actual es mínima y de manejo tradicional lo cual no abastece al consumidor nacional siendo las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Azuay los principales productores (Viera et al., 2020).

1.1.1.1 Taxonomía de la manzana

Tabla 1.

Taxonomía de la manzana

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Maloideae</i>
Género	<i>Malus</i>
Especie	<i>M. domestica</i>

Adaptado de Robinson et al. (2001).

1.1.1.2 Contenido nutricional de la manzana

Tabla 2.

Valor nutricional de la manzana por cada 100 g.

Calorías	81 kcal
Fibra	4 g
Colesterol	0 g
Fósforo	10 mg
Potasio	159 mg
Carbohidratos	21 g
Hierro	0,25 mg
Calcio	10 mg
Vitamina C	8 mg
Ácido fólico	4 mg

Adaptado de Kumar et al. (2018).

1.1.1.3 Compuestos bioactivos de la manzana

Si bien, la manzana es considerada una de las principales y más importantes frutas ricas en nutrientes debido a su consumo entero del fruto exceptuando su semilla; por lo tal, se cree que son fuente insustituible dentro de la alimentación humana debido a su aporte en la inmunidad, resistencia al estrés y contienen sustancias bioactivas presentes en su cascara y pulpa beneficiosa para el ser humano como los polifenoles, polisacáridos, fitoesteroles entre otros componentes (**Patocka et al., 2020**).

Los polifenoles son Antioxidantes más abundantes en la dieta humana siendo las principales clases los ácidos fenólicos y los flavonoides, se consideran agentes reductores que ayudan y protegen los tejidos del cuerpo contra el estrés oxidativo y sus patologías asociadas (**Tapiero et al., 2002**). Las manzanas contienen un alto nivel de compuestos fenólicos principalmente dentro de su cascara por lo que a menudo son utilizados como

aditivos alimentarios debido a su capacidad antioxidante, fitosteroles y propiedades antimicrobiana (Patocka et al., 2020).

Los polisacáridos son. Polímeros cuyos constituyentes son los monosacáridos, unidos entre si mediante enlaces glicosídicos. Los polisacáridos dentro de la industria alimentaria actúan como emulsionantes, coemulsionantes, espesantes, estabilizadores, y agentes gelificantes (Delgado et al., 2019). Las manzanas contienen una gran cantidad de polisacáridos incluyendo la pectina y cuyos componentes principales son ácido glucurónico, lactosa y arabinosa. Consumir manzana promueve la digestión humana y proporciona nutrientes esenciales en la vida diaria (Patocka et al., 2020).

Los fitoesteroles son: Compuestos liposolubles pertenecientes a la familia de los triterpenos, presentes en la mayoría de las células vegetales la misma que contribuyen a la estructura y estabilidad de la membrana (Poli et al., 2021). Los fitoesteroles se encuentran en la manzana dentro de sus raíces, tallos, frutos y principalmente en sus semillas formando parte de su membrana celular. Promueve efectos antiinflamatorios e inhibe la síntesis y absorción del colesterol (Patocka et al., 2020).

Además de los nutrientes mencionados la manzana existe otros componentes que contiene múltiples nutrientes como **Vitaminas** (C y E), β caroteno, hormonas endógenas y minerales (calcio, hierro, potasio, manganeso, zinc, magnesio, cobre y azufre) (Patocka et al., 2020).

Tabla 3.

Compuestos bioactivos de la manzana

Minerales	Potasio
Antocianinas	-
Flavanoles	Catequina y epicatequina
Fibra	Soluble e insoluble
Vitamina	C y E
Flavonoles	Quercetina

Adaptado de: Mayasari et al. (2020).

1.1.1.4 Pulpa de manzana

Se conoce como pulpa al subproducto obtenido del resultado de la industria de fabricación de sidra o zumo de manzana, su pulpa está formada mediante su piel, mesocarpio del fruto exprimido, semillas y los rabos del fruto; es decir, es el residuo que se genera por el proceso del extracto del jugo de manzana el cual representa del 15 al 20 % de la fruta procesada se caracteriza por contener un bajo contenido proteico (5-6 %), extracto etéreo (3-4 %), fibra no dietética (55- 60 %), fibra dietética (40 %), cenizas (2-4 %) y un elevado contenido de pectina **(Musacchi, 2018)**.

Es considerado como una excelente fuente energética debido a su contenido de azúcares y pectina la mismas que al someterlas a un secado por aspersión conserva muy bien sus propiedades nutricionales **(Perrazo, 2018)**. En Ecuador la marca ALSEC es la principal proveedora de pulpa de manzana en polvo, obtenida mediante pulverización por medio de un secado de aspersión de pulpas de manzana verde teniendo sus principales beneficios para jugos naturales, confitería, bebidas y refrescos instantáneos, harinas y sopas **(ALSEC, 2023)**.

1.1.2 Secado por aspersión

Se conoce como secado por aspersión o microencapsulación mediante secado por aspersión al proceso donde se convierten líquidos en sólidos, agregando funcionalidad y mejorando la actividad oxidativa de alimentos o extractos alimenticios. El secado por aspersión es la operación unitaria por la cual un producto líquido es atomizado mediante corrientes calientes de gas para obtener polvo inmediatamente. El gas comúnmente utilizado es aire mezclado con un líquido inicial que alimenta al aspersor el cual puede ser una emulsión, una suspensión o una solución dependiendo el material alimenticio utilizado **(Cardona et al., 2021)**. Si bien, el secado por aspersión transforma un alimento en estado fluido ya sea emulsión, dispersión o solución en polvo mediante la pulverización del alimento en un gas de secado caliente, su proceso se describe inyectando el líquido por una bomba y atomizado en la entrada de la cámara de secado transformándose en un spray de diminutas gotas **(Miller et al., 2022)**.

El secado por aspersión produce polvos finos (10-50 μm) o a su vez partículas grandes (2-3 mm) dependiendo del material inicial alimenticio utilizado y sus condiciones de operación. La calidad de los polvos elaborados depende de las características de la solución alimentada como velocidad de flujo y viscosidad; aire de secado como presión, temperatura y flujo; contacto entre las gotas y el aire caliente dentro de la cámara de secado como flujo en corrientes paralelas o contra corrientes; y finalmente el tipo de atomizador utilizado (**Cardona et al., 2021**). El uso de coadyuvantes favorece a un mejor rendimiento de secado ayudando a la recuperación del producto, la maltodextrina es utilizada como conservantes de compuestos y muy útil debido a su elevada solubilidad en soluciones acuosas, altos valores de temperatura de transición vítrea y elevada solubilidad en soluciones acuosas debido a su alto peso molecular (**Díaz et al., 2017**).

1.1.2.1 Etapas del secado por aspersión

El proceso de secado por aspersión cuenta de las siguientes etapas:

1. Atomización

La atomización en estado líquido se lo lleva a cabo mediante presión y energía centrifuga. Su principio básico es crear la suficiente superficie de transferencia de calor entre el líquido y el aire seco optimizando la transferencia de calor y masa. Su configuración depende de factores como viscosidad, naturaleza del alimento y características deseadas del producto final, mientras mayor sea su energía suministrada más fina serán sus gotas. La desintegración de una lámina o ligamento líquido en finas gotas en una fase gaseosa se conoce como atomización siendo posible mediante desintegración de un chorro líquido o lámina, la misma que requiere una presión de descarga de líquido menor en comparación con los chorros para formar partículas de gotas deseadas (**Avvaru et al., 2006**).

2. Contacto de gota-aire caliente

Su desarrollo se lo da mediante la etapa de atomización y marca el inicio de su etapa de secado. Se distingue dos procesos como sentido de la corriente y en contracorriente dependiendo el sitio donde se encuentra colocado el atomizador en comparación con el aspersor de aire caliente. Su temperatura de entrada va en un rango de 150 a 220 °C, ocurriendo una evaporación inmediata sometida a una temperatura de salida entre 50 a

80 °C (Esquivel et al., 2015).

3. Evaporación del agua

Una vez ocurrido el contacto entre gotas del líquido y el aire caliente se constituye un balance parcial entre temperatura y presión parcial de vapor de las fases gas y líquido. Su transferencia de calor viene dada del aire hacia el producto como consecuencia de sus diferencias de temperatura; mientras que, la transferencia de agua viene dado en sentido contrario por su diferencia de presión y vapor.

Se establece tres pasos sucesivos con base en su fundamento teórico. Posteriormente del contacto entre el líquido y el aire caliente, su transferencia de calor ocasiona un incremento de la temperatura de las gotas definido como temperatura de bulbo húmedo; evaporación de gotas a temperaturas constantes y presión parcial de vapor de agua, su velocidad de difusión de agua va del núcleo a su superficie y se considera constante al igual que su velocidad de evaporación; finalmente su contenido de agua de la gota consigue un valor crítico, formando una corteza seca en la superficie de su gota disminuyendo su velocidad de secado volviéndose dependiente de su velocidad de difusión (Esquivel et al., 2015)

4. Separación del producto seco del aire húmedo

La separación de este proceso se lo realiza mediante un ciclón colocado en la parte de afuera de la cámara de secado, produciendo una disminución en las pérdidas del producto con la atmósfera. La mayor parte de partículas de gran densidad son recuperadas dentro de la cámara de secado y a su vez, las partículas más finas pasan a través del ciclón siendo separadas del aire húmedo.

Se considera el secado por aspersion como uno de los métodos más utilizados para la deshidratación de alimentos alargando así su vida útil y minimizando costos de producción. Su proceso se basa en transformar una mezcla de fluido líquido en una sustancia sólida; mediante el paso del líquido a través de tuberías hasta un atomizador, el mismo que despliega sus partículas pequeñas en contacto directo de aire caliente transformando el material líquido en sólido (López et al., 2009).

1.1.3 Espectroscopía FTIR y DSC

La técnica conocida como FTIR, o espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier, se emplea para obtener el espectro de absorción o emisión infrarroja de sólidos o líquidos. Esta metodología recopila datos de alta resolución en el rango de 4000 a 400 cm^{-1} con el fin de medir la cantidad de luz absorbida por una muestra en cada frecuencia. Su popularidad ha aumentado en la industria alimentaria debido a su rapidez y a la confiabilidad que ofrece en la obtención de resultados (**Jedlińska et al., 2020**). A su vez, la calorimetría diferencial de barrido, también llamada DSC, es un método que posibilita la identificación de cambios o transiciones en un extenso intervalo de temperaturas, que va desde los 90 hasta los 550 °C. Esta técnica facilita tanto análisis cualitativos como cuantitativos de dichas transiciones. Su enfoque radica en la medición de la energía absorbida o liberada en relación con el tiempo o en un rango específico de temperaturas controladas (**Almoselhy, 2020**).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Estudiar el proceso de secado por aspersion para la obtención de pulpa de manzana (*Malus domestica* (Suckow) Borkh) en polvo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración adecuada de maltodextrina como coadyuvante del secado.
- Proponer las temperaturas de entrada y salida del proceso de secado por aspersion.
- Evaluar las características organolépticas y físico químicas del producto obtenido.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental del presente proyecto de investigación se realizó en los laboratorios de investigación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

La pulpa de manzana se obtuvo de la empresa Planhofa de la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua ubicada en la calle batalla de Pichincha junto al mercado mayorista. Se almacenó a una temperatura de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior uso.

2.1.2 Materiales de laboratorio

Tabla 4.

Materiales de laboratorio

Material	Cantidad
Espátula de acero inoxidable	1
Vaso para precipitado de 250 mL	3
Vasos para precipitado de 25 mL	3
Matraz de un solo trazo de 100 mL con tapa esmerilada	1
Pipetas técnicas de un solo trazo de 5 mL	1
Micropipeta 1000 μL	1
Puntas de micropipeta de 20 – 200 y 1000 μL	1
Papel aluminio	1
Cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico	1
Piseta	1

Elaborado por Carlos Veloz

2.1.3 Reactivos

Tabla 5.

Reactivos de laboratorio

Reactivos	Cantidad
Maltodextrina	500 g
Ácido sulfúrico concentrado 95-97 % (p.a.).	50 mL
Solución de fenol al 5 % (p/p).	20 mL

Elaborado por Carlos Veloz

2.2 Métodos

2.2.1 Determinación de la concentración adecuada de maltodextrina como coadyuvante de secado

2.2.1.1 Determinación de sólidos totales

Se desarrollo la desecación de la muestra de pulpa de manzana mediante la utilización de la balanza infrarroja KPERN ML 50, siendo tomado los datos de su lectura una vez terminado y finalizado la medición del equipo. Para ello, se realizó una prueba por triplicado colocando y pensando 3,80 g de pulpa dentro de la balanza.

Utilizando los datos de porcentaje de humedad recopilados, se calculó el porcentaje de sólidos totales en tres muestras mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\%ST = 100 - \%H$$

Ec.1

Con la determinación de los sólidos totales por triplicado de la pulpa de manzana se calculó la cantidad de sólidos en la muestra secada y su cantidad de aditivo a colocar para lograr un óptimo secado.

2.2.1.2 Determinación de contenido de carbohidratos en la pulpa de manzana

Mediante el método de fenol-sulfúrico se determinó el contenido de carbohidratos totales en la muestra de pulpa de manzana (**Dubois, 1958**). Para su desarrollo se disolvió 1 mL

de Pulpa de manzana previa antes diluida (1/250), 1 mL de solución fenol al 5% y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado al 98%, se agitaron y enfriaron por aproximadamente 2 minutos dejándolos reaccionar para así medir su absorbancia en un rango de 490 nm con la ayuda de un espectrofotómetro UV-visible. Una vez obtenidos los datos se construyó la curva de calibración.

2.2.2 Presentación de las temperaturas de entrada y salida del proceso de secado por aspersión

2.2.2.1 Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador

Se llevó a cabo la evaluación de las concentraciones de coadyuvantes requeridas en el proceso de secado por aspersión, así como las temperaturas al inicio y al final del secador. Esta medición se fundamentó en la cantidad total de componentes sólidos y carbohidratos presentes en la pulpa de manzana, siguiendo el enfoque metodológico descrito por **López & Martínez (2010)**.

2.2.2.2 Determinación de la temperatura de transición vítrea del producto

Se procedió a determinar la temperatura de transición vítrea de la solución utilizando la técnica de calorimetría diferencial de barrido DSC, empleando un calorímetro (**Bhatta et al., 2019**). El escaneo se realizó a una velocidad constante de 10 °C por minuto, a cubrir un rango de 40 a 140 °C.

Los datos obtenidos mediante el DSC, se calculó la temperatura de transición vítrea (Tg_1) mediante la resolución de la ecuación correspondiente.

$$\frac{1}{Tg} = \frac{w_1}{Tg_1} + \frac{w_2}{Tg_2}$$

Ec. 2

Dónde

Tg : Temperatura de transición vítrea de la mezcla determinada por el DSC

Tg_1 : Temperatura de transición vítrea de la pulpa de manzana

Tg_2 : Temperatura de transición vítrea de la maltodextrina usada como coadyuvante de

secado

w_1 y w_2 : Fracción en peso de la pulpa de manzana y del coadyuvante de secado respectivamente

Basado en la ecuación propuesta por **López y Martínez (2010)**, se consideró un índice individual de secado para la maltodextrina de 1,6 a temperatura de entrada y salida de 160 y 80 °C respectivamente.

2.2.2.3 Determinación del índice individual de secado de la muestra

Se calculó índice individual de secado mediante la resolución de la ecuación correspondiente.

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

Ec. 3

Dónde

a_i : Índice individual de secado por cada componente, siendo el coadyuvante de secado maltodextrina de a_i :1,60

x_i : Fracción en peso de cada uno de los componentes

Y: Índice total de secado

Nota: Considerando $Y > 1,3$ perfectamente posible de secar y $Y = 1$ posibilidad de secar

$$Y = (a_{pulpa\ manzana} \times x_{pulpa\ manzana}) + (a_{aditivo} \times x_{aditivo})$$

Ec. 4

El índice individual de secado se utiliza para calcular la cantidad óptima del aditivo necesario para lograr un proceso de secado efectivo.

$$x_{aditivo} = \frac{Y - (a_{pulpa\ manzana} \times x_{pulpa\ manzana})}{a_{aditivo}}$$

Ec. 5

Usando la concentración actualizada del aditivo, representada como $x_{aditivo} = w_2$, se volvió a determinar la T_g de la combinación modificada mediante la Ec.2. Luego, calculando en la T_g de esta combinación actualizada, se procedió a calcular la temperatura de apelmazamiento según la ecuación:

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

Ec. 6

Se escogió la temperatura de salida del secador (T_s) asegurándose de que $T_s < T_A$. Así mismo, se seleccionó la temperatura de entrada al secador (T_e) empleando el diagrama Psicrométrico, el cual representa gráficamente las propiedades correlacionadas de temperatura y humedad para el sistema de aire y vapor de agua. Esta selección se hizo considerando la temperatura de salida en el secador y el nivel de humedad deseado para el producto final.

2.2.2.4 Rendimiento

Se analizó el desempeño del producto resultante considerando la proporción de sólidos totales, carbohidratos presentes en la pulpa de manzana y la cantidad de polvo obtenido mediante la siguiente ecuación.

$$\%R = \frac{PM}{ST + \%MD} \times 100$$

Ec. 7

$\%R$ = Porcentaje de rendimiento

PM = Peso final de la muestra secada

ST = Masa de sólidos presentes en la muestra

$\%MD$ = Porcentaje de maltodextrina utilizada

Mediante las mejores condiciones de coadyuvante de secado en el laboratorio y basándonos en el rendimiento porcentual, procedimos a la producción a escala industrial mediante el uso del equipo industrial Centrifugal Spray Dryer. Este lote específico se sometió a análisis posteriores para evaluar su desempeño y características.

2.2.3 Evaluación de las características organolépticas y fisicoquímicas del producto obtenido.

2.2.3.1 Evaluación microbiológica

2.2.3.1.1 Recuento de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras en las muestras de pulpa de manzana en polvo se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en la norma **NTE INEN 1529-10 (1998)** en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL). Se empleó una pipeta estéril para añadir las diferentes diluciones en placas Petri, comenzando desde la dilución más baja. En cada placa se vertieron alrededor de 20 cm³ de agar sal-levadura de Davis (SLD) a una temperatura de 45 ± 2 °C. Posteriormente, se mezcló el inóculo con el medio de cultivo realizando movimientos específicos en las placas. Se llevó a cabo un control de la carga microbiana y una prueba de esterilidad del medio, seguidas por la solidificación del agar. Las placas se incubaron invertidas a una temperatura entre 22 y 25 °C durante cinco días. Se procedió a observar el desarrollo de colonias de levaduras y mohos para identificar sus características visuales.

2.2.3.1.2 Recuento de Coliformes y Coliformes fecales

El recuento de coliformes en las muestras de pulpa de manzana en polvo se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en la norma **NTE INEN 1529-6 (1990)**, dentro de los Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL). El procedimiento se fundamenta en la identificación del número más probable (NMP) mediante la técnica de dilución en tubos. Se emplea un medio líquido selectivo, como el caldo verde brillante bilis-lactosa o un medio similar, para el ensayo presuntivo. Los tubos que presentan actividad gaseosa positiva en este ensayo presuntivo se confirman utilizando agar Eosina azul de metileno (EMB). La temperatura de incubación establecida para el ensayo presuntivo y confirmativo es de 30 ± 1 °C para productos refrigerados y de 35 ± 1 °C para aquellos mantenidos a temperatura ambiente.

2.2.3.1.3 Recuento de aerobios mesófilos

El recuento de aerobios mesófilos REP. en las muestras de pulpa de manzana en polvo se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en la norma **NTE INEN 1529-5 (2006)**, dentro de los Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL). Este

procedimiento se fundamenta en la fundamentación de que un microorganismo vital presente en una muestra de alimento, al ser introducido en un medio nutritivo sólido, se multiplicará dando lugar a una colonia visible individual. Para llevar a cabo el recuento de estas colonias, se realizan diluciones decimales de la muestra inicial y se inocula en el medio de cultivo nutritivo. Luego, se incuba el cultivo a 30°C durante 72 horas, tras lo cual se procede al recuento de las colonias formadas. Este conteo tiene como propósito calcular la cantidad de microorganismos presentes por gramo o por centímetro cúbico de alimento.

2.2.3.2 Evaluación sensorial del producto

2.2.3.2.1 Análisis sensorial

Se llevaron a cabo pruebas sensoriales con la participación de 15 evaluadores parcialmente entrenados, quienes utilizaron una escala hedónica de cinco puntos (donde 5 significa "me gustó mucho", 4 es "me gustó moderadamente", 3 equivale a "ni me gustó ni me disgustó", 2 representa "me disgustó moderadamente" y 1 indica "me disgustó mucho"). Los parámetros sensoriales que fueron evaluados son: textura, aroma, sabor, color y nivel general de aceptación. Cada panelista recibió individualmente dos tipos de muestras de 10 g codificadas con tres dígitos de forma aleatoria (**NTE INEN-ISO 13301, 2014**).

2.2.3.3 Caracterización fisicoquímica

2.2.3.3.1 Humedad

La humedad se llevó a cabo utilizando 3 g de muestra de pulpa de manzana en polvo, previamente secada por aspersión. Estos 3 g se colocaron en una balanza infrarroja de marca (Kern MLS 50-3) para obtener una lectura directa. Cada medición se llevó a cabo en tres ocasiones para asegurar la precisión de los resultados (**Masson, 1997**).

2.2.3.3.2 pH

Se determinó el pH disolviendo 25 g del polvo de pulpa de manzana en 100 mL de agua destilada. Esta solución obtenida fue analizada utilizando un pH-metro portátil (Meter), obteniendo directamente el valor de pH de la muestra. Cada medición se llevó a cabo en tres ocasiones para asegurar la precisión de los resultados (**NTE INEN-ISO 1842, 2013**).

2.2.3.4 Análisis estadístico

Para el estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de manzana (*Malus domestica* (suckow) borkh) en polvo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y, además, se llevó a cabo un análisis de comparaciones utilizando la prueba de Tukey. Los datos serán procesados con el software Statgraphics mediante su versión gratuita para analizar las variables de respuesta y determinar el tratamiento más efectivo de rendimiento según las concentraciones de los coadyuvantes, considerando las diferencias significativas con un nivel de confianza de $p \leq 0,05$.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Determinación del contenido de sólidos totales en la pulpa de manzana

Para la determinación de sólidos totales se realizó un análisis por triplicado del contenido ST en la pulpa de manzana, donde se obtiene un promedio de $87,5\% \pm 0,4$ de humedad y $12,5\% \pm 0,6$ de sólidos totales por cada 100 mL de pulpa. Este valor fue corroborado por el estudio de **Ergün (2021)** el mismo que empleó un refractómetro digital de mano en cinco variedades distintas de manzanas, obteniendo valores entre 15,00 y 18,7% por cada 100 mL de muestras diferentes, lo cual concuerda estrechamente con los resultados previamente mencionados. Este dato se utilizó para calcular el porcentaje de concentración de maltodextrina, un coadyuvante de secado, que sería añadido a la pulpa antes de proceder con el proceso de secado.

3.2 Contenido de carbohidratos en la pulpa de manzana pura

En la gráfica 1 se observa un coeficiente de determinación considerablemente alto, alcanzando un valor de 0,9965. Se han obtenido resultados de absorbancia a través del espectro en un intervalo de 490 nm para diferentes concentraciones de la pulpa de manzana: 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 y 0,1 mg/L, los cuales se han recopilado en la tabla 6 que se encuentra en los anexos.

Los datos arrojados muestran un porcentaje de carbohidratos de un 5,39 g por cada 100 g de pulpa, este valor es muy similar a lo mencionado por **Trindade et al. (2020)** donde presenta valores de carbohidratos del 7,5 g en una variedad similar de pulpa de manzana.

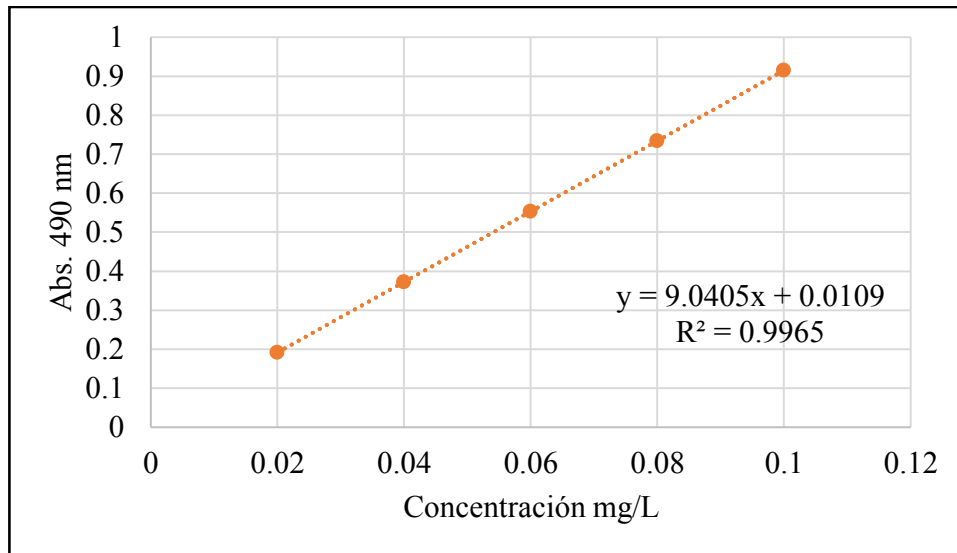


Figura 1. Curva de calibración de la glucosa

Mediante los datos obtenidos para la curva de calibración se determina el contenido de carbohidratos que tiene la pulpa de manzana.

$$Y = 9,0405x + 0,0109$$

$$Abs = 9,0405 (\text{concentración}) + 0,0109$$

$$Abs = 9,0405 (0,5953) + 0,0109$$

$$Abs = 5,39 \text{ g}$$

Al emplear la ecuación con los datos de absorbancia recopilados para la pulpa de manzana y referirse a la curva de calibración, se obtuvo como resultado que el contenido de carbohidratos totales en la pulpa de manzana es de 5,39 g por cada 100 g de pulpa. El valor mencionado se relacionó a los sólidos totales para determinar la concentración de coadyuvante de secado.

3.3 Determinación de las concentraciones de coadyuvante del secado y sus temperaturas de entrada y salida en el secador.

Para la determinación de concentración de coadyuvante de secado maltodextrina se calculó mediante el contenido de carbohidratos 5,39 g y de sus sólidos totales 12,5 g todo

en cada 100 g de pulpa pura. La figura 2 muestra el termograma obtenido de la mezcla mediante DSC.

La Figura 2 exhibe el termograma resultante de la mezcla obtenida a través de DSC (Differential Scanning Calorimetry).

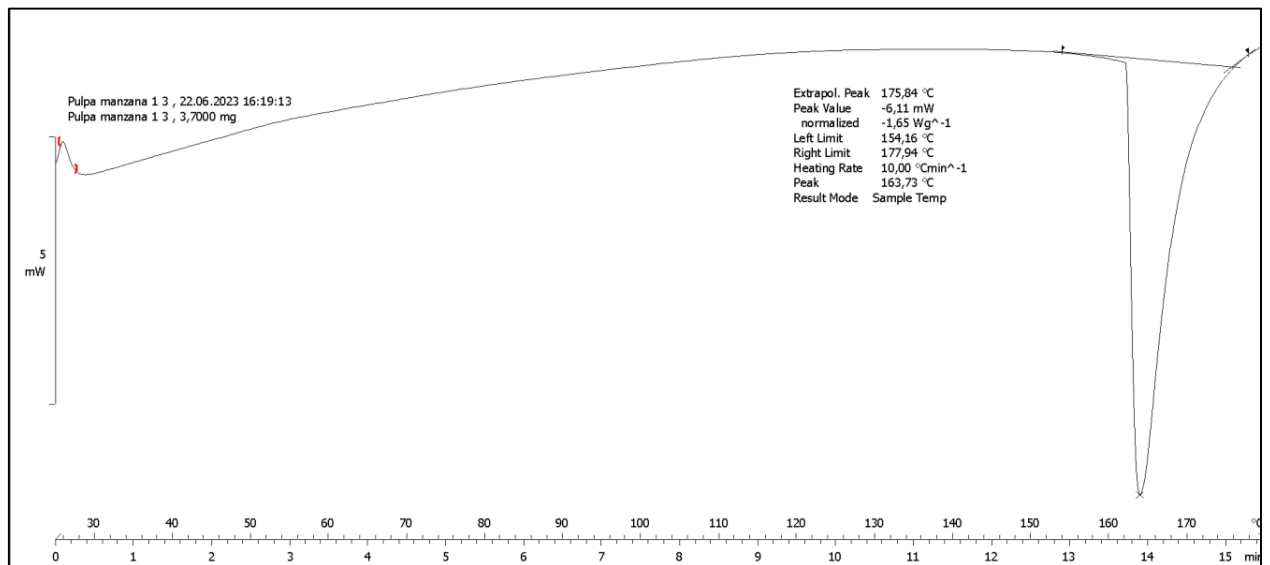


Figura 2. Termograma de la mezcla

Se observa que la temperatura de transición (T_g) alcanza un valor de 163,3 °C. Esta temperatura de transición vítrea, identificada por el DSC, resalta la importancia de utilizar coadyuvantes como la maltodextrina debido a sus temperaturas de transición elevadas. Esto asegura un proceso de secado óptimo, respaldando la eficiencia del método.

Se presentan los cálculos necesarios para lograr un secado óptimo al agregar un coadyuvante de secado, con fracciones de w_1 (pulpa de manzana pura) de 0,25% y w_2 (maltodextrina) de 0,75%.

Cálculo de la concentración de Maltodextrina y temperaturas

- **Temperatura de transición vítrea (T_g1)**

Basándonos en la ecuación propuesta por **López y Martínez (2010)**, se determinó que el índice individual de secado de la maltodextrina es de 1,6 con una temperatura de transición vítrea de 160 °C.

$$\frac{1}{Tg} = \frac{w_1}{Tg_1} + \frac{w_2}{Tg_2}$$

$$Tg_1 = \frac{w_1}{\frac{1}{Tg} - \frac{w_2}{Tg_2}}$$

$$Tg_1 = \frac{0,25}{\frac{1}{163,73} - \frac{0,75}{160}}$$

$$Tg_1 = 176,04^\circ\text{C}$$

- **Índice individual de secado de la muestra**

Al considerar $Y=1$ para indicar su posibilidad de secado

$$Y = (a_{glucosa} \times x_{glucosa}) + (a_{aditivo} \times x_{aditivo})$$

$$1 = (0,51 \times 5,2 \times 10^{-9}) + (a_{aditivo} \times 1,00)$$

$$a_{aditivo} = 1,00$$

- **Nueva concentración del aditivo**

Al considerar $Y=1,3$ para un secado exitoso

$$x_{aditivo} = \frac{1,3 - (0,51 \times 5,2 \times 10^{-9})}{1,6}$$

$$x_{aditivo} = 0,62$$

- **Cálculo Tg de la nueva mezcla**

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

$$\frac{1}{Tg} = \frac{0,25}{176,04} + \frac{0,75}{160 \text{ oC}}$$

$$Tg = 163,72 \text{ }^\circ\text{C}$$

- **Cálculo de temperatura de apelmazamiento**

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

$$T_A = 163,72 + 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_A = 183,72 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.4 Cálculo de temperaturas de entrada y salida en el secado para la maltodextrina

Se determinó la temperatura de salida en el secador (T_s) 80 °C, teniendo en cuenta que $T_s < T_A$, siendo la temperatura de entrada (T_e) de 160 °C. Estos cálculos se llevaron a cabo utilizando el diagrama psicrométrico, con el objetivo de lograr una humedad deseada entre 4,5-6% en el producto final. En la Tabla 7 se presentan los valores obtenidos en este proceso.

Según **Masum et al. (2020)** el rango ideal para un efectivo secado por aspersión abarca temperaturas de entrada y salida entre 160-200 °C, y entre 80-100 °C, respectivamente. La selección adecuada de estas temperaturas influye significativamente en la optimización de la capacidad de evaporación y la eficiencia térmica del secador, lo que conduce a la obtención de un producto final de alta calidad. En el estudio evaluado, se observan temperaturas de 160-80 °C para entrada y salida, respectivamente, situándose dentro de los rangos óptimos recomendados y permitiendo la obtención de un producto con la humedad y las características de superficie en polvo deseadas.

Tabla 6.

Temperaturas e índices idóneos para la pulpa de manzana

Muestra	Tg °C (DSC)	Coadyuvante	Tg °C de la mezcla	Ta °C de la mezcla	ai	Te °C	Ts °C
Pulpa de manzana	163,73	Maltodextrina DE10	163,72	183,72	1,60	160	80

Tg (temperatura de transición vítrea), Ta (temperatura de apelmazamiento), ai (índice individual de secado), Te (temperatura de entrada), y Ts (temperatura de salida).

Tomando en cuenta un índice adecuado de secado de $Y=1,3$, observamos en la Tabla 7 la temperatura óptima e idónea de transición vítrea de las mezclas con resultado de 163 °C

3.5 Rendimiento de la pulpa de manzana después del secado

Para determinar el rendimiento de la pulpa, se mantuvieron constantes las condiciones de temperatura de entrada y salida del proceso de secado a 80 °C y 160 °C respectivamente. Estas condiciones se evaluaron en cuatro rangos de porcentaje de maltodextrina, como se

detalla en la Tabla 8. En los dos primeros análisis, con una relación de 1:0,23 y 1:0,92 entre maltodextrina y pulpa, se obtuvieron rendimientos del 0% y $15,045 \pm 0,42\%$ respectivamente; se observó que en ambos casos todo el producto quedó adherido a las paredes del secador. Con una relación de 1:3 entre maltodextrina y pulpa, se logró un rendimiento mejorado del $24,60 \pm 0,55\%$, aunque aún no se alcanzó el porcentaje deseado. Finalmente, con una relación de 1:4 entre maltodextrina y pulpa, se logró un rendimiento óptimo de $62,50 \pm 0,79\%$, considerado el más preciso y adecuado para los análisis posteriores.

Según **Both et al. (2020)**, se observa una notable variación en la morfología de las partículas obtenidas al emplear diferentes rangos de maltodextrina. Se destaca que este coadyuvante es altamente óptimo debido a su naturaleza como polímero resultante de la hidrólisis del almidón, lo que le otorga una alta solubilidad y una baja viscosidad. Se evidencia, con los resultados obtenidos en esta investigación que la maltodextrina mejoró significativamente el rendimiento, facilitando una mayor recuperación del producto y evitando su adherencia a las superficies del equipo. Como se puede apreciar en la tabla 8, se observa una marcada disparidad entre las distintas proporciones de pulpa y maltodextrina empleadas. Se destaca que la relación óptima fue la de 1:4, que logró el mejor rendimiento de $62,50 \pm 0,79\%$. Esta misma proporción se implementó en el desarrollo a escala industrial, obteniendo un rendimiento mayor del $92,5 \pm 0,79\%$.

Tabla 7.

Porcentajes de relación de rendimiento entre las diferentes concentraciones de maltodextrina utilizada

Relación pulpa y MD	% Pulpa y MD	% Rendimiento
1:0,23	81,3:18,7	0 %
1:0,92	19:81	$15,045 \pm 0,42$
1:3	100:50	$24,60 \pm 0,55$
1:4	100:62,5	$62,50 \pm 0,79$

La Figura 3 exhibe un análisis estadístico que compara las medias de rendimiento en función del porcentaje de maltodextrina empleada. Dentro del conjunto de muestras microencapsuladas con distintos niveles de maltodextrina, se observa que el rendimiento más destacado se logró con la proporción 1:4, alcanzando un rendimiento y margen de $62,50 \pm 0,79\%$. El análisis de ANOVA indicó diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

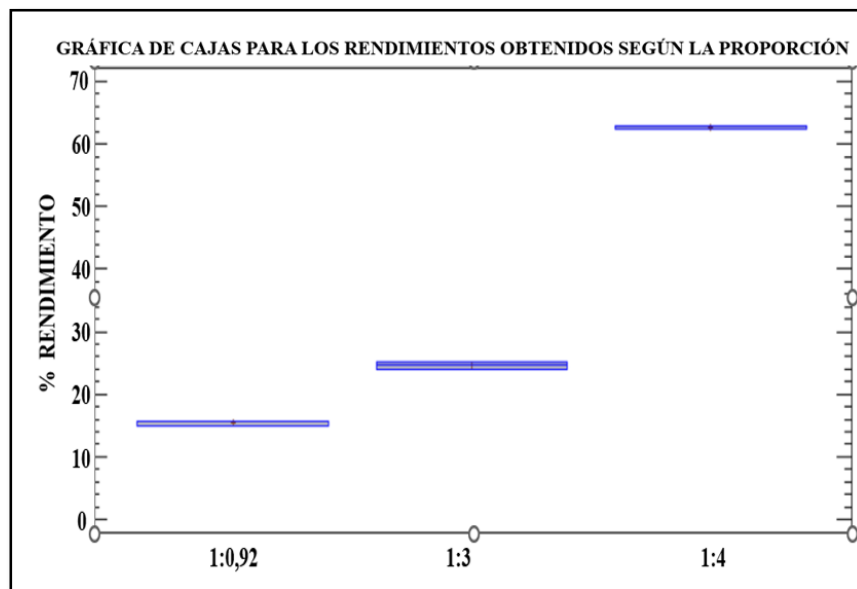


Figura 3. Gráfico de caja para el rendimiento según su porcentaje de maltodextrina

El análisis de varianza ANOVA detallado en la tabla 9 de anexos el cual indica que los grupos microencapsulados con maltodextrina en proporciones de 1:0,92 y 1:3 muestran valores de P inferiores al umbral establecido. Al mostrar los datos de las cajas a niveles diferentes entre las tres muestras, esto sugiere que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las diversas muestras microencapsuladas. Vale la pena mencionar que la proporción 1:4 exhibe un rendimiento medio superior a las proporciones anteriores. Estos datos se corroboran con la tabla ANOVA y la prueba de múltiples rangos descrita en anexos en Tablas 9 y 10.

Basándonos en la relación establecida a escala de laboratorio de 1:4, llevamos a cabo la producción industrial de un lote utilizando el equipo Centrifugal Spray Dryer (Secador

por pulverización centrifuga). El resultado fue un rendimiento mejorado del 94% en la muestra final.

Las evaluaciones organolépticas, fisicoquímicas y sensorial se realizaron con el lote industrial.

3.6 Evaluación organoléptica

3.6.1. Análisis sensorial

Si bien el conocimiento completo de las propiedades físicas y sensoriales de un alimento en polvo tiene una importancia decisiva para la realización de procesos que controlan su calidad y aceptación del producto final (Sharma, 2013). Se llevó a cabo una evaluación sensorial del producto para determinar el nivel de aceptación de dos variantes de pulpa de manzana: una en estado líquido y la otra en forma de polvo combinada con maltodextrina. Este análisis se realizó mediante una prueba de aceptabilidad en un grupo de estudiantes pertenecientes a la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Se entregaron dos muestras con diferentes códigos evaluando así diversos parámetros sensoriales como textura, aroma, sabor, color y nivel general de aceptación, detallados en el apartado de Anexos C en la hoja de cata.

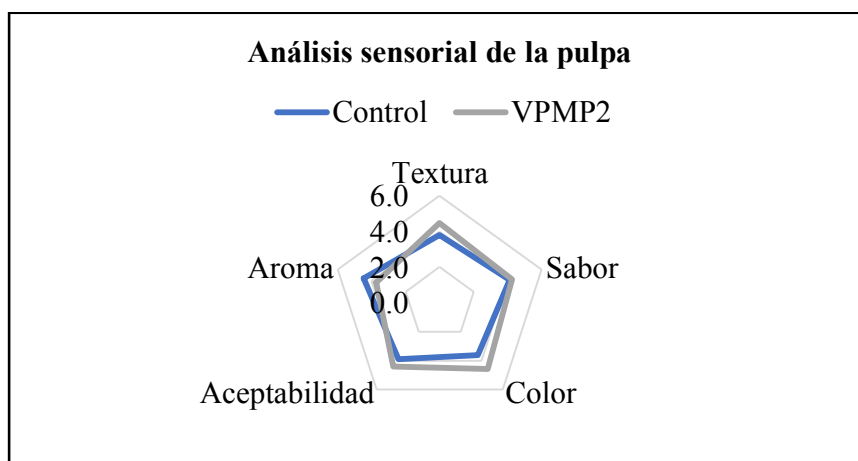


Figura 4. Evaluación sensorial de aceptabilidad de la pulpa de manzana líquida y en polvo

Los atributos sensoriales fueron evaluados utilizando una escala hedónica de 5 puntos, donde se calificó desde 5 (me gusta mucho) hasta 1 (me disgusta mucho). En la figura 4 se representa gráficamente en un gráfico de araña el nivel de aceptación para cada muestra:

el color azul representa la pulpa líquida y el color plomo indica la pulpa en forma de polvo. Los resultados muestran que tanto el sabor como la aceptabilidad general no presentan diferencias significativas entre las dos muestras. Sin embargo, se observa una variación considerable en los aspectos de textura, aroma y color, lo cual se atribuye a la inclusión de maltodextrina en la pulpa en polvo. Esta mezcla modifica ligeramente las características sensoriales del producto final, generando un rango notable de variación en estos aspectos específicos (Goula & Adamopoulos, 2008).

3.7 Evaluación fisicoquímica

3.7.1 FTIR

Se realizó la evaluación mediante espectroscopía infrarroja de la transformada de fourier FTIR para determinar las bandas correspondientes a los grupos funcionales presentes, comparándose el microencapsulado de pulpa de manzana con la maltodextrina y a la pulpa de manzana líquida. En la figura 5 se muestran los espectros.

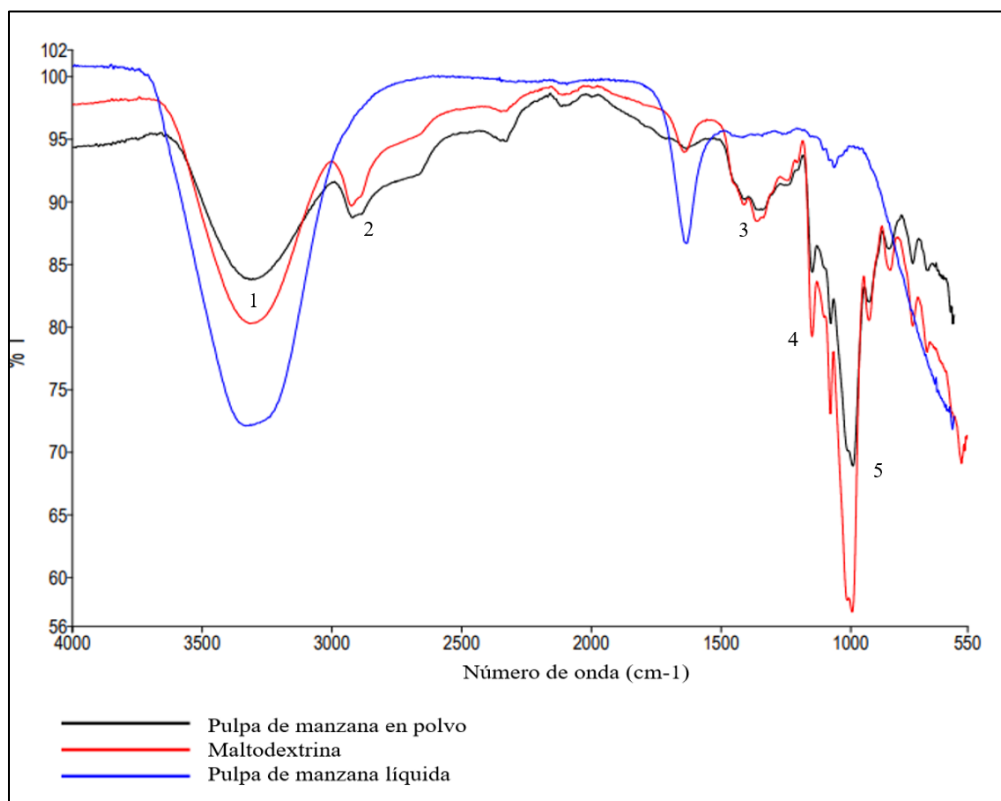


Figura 5. Análisis FTIR para pulpa de manzana en polvo, pulpa de manzana líquida y maltodextrina

La primera banda identificada como 1 en la Figura 5 y ubicado en $3\,314\text{ cm}^{-1}$, representa las vibraciones de los grupos funcionales N-H y C-H, como se menciona en un estudio previo **Maqsoudlou et al. (2020)**. Esta banda se encuentra ligeramente presente en la pulpa microencapsulada y la maltodextrina. Asimismo, las bandas 2 y 3, situados en los valores de $2\,923$ y $1\,147,48\text{ cm}^{-1}$ respectivamente, corresponden a las vibraciones de los grupos funcionales C-H y C=O del ácido carboxílico, según investigaciones previas por **Chaud et al. (2013)**. Se observa una coincidencia de estos picos en las muestras de maltodextrina y pulpa en polvo.

Para las bandas 4 y 5 ubicadas en los valores de $1\,076,30$ y $759,80\text{ cm}^{-1}$, las mismas que corresponden a las vibraciones de los grupos funcionales OH, grupo carbonilo y $\text{C}=\text{C}$ del ácido carboxílico respectivamente según lo mencionado por **Maqsoudlou et al. (2020)** y **Khan et al. (2024)** en comparación con las microencapsulada y la maltodextrina, la pulpa de manzana líquida se encuentra sumamente alejada de estas, siendo la pulpa microencapsulada similar a la maltodextrina que fue el polímero utilizado.

3.7.2 Evaluación de Humedad

El porcentaje de humedad se evaluó al lote industrial, resultando en un valor de $3,03 \pm 0,13\%$ de humedad promedio. Estos resultados en la humedad de la pulpa de manzana en polvo coinciden con los análisis presentados por **Pui et al. (2020)** y **Singh et al. (2019)**, quienes obtuvieron valores de humedad de $4,6 \pm 0,85\%$ y $3,2 \pm 0,61\%$, en distintas variedades de frutas tratadas con niveles de temperaturas y maltodextrina por secado por aspersión similares a los utilizados en el presente estudio. Estos valores verificados están acorde al límite establecido por la norma **NTE INEN 2471 (2010)**, la cual especifica que los niveles de humedad deben mantenerse por debajo del 5% para que el producto sea considerado aceptable.

3.7.3 Evaluación del pH

El pH se midió al mejor tratamiento, resultando en un $3,65 \pm 0,02$. Estos resultados de pH para la pulpa de manzana en polvo coinciden con los presentados por **Santhalakshmy et al. (2015)** y **López-Vargas et al. (2013)**, quienes obtuvieron valores de pH en distintas variedades de pulpas de frutas en polvo obtenidas mediante secado por aspersión similar al obtenido en el presente estudio, registrando valores de $3,1 \pm 0,15$ y $3,75 \pm 0,23$,

respectivamente. Estando todos acorde al límite establecido por la norma **NTE INEN 2471 (2010)**, la cual especifica que el pH debe mantenerse por debajo del 4,2 para que el producto sea considerado aceptable.

3.8 Evaluación microbiológica

3.8.1 Recuento de mohos y levaduras

Según lo citado por **Silva (2019)**, los microorganismos crecen a pH superiores a 4,6, lo que potencia su desarrollo. Dado que la pulpa en polvo obtenida presentó un pH por debajo de 4,6, no se detectó la presencia de mohos y levaduras, ya que estas condiciones no favorecen su crecimiento. Dados los resultados de Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) se obtuvieron valores mínimos de 30e, donde “e” significa valor estimado de contaje, el mismo que se encuentra dentro de los establecido en la norma técnica NTE INEN 2471 (2010).

3.8.2 Recuento de coliformes y coliformes fecales

Los análisis realizados según el estudio **Dziadek et al. (2019)** sobre coliformes no revelan la presencia de este grupo de microorganismos, coincidiendo con las regulaciones vigentes en Ecuador donde mencionan que el valor aceptable es menor < 3 UFC/g. En el anexo A se observan que los resultados obtenidos para la pulpa de manzana en polvo, analizada por el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) confirman la ausencia de coliformes.

3.8.3 Recuento de aerobios mesófilos

Según lo citado por **Pui et al. (2020)**; indican que, un nivel de humedad en el polvo por debajo del 10% es seguro desde el punto de vista microbiológico y mayores al 10% potencia el crecimiento de microorganismos. En el caso específico de la pulpa de manzana en polvo, su contenido de humedad estuvo en $3,03 \pm 0,13\%$, lo que impide el desarrollo de microorganismos dentro del producto. Dado que la muestra presentó niveles de humedad por debajo de 10 %, no se detectó la presencia de aerobios mesófilos, ya que estas condiciones no favorecen su crecimiento. En los resultados de Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) se obtuvo valores mínimos de 10e, donde

“e” significa valor estimado de contaje, el mismo que se encuentra dentro de los límites que establece la norma técnica NTE INEN 2471.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se estudió el método de secado por aspersión empleando maltodextrina como coadyuvante del secado, un polímero con alta solubilidad y baja viscosidad, para convertir la pulpa de manzana en polvo. El tratamiento más efectivo se logró con una proporción de 1:4, obteniendo un rendimiento de $62,50 \pm 0,79\%$ a escala de laboratorio y de $92,5 \pm 0,79\%$ a escala industrial.
- Se propuso mediante un diagrama psicrométrico las temperaturas ideales de entrada y salida para llevar a cabo el proceso de secado por aspersión. Los resultados indicaron que las temperaturas óptimas fueron de 160 y 80 °C, respectivamente. Estos valores contribuyeron significativamente a alcanzar un nivel de humedad inferior al 5%, demostrando la idoneidad de los rangos de temperatura a lo largo de todo el proceso.
- Se llevó a cabo una evaluación de las propiedades organolépticas y fisicoquímicas del tratamiento más efectivo de la pulpa de manzana en polvo, con el fin de someterlo a diversos análisis. Los resultados revelaron que los parámetros de pH, humedad y conteo microbiano se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 247. Además, se realizó una evaluación sensorial que incluyó una prueba de aceptación tanto para la pulpa líquida como para la pulpa en polvo, obteniendo como resultado una alta aceptación por parte de los evaluadores para los productos analizados.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación de secado por aspersión explorando la utilización de distintos agentes coadyuvantes de secado, por ejemplo, el almidón.
- Realizar un estudio de estabilidad para determinar la vida útil del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimentos e ingredientes en polvos innovadores. (2023). *Manzana en polvo*. Recuperado de <https://alsec.com.co/product/manzana-en-polvo/>
- Almoselhy, R. I. (2020). Applications of differential scanning calorimetry (DSC) in oils and fats research. a review. *American Research Journal of Agriculture*. 6(1). 1-9.
- Avvaru, B., Patil, M., Gogate, P., & Pandit, A. (2006). Ultrasonic atomization: Effect of liquid phase properties. *Elsevier*, 44(2). 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2005.09.003>
- Bhatta, S., Stevanovic, T., & Ratti, C. (2020). Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods*, 9(1). 87. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>
- Both, E. M., Boom, R. M., & Schutyser, M. A. (2020). Particle morphology and powder properties during spray drying of maltodextrin and whey protein mixtures. *Powder Technology*, 363, 519-524. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.01.001>
- Cornille, A., Antolín, F., García, E., Vernesi, C., Fietta, A., Brinkkemper, O., Kirleis, W., Schlumbaum, A., & Roldán-Ruiz, I. (2019). A Multifaceted Overview of Apple Tree Domestication. *Cell*, 24(8). 770-782. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.007>
- Chaud, M. V., Lima, A. C., Vila, M. M., Paganelli, M. O., Paula, F. C., Pedreiro, L. N., & Gremião, M. P. (2013). Development and evaluation of praziquantel solid dispersions in sodium starch glycolate. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12(2), 163-168. [10.4314/tjpr.v12i2.5](https://doi.org/10.4314/tjpr.v12i2.5)
- Díaz, Y., Torres, L., Serna, J., & Sotelo, L. (2017). Efecto de la Encapsulación en Secado por Atomización de Biocomponentes de Pitahaya Amarilla con Interés Funcional. *Scielo*, 28(6), 23-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004>
- Dziadek, K., Kopeć, A., Drózdź, T., Kiełbasa, P., Ostafin, M., Bulski, K., & Oziembłowski, M. (2019). Effect of pulsed electric field treatment on shelf life and

- nutritional value of apple juice. *Journal of food science and technology*, 56, 1184-1191. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03581-4>
- Dubois, M. (1958). *Método colorimétrico de Fenol-sulfúrico para determinación de carbohidratos totales. Química Analítica*. Recuperado de <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P660.2812CDP977/ANEXOS.PDF>
- Ergün, Z. (2021). Determination of biochemical contents of fresh, oven-dried, and sun-dried peels and pulps of five apple cultivars (Amasya, Braeburn, Golden Delicious, Granny Smith, and Starking). *Journal of Food Quality*, 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/9916694>
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology*, 26(6), 726-737. <https://doi.org/10.1080/07373930802046377>
- Jedlińska, A., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D., Derewiaka, D., Wołosiak, R., Matwiczuk, A., Niemczynowicz, A., & Samborska, K. (2020). Quality assessment of honey powders obtained by high-and low-temperature spray drying. *Applied Sciences*, 11(1), 224. <https://doi.org/10.3390/app11010224>
- Khan, P. P., Talaviya, G., Vadavariya, S., Desai, H., Togadiya, V., Rakholiya, K. Desai, H., Vijay, T., Kaneria, M., & Padalia, H. (2024). Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and photocatalytic activity of zinc oxide nanoparticles synthesized from *Parmotrema perlatum*. In *Nanotechnology and In Silico Tools. Elsevier*: 141-154. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15457-7.00019-8>
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Singh, S., Saha, S., Sharma, V. K., ... & Sharma, S. K. (2018). Nutritional characterization of apple as a function of genotype. *Journal of food science and technology*, 55, 2729-2738. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3195-x>

- López, O., & Martínez, L. (2010). Herramientas para el diseño de las condiciones del proceso de secado por aspersion de extractos vegetales para uso farmacéutico. *SciELO*, 15(3), 152-156.
- López-Vargas, J. H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2013). Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Food Research International*, 51(2), 756-763. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.055>
- Lyu, F., Luiz, S., Perdomo, D., Cruz, A., Ajlouni, S., & Senaka, C. (2020). Apple Pomace as a Functional and Healthy Ingredient in Food Products: A Review. *Processes*, 8(3), 319. <https://doi.org/10.3390/pr8030319>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1990). *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del número más probable* (NTE INEN 1529-6). Recuperado de <https://ia801500.us.archive.org/26/items/ec.nte.1529.6.1990/ec.nte.1529.6.1990.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1998). *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad* (NTE INEN 1529-10). Recuperado de <https://ia801900.us.archive.org/5/items/ec.nte.1529.10.1998/ec.nte.1529.10.1998.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). *Control microbiológico de los alimentos. determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Rep.* (NTE INEN 1529-5). Recuperado de <https://ia802906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos*. (NTE INEN 2471). Recuperado de <https://archive.org/details/ec.nte.2471.2010/page/n1/mode/2up>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Productos vegetales y de frutas – determinación de pH (IDT)* (NTE INEN 1842). Recuperado de <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/6anerGMf64crLBz>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Análisis sensorial. Metodología. Guía general para la medición del olor, de la sensación olfato-gustativa y del gusto mediante el procedimiento de elección forzosa de una entre tres alternativas (EFA-3)*. (NTE INEN ISO 13300-2:2010, IDT)
- Masson, L. (1997). FAO. *Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ah833s/Ah833s16.htm#:~:text=La%20determinaci%C3%B3n%20de%20humedad%20es,base%20ta%20como%20se%20recibi%C3%B3>.
- Masum, A. K. M., Chandrapala, J., Huppertz, T., Adhikari, B., & Zisu, B. (2020). Influence of drying temperatures and storage parameters on the physicochemical properties of spray-dried infant milk formula powders. *International Dairy Journal*, 105, 104696. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104696>
- Maqsoudlou, A., Mahoonak, A. S., Mohebodini, H., & Koushki, V. (2020). Stability and structural properties of bee pollen protein hydrolysate microencapsulated using maltodextrin and whey protein concentrate. *Heliyon*, 6(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03731>
- Mayasari, E., Saloko, S., Anandika, O., & Ulfa, M. (2020). Effect of Inlet Air Temperature on the Properties of Spray Dried San-sakng (*Albertisia papuana* Becc.) Leaf. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 8(6). 1245-1249. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i6.1245-1249.2930>
- Okatan, V., Bulduk, I., Sekara, A., Colak, A. M., Kaki, B., & Gundogdu, M. (2018). Bioactive components and market quality of apple (*Malus x domestica* borkh.) fruits

could be effectively controlled by trees pretreatment with boric acid, melatonin and gibberellic acid. *Fresenius Environ. Bull.*, 27(10), 6933-6944.

- Pui, L. P., Karim, R., Yusof, Y. A., Wong, C. W., & Ghazali, H. M. (2020). Optimization of spray-drying parameters for the production of 'Cempedak' (*Artocarpus integer*) fruit powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3238-3249. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00565-3>
- Robinson, J. P., Harris, S. A., & Juniper, B. E. (2001). Taxonomy of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, *Malus domestica* Borkh. *Plant Systematics and Evolution*, 226, 35-58. <https://doi.org/10.1007/s006060170072>
- Sharma, M., Kadam, D. M., Chadha, S., Wilson, R. A., & Gupta, R. K. (2013). Influence of particle size on physical and sensory attributes of mango pulp powder. *International Agrophysics*, 27(3). <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0001>
- Shrivastava, A., Dutt, A., Paul, V., & Chandra, D. (2021). Optimization of spray drying parameters for custard apple (*Annona squamosa* L.) pulp powder development using response surface methodology (RSM) with improved physicochemical attributes and phytonutrients. *Elsevier*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112091>
- Silva, F. (2019). Heat assisted HPP for the inactivation of bacteria, moulds and yeasts spores in foods: Log reductions and mathematical models. *Elsevier*, 88. 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.016>
- Singh, C. S., Paswan, V. K., & Rai, D. C. (2019). Process optimization of spray dried Jamun (*Syzygium cumini* L.) pulp powder. *LWT*, 109, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.011>
- Spengler, R. (2019). Origins of the Apple: The Role of Megafaunal Mutualism in the Domestication of *Malus* and Rosaceous Trees. *Frontiers in Plant Science*, 10.1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00617>
- Shoaib, A., Ahmad Shoaib, M., Ranjan, K., Paramdeep, B., Farogh, A., Arshiya, S., Abdullah, A., Mohammad, S., & Saba, P. (2020). A Contrastive

Phytopharmacological Analysis of Gala and Fuji Apple. *Indian Journals*, 13(3). 1527- 1527. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2020.00278.4>

Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016>

Trindade, M., Radünz, M., Ramos, A. H., Silveira, C. S., Gandra, E. A., & Helbig, E. (2020). Chemical characterization, antimicrobial and antioxidant activity of sugar-apple (*Annona squamosa* L.) pulp extract. *Rev. chil. nutr*, 281-285.

Anexos

Tabla 8.

Valores de absorbancia para la determinación de pulpa de manzana

Concentración (mg/L)	Absorbancia (490 nm)
0,02	0,5944 ± 0,012
0,04	0,5953 ± 0,022
0,06	0,54540 ± 0,017
0,08	0,59570 ± 0,009
0,1	0,5961 ± 0,015

Tabla 9.

Tabla ANOVA

ANOVA Table

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3762.58	2	1881.29	9673.00	0.0000
Within groups	1.16693	6	0.194489		
Total (Corr.)	3763.75	8			

Tabla 10.

Pruebas de múltiples rangos

	Count	Mean	Homogeneous Groups
1:0,92	3	15.4467	A
1:3	3	24.6	B
1:4	3	62.6667	C

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1:3 - 1:4	*	-38.0667	0.881092
1:3 - 1:0,92	*	9.15333	0.881092
1:4 - 1:0,92	*	47.22	0.881092

Anexo A. Porcentajes de rendimiento de las diferentes relaciones de maltodextrina

Diferentes rendimientos detallados en porcentaje para cada una de las réplicas con diferentes porcentajes de maltodextrina 1:0,92 1:3 1:4 con una variación de $\pm 0,42$ y $0,92$ %. Se marco de color celeste el mejor rendimiento para la proporción 1:0,92, con verde el mejor rendimiento para la proporción 1:3 y café para la proporción 1:4. Finalmente se presentan un promedio con cada una de las proporciones determinando que el mejor rendimiento viene del porcentaje 1:4 marcado de color amarillo.

PROPORCIÓN	R1	1:0,92	15,6
		1:3	25,15
		1:4	62,6
	R2	1:0,92	15,77
		1:3	24,05
		1:4	62,8
	R3	1:0,92	14,97
		1:3	24,6
		1:4	62,3
PROMEDIO	1:0,92	15,45 \pm 0,42	
	1:3	24,6 \pm 0,55	
	1:4	62,5 \pm 0,79	

Anexo B. Resultados de los análisis realizados en los laboratorios de Laconal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

01258



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 10-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 23-250		R01-7.8.03				
Solicitud N°: 23-250		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción: 18 de diciembre de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 18 al 21 de diciembre de 2023					
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC:	0603931353				
Representante: Carlos Veloz	TIF:	2523121				
Dirección: Ambato	Email:	cveloz1353@uta.edu.ec				
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Pulpa de manzana en polvo	Peso:	271 g				
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	funda plástica				
Lote: n/a	No de muestras:	una				
F. Elb.: n/a	F. Exp.:	n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab:	30 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	18 de diciembre de 2023				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Pulpa de manzana en polvo	25023485	ninguno	*Aerobios Mesófilos, Petrifilm	PE03-7.2-MB AOAC 990.12. Ed. 22, 2023	UFC/ g	10 (e)
			Mohos, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPM/g	30 (e)
			Levaduras, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPL/g	10 (e)
			Coliformes Totales, Compact Dry	PE01-7.2-MB AOAC R.1. 110402. Ed. 22, 2023	UFC/ g	<10
			E. Coli, Compact Dry	PE01-7.2-MB AOAC R.1. 110402. Ed. 22, 2023	UFC/ g	<10

Anexo C. Hoja de Cata

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN
ALIMENTOS

"Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de manzana (*Malus domestica*
(suckow) borch) en polvo."

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

Se le entregaran 2 muestras, cada una de ellas identificada como muestra 1-2- 3

Pruebe la muestra e identifique su nivel de agrado y marque con una X la opción que usted considera.

Considerando que 5 es el mayor puntaje y 1 el menor puntaje.

Luego de consumir cada muestra por favor tome un sorbo de agua y continúe con la siguiente muestra.



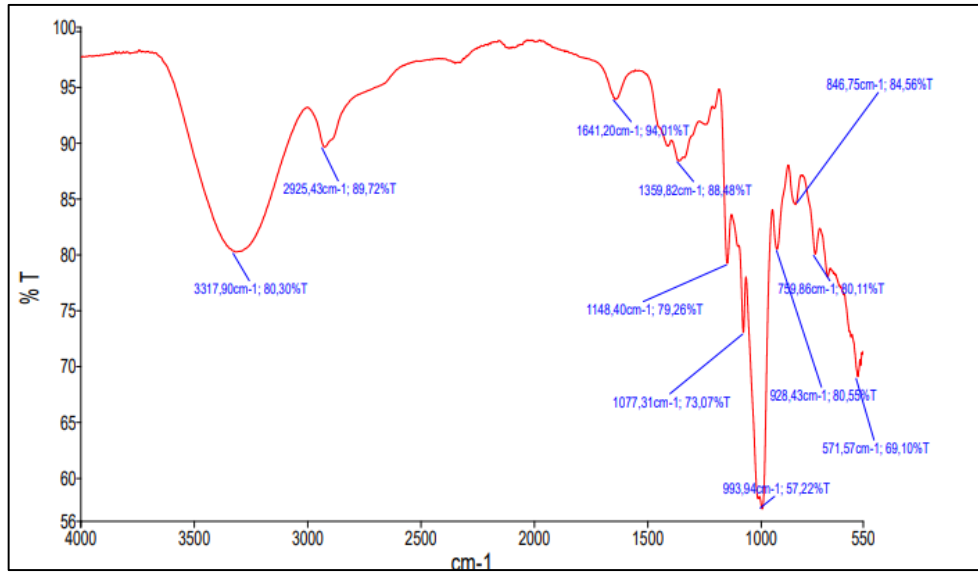
Característica	Alternativa	Muestras (pulpa de manzana)	
		Muestra 1 (VPML1)	Muestra 2 (VPMP2)
TEXTURA	1. Me disgusta mucho		
	2. Me disgusta		
	3. Ni me gusta ni me disgusta		
	4. Me gusta		
	5. Me gusta mucho		
SABOR	1. Me disgusta mucho		
	2. Me disgusta		
	3. Ni me gusta ni me disgusta		
	4. Me gusta		
	5. Me gusta mucho		
COLOR	1. Me disgusta mucho		
	2. Me disgusta		
	3. Ni me gusta ni me disgusta		

ACEPTABILIDAD	4. Me gusta		
	5. Me gusta mucho		
	1. Me disgusta mucho		
	2. Me disgusta		
	3. Ni me gusta ni me disgusta		
AROMA	4. Me gusta		
	5. Me gusta mucho		
	1. Me disgusta mucho		
	2. Me disgusta		
	3. Ni me gusta ni me disgusta		

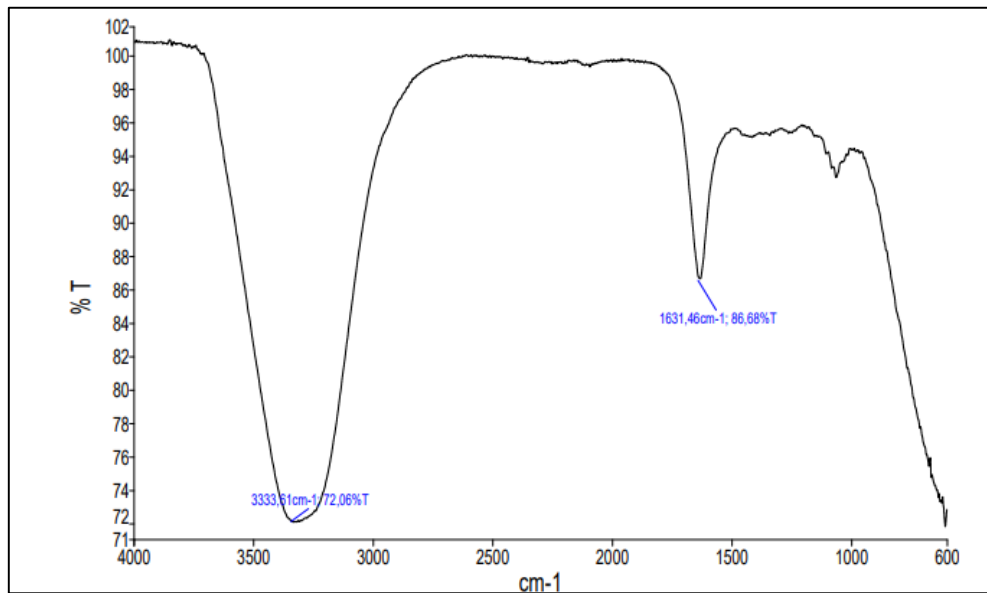
OBSERVACIONES:

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

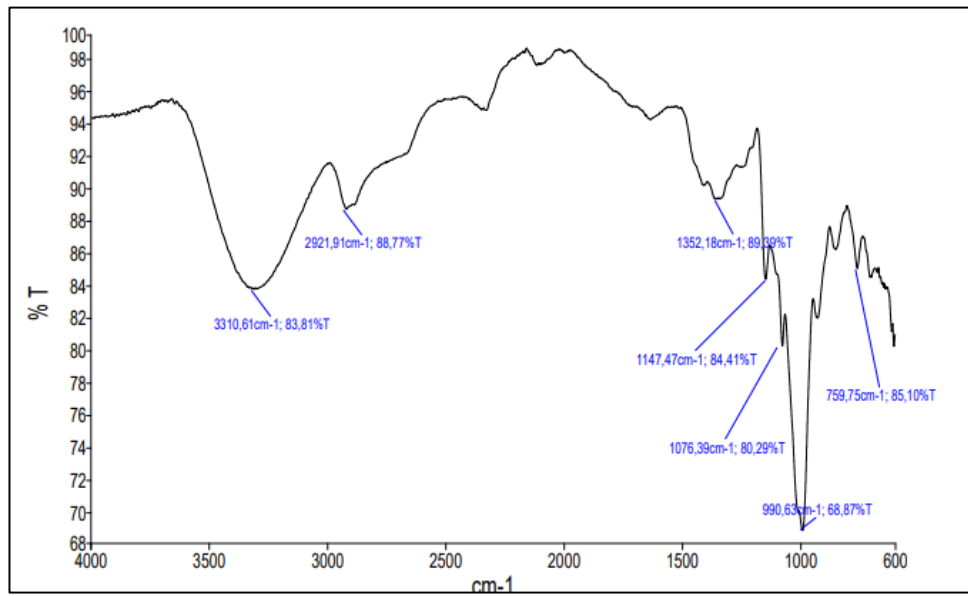
Anexo D. Análisis de FTIR para la muestra de maltodextrina con etiquetas



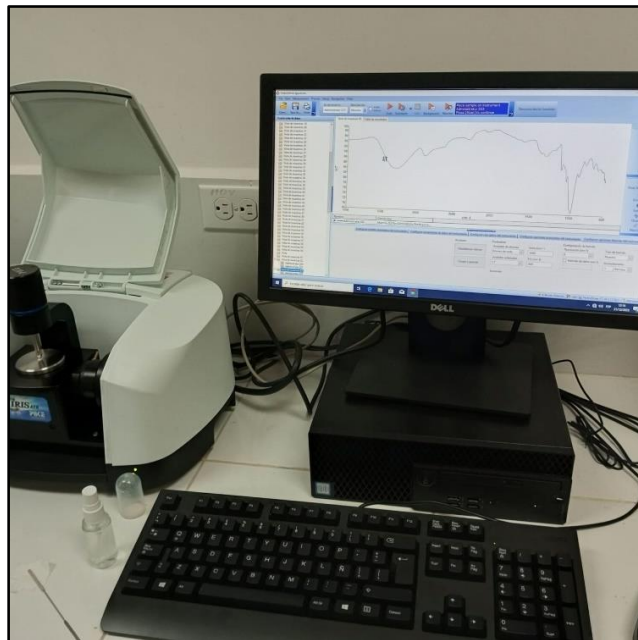
Anexo E. Análisis de FTIR para la muestra de pulpa de manzana líquida con etiquetas



Anexo F. Análisis de FTIR para la muestra de pulpa de manzana en polvo con etiquetas



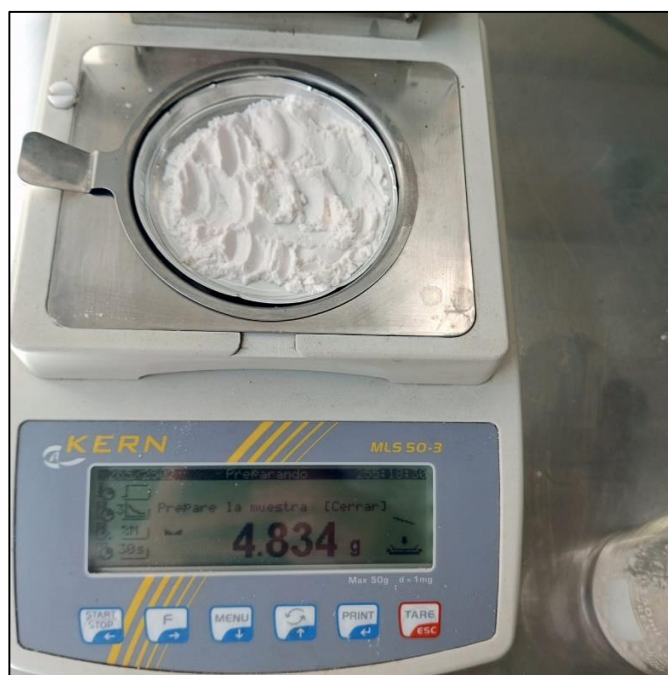
Anexo G. Equipo FTIR para la medición de los picos



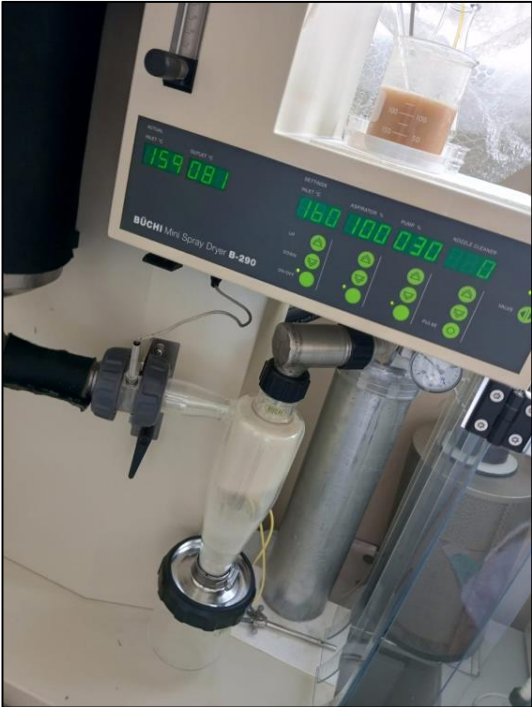
Anexo H. Medición del pH del producto final realizado a escala industrial



Anexo I. Medición de humedad del producto final realizado a escala industrial



Anexo J. Secado de la pulpa de manzana liquida mediante el uso del equipo Spray Dryer



Anexo K. Análisis sensorial



Figura 6. *Evaluación sensorial de las muestras líquidas y en polvo de pulpa de manzana*