



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

**Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche,
pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y harina de maíz,
mediante secado por aspersión.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Químico

Autores:

Luis Felipe Cobo Encalada
C. I. 0105743868
Correo electrónico: coboluisfelipe@gmail.com

Daniela Angélica Solis Rodas
C. I. 0302049846
Correo electrónico: danisolis41@hotmail.com

Directora:

Diana Jesús Andrade Muñoz
C. I. 0301665378

Asesor:

David Enrique Vanegas Jácome
C. I. 0104046057

Cuenca – Ecuador

16 de diciembre del 2021



RESUMEN

En el presente estudio se realizó la elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche, pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y harina de maíz mediante secado por aspersión. Este producto se obtuvo a partir de diseños experimentales aplicados tanto a la formulación como a los parámetros de operación de secado en relación con el sabor y humedad respectivamente, mientras que para garantizar la inocuidad de las mezclas obtenidas se cumplió con las normas INEN, realizando análisis fisicoquímicos, microbiológicos y determinación de la cantidad de proteína.

La investigación se enfocó en obtener la pre-mezcla ideal que ingresaría al secador por aspersión, mediante una evaluación sensorial, cuya composición fue de 50.6 % suero de leche, 32 % maltodextrina, 15.6 % pulpa de tomate de árbol, 1.5 % harina de maíz y 0.3 % de edulcorante stevia; a esta mezcla se realizaron pruebas físico químicas de grados Brix, densidad y viscosidad. Para la obtención de la bebida en polvo se realizó el secado por aspersión de la pre - mezcla, en el cual se estudiaron las mejores condiciones de secado, obteniendo como variable respuesta la humedad del polvo. Se obtuvieron las condiciones óptimas de operación del equipo a través de una superficie de respuesta, en donde se obtuvo la temperatura óptima de secado de 140 °C y una velocidad de alimentación de 4, correspondiente a 9.25 ml/min. Con estos valores de parámetros de operación del equipo se obtuvo un porcentaje de humedad mínima de 4.19 %, permitiendo al producto cumplir con la normativa local. Adicionalmente, se realizaron pruebas físico químicas al polvo obtenido tales como: pH de reconstitución, actividad acuosa, solubilidad, análisis microbiológico y análisis de proteína.

El análisis de datos se llevó a cabo mediante un ANOVA para determinar estadísticamente diferencias entre las variables de operación del equipo y sus interacciones con relación a la variable de respuesta humedad.

Palabras clave: Secado por aspersión. Bebida instantánea. Evaluación sensorial, Temperatura de secado. Velocidad de alimentación. Humedad.



ABSTRACT

In this study, an instant beverage was made from whey, tamarillo pulp (*Solanum betaceum*) and corn flour by a process of spray drying. This product was obtained from experimental designs applied to the formulation as well as to the parameters of the spray drying operation, related to flavour and humidity respectively. To ensure the safety of the mixtures, INEN standards were complied, carrying out physicochemical and microbiological analyses, as well as protein quantification.

This research focused on obtaining the ideal mix that would enter in the spray dryer, carried out using a sensory evaluation. As a result of the sensory evaluation, the composition of the best mix was 50.6 % whey, 32 % maltodextrin, 15.6 % tamarillo pulp, 1.5 % corn flour and 0.3 % stevia sweetener; physicochemical, Brix degrees, density and viscosity analyzes were performed to this resulting mixture. In order to obtain the powdered beverage, the mix was spray-dried, in which the best drying conditions were studied through humidity of the powder as the response variable. The optimal conditions of the equipment operation were determined through a response surface, where the best drying temperature of 140 °C was obtained as well as a feed rate of 4, corresponding to 9.25 ml/min. With these results of operating parameters of the spray dryer, a minimum humidity percentage of 4.19 % was obtained, allowing the product to comply with local standards. In addition, physicochemical tests were performed on the powder, such as: reconstitution pH, aqueous activity, solubility, microbiological analysis and protein quantification.

Data analysis was carried out using ANOVA to statistically determine differences between operating variables of the spray dryer and their interactions with the response variable humidity.

Key words: Spray drying. Instant beverage. Sensorial evaluation. Drying temperature. Feed rate. Humidity.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
DEDICATORIA	12
AGRADECIMIENTOS	14
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	18
Objetivo General	18
Objetivos específicos	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 Bebidas funcionales	19
1.1.1 Bebidas funcionales.....	19
1.1.2 Beneficios para la salud de las bebidas funcionales.....	20
1.2. Principales materias primas	20
1.2.1 Suero lácteo: definición y orígenes	20
1.2.2 Pulpa de tomate de árbol - Solanum betaceum: definición y orígenes	22
1.2.3. Harina de maíz.....	24
1.3. Aditivos	24
1.3.1. Maltodextrina	24
1.3.2. Stevia	25
1.4. Procesos tecnológicos empleados en la obtención de bebidas en polvo	27
1.4.1 Secado	27
1.4. Microencapsulación	39
1.4.1 Aplicaciones en la industria alimentaria.....	40
1.4.2 Microencapsulación aplicada al secado por aspersión.....	40
2. METODOLOGÍA	42
2.1 Materiales y Equipos	42
2.2 Sustancias y reactivos	42
2.3 Descripción del proceso	43
2.3.1 Obtención de la materia prima	43
2.3.2 Caracterización fisicoquímica del suero de leche	44
2.3.3 Producción de la bebida.....	45
2.3.4 Proceso de secado.....	48
2.3.5 Análisis de laboratorio para el producto en polvo.....	52
2.4 Diseño de investigación	54
2.4.1 Determinación de porcentajes de los ingredientes	54
2.4.2 Diseño factorial y optimización de las variables de operación.....	56



2.5. Procesamiento y análisis de datos.....	58
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	59
3.1 Parámetros físico químicos del suero.....	59
3.1.1 pH.....	59
3.1.2 Acidez titulable.....	59
3.1.3 Análisis de proteína.....	60
3.2 Análisis de la pre-mezcla.....	60
3.2.1 Grados Brix.....	60
3.2.2 Densidad.....	61
3.2.3. Viscosidad.....	61
3.2.4. Evaluación sensorial.....	62
3.3 Análisis del producto en polvo final.....	63
3.3.1 Humedad.....	63
3.3.2 pH de reconstitución.....	64
3.3.3 Actividad acuosa.....	64
3.3.4. Solubilidad.....	65
3.3.5. Análisis microbiológico.....	66
3.3.6. Análisis de proteína.....	66
3.4. Optimización de las variables de operación del equipo de secado.....	67
3.4.1. Superficie de respuesta.....	67
3.5 Análisis estadístico del diseño factorial.....	69
4. CONCLUSIONES.....	72
5. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS.....	85
Anexo 1. Ficha de catación.....	85
Anexo 2. Influencia de la aW y del pH en la estabilidad de alimentos.....	85
Anexo 3. Tabla de Fischer.....	86
Anexo 4. Pre-mezcla.....	87
Anexo 5. Producto terminado.....	87
Anexo 6. Análisis del contenido de proteína en el suero líquido.....	88
Anexo 7. Análisis del contenido de proteína en el producto terminado.....	88
Anexo 8. Análisis de mohos y levaduras en el producto terminado.....	89
Anexo 9. Proceso de secado.....	90



INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de proceso de secado y encapsulación.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2. Actividad funcional de los compuestos fenólicos y antocianinas antes y después del secado.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3. Esquema general de un sistema de secado por aspersion.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4. Representación de los atomizadores convencionales utilizados en secado por aspersion. (A) Atomizador rotatorio, (B) Atomizador de boquilla hidráulica y (C) Atomizador de boquilla neumática.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5. Evolución de la temperatura durante la cinética de secado de una gota de líquido atomizado.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6. Diagrama de preparación de la premezcla.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 7. Diagrama de secado de la mezcla </i>	<i>48</i>
<i>Figura 8. Equipo de secado y boquilla de atomización.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 9. Esquema del atomizador en el equipo de secado </i>	<i>50</i>
<i>Figura 10. Curva de calibración de bomba peristáltica del equipo de secado.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 11. Espacio de diseño obtenido por el diseño de vértices extremos con los puntos de estudio.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta de humedad en relación con la temperatura de secado y velocidad de alimentación.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 13. Gráfica de efectos principales para la variable respuesta humedad.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 14. Gráfica de efectos de interacción para la variable respuesta humedad.</i>	<i>71</i>



INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Requisitos microbiológicos de una bebida láctea con suero de leche.....	22
TABLA 2. Composición nutricional de tomate de árbol.	23
TABLA 3. Velocidad de la bomba.....	51
TABLA 4. Elección de las restricciones en los componentes de la porción de estudio.....	55
TABLA 5. Matriz de proporciones de cada ingrediente.	56
TABLA 6. Diseño factorial 2^2	57
TABLA 7. Resultados de acidez titulable.	59
TABLA 8. Resultados de densidad.	61
TABLA 9. Resultados tiempos de escurrimiento.....	61
TABLA 10. Resultados viscosidad cinemático.....	62
TABLA 11. Resultados viscosidad dinámica.....	62
TABLA 12. Resultados de la evaluación sensorial.....	63
TABLA 13. Resultados de la humedad.....	64
TABLA 14. Resultados del % de solubilidad.	65
TABLA 15. Condiciones óptimas para la operación del equipo de secado.	68
TABLA 16. Análisis de varianza ANOVA.....	69



Cláusula de Propiedad Intelectual

Luis Felipe Cobo Encalada, autor del trabajo de titulación "Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche, pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y harina de maíz, mediante secado por aspersión", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 16 de diciembre del 2021



Luis Felipe Cobo Encalada

C.I: 0105743868



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniela Angélica Solís Rodas, autor/a del trabajo de titulación "Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche, pulpa de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*) y harina de maíz, mediante secado por aspersión", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 16 de diciembre de 2021

Daniela Angélica Solís Rodas

C.I: 0302049846



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Luis Felipe Cobo Encalada, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche, pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y harina de maíz, mediante secado por aspersion", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de diciembre del 2021.

Luis Felipe Cobo Encalada

C.I: 0105743868



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Daniela Angélica Solis Rodas en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche, pulpa de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*) y harina de maíz, mediante secado por aspersión”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de diciembre de 2021



Daniela Angélica Solis Rodas

C.I: 0302049846



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mi madre Fátima, quien me ha acompañado y alentado durante todos mis estudios profesionales, me ha dado todos los ánimos para la finalización de mi carrera y me ha enseñado todos los valores que necesitare para mi vida profesional. De igual manera dedico esta investigación a mis hermanos, abuelos, tíos, primos y amigos, quienes me apoyaron y alentaron incondicionalmente durante mis estudios.

Luis Felipe Cobo.



Este logro se lo dedico a mis padres, ellos han sido el ejemplo más grande a seguir y cada día han luchado para que mi hermana y yo tengamos todo. Siempre apoyando nuestros sueños y afrontando cada uno de nuestras dificultades en unión familiar. Esta tesis la dedico a mis abuelos paternos quienes desde pequeña me han enseñado que debo luchar por mis sueños sin importar el largo camino. Ellos han estado en cada uno de las etapas de la vida y me han apoyado como mis segundos padres además han hecho todo lo posible para siempre permanecer unidos como familia. A mi tía Marisol, que día a día me ha apoyado en mi carrera universitaria, me ha dado consejos y sobre todo siempre me ha impulsado a seguir adelante que no importa cuán difícil este la situación. A mi hermana, la bebé de la casa gracias por su apoyo y comprensión. Quiero que sepa que siempre podrá lograr lo que se proponga que lo que importa es cuanto empeño ponga a sus metas. A Robinson, quien ha estado este tiempo apoyándome y confiando en mí, con quién he compartido los mejores momentos y sueños. Una persona muy inteligente, cariñoso, amable, atento, mi mejor amigo y pareja.

Daniela Solis.



AGRADECIMIENTOS

Estoy infinitamente agradecido con Dios, que me dio todas las capacidades para realizar mi carrera y escribir este trabajo de titulación.

Agradezco a toda mi familia, quien siempre estuvo a mi lado para apoyarme en todas las circunstancias y brindarme su respaldo en todo momento.

A mis padres, María Fátima y John Felipe, quienes han velado por mí durante mis estudios, y quienes me han respaldado ante todas las circunstancias.

A mis abuelos Rosa y Enrique, quienes, con su sabiduría, me han guiado para afrontar todos los retos en mi carrera profesional.

A Álvaro, a mis hermanos María Gracia y Francisco, mis tíos, primos y amigos, quienes siempre me han dado todas las facilidades y sus consejos para mi vida y mis estudios y quienes han estado junto a mí para su ayuda en cualquier situación.

A mis tutores de este trabajo, Diana Andrade y David Vanegas, por su apoyo, guía y asesorarnos de la mejor manera para la finalización de este trabajo.

A Verónica Saetama, docente de los laboratorios, por brindarnos su incondicional ayuda y su tiempo para la realización de este trabajo.

A Daniela Solís, compañera de este trabajo de investigación, por haber contribuido con todos sus conocimientos, su amistad y todo el ánimo para finalizarlo.

Finalmente, agradezco a cada una de las personas con quienes he tenido la oportunidad de compartir durante todo el trayecto de mi carrera.

Luis Felipe Cobo.



A Dios, por darme la vida y salud para poder confiar en mí misma y alcanzar cada una de mis metas.

A mis padres, por darme el apoyo incondicional y ayudarme en todo este camino, sobre todo por darme cada uno de los valores que me han ayudado a ser la persona que soy hoy en día.

A mi hermana, por la paciencia y la ayuda brindada a pesar de ser pequeña.

A mis abuelos, por siempre apoyarme y ser los segundos padres y madres que nos da Dios.

A mis tíos y primos, por siempre darme su apoyo y ser un ejemplo para todos.

A Robinson Loja, por siempre apoyarme y no dejarme sola en ningún momento.

A Felipe Cobo, por apoyarme en este trabajo y en la carrera, por tenerme paciencia y por cada experiencia compartida durante todo este tiempo.

A la Universidad de Cuenca, por darme la gran oportunidad de ser parte de su comunidad y poder aprender cada día no solo en el ámbito académico sino personal.

A mis docentes, que con su arduo trabajo han aportado en mí con su conocimiento para poder desenvolverme en mi vida profesional.

A mis amigos y compañeros de carrera, por su apoyo y sobre todo por enseñarme cuan valioso es tenerlos como parte de mi vida.

A mi tutora Diana Andrade, por compartir su conocimiento y ayudarme durante este proceso, por confiar en mí y en cada una de mis capacidades.

A la ingeniera Verónica Saetama, por brindarme su conocimiento, su tiempo y experiencia en el manejo del equipo de laboratorio.

Daniela Solis.



INTRODUCCIÓN

El cambio climático, la disponibilidad de alimentos, las diferencias económicas en los territorios mundiales, la tendencia mundial de llevar una buena alimentación y las brechas sociales, que generan principalmente desnutrición en poblaciones vulnerables, han inducido a la necesidad de diseñar alimentos para un segmento de población que está cada vez más preocupada por la salud y la calidad de vida. Esto ha generado cambios en la industria alimentaria, revolucionando la manera en que se producen los alimentos, enfocados principalmente en su innovación utilizando nuevos recursos para su diseño (FAO, 2017).

La industria alimentaria ha desarrollado procesos en los que se aprovecha la mayoría de los componentes de un producto e intenta disminuir la generación de desperdicios, generalmente subproductos para crear nuevos productos. El suero de leche es un subproducto obtenido a través de la elaboración de quesos y mantequillas, mediante el cuajado de la leche. Generalmente el suero de leche es utilizado para alimentación de ganado o simplemente desechado y vertido en ríos y suelos, causando problemas de contaminación (Poveda E, 2013). En lugar de tomarlo como un subproducto sin un uso significativo posterior, se lo puede utilizar en la elaboración de alimentos altamente nutritivos gracias a su contenido de proteínas. Se ha comprobado que 1000 litros de suero de leche contienen más de 9 kg de proteína de alto valor biológico, 50 kg de lactosa y 3 kg de grasa de leche; esto es equivalente a los requerimientos diarios de proteína de cerca de 130 personas y a los requerimientos de energía de más de 100 personas (Araujo et al., 2013).

El diseño de nuevos productos a través de la investigación estudia la adición de diferentes sustancias que aportan propiedades conservantes, texturizantes, nutricionales, etc. En este caso, para la elaboración de una bebida con fines nutricionales se utilizó tomate de árbol (*Solanum betaceum*), una fruta originaria de la región andina de Colombia, Ecuador y Perú, adicionada por sus propiedades antioxidantes, contenido de minerales, entre otros, que generan cambios positivos en la salud de sus consumidores. La harina de maíz blanco se adiciona para dar textura y brindar un alto poder antioxidante obteniendo así una bebida con un potencial nutracéutico, siendo una alternativa de este cereal (Milán et al., 2017).



Así como existen estudios para desarrollar alimentos con propiedades nutricionales altas, la industria se ha enfocado en investigar métodos de producción que garanticen la estabilidad de estos productos, llevándolos a tener un mayor tiempo de consumo, mayor estabilidad y facilidad de envasado. Dentro de estos procesos tecnológicos se encuentra el secado por aspersion, el cual convierte alimentos líquidos en polvo, eliminando su contenido de agua y disminuyendo su actividad acuosa, causante del desarrollo microbiano que se pudiera dar en el producto. Al eliminar el agua del producto se concentran sus componentes y disminuye el volumen de almacenamiento, facilitando su transporte, distribución y consumo posterior. Además, el secado por aspersion permite un diseño funcional más específico de productos e incrementa la flexibilidad de alimentación de las mezclas, al secador, que se pueden proporcionar en varias formas como soluciones, emulsiones o suspensiones (Bhonsale et al., 2019).



OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener una mezcla en polvo de suero de leche, pulpa de tomate de árbol y harina de maíz, que sea soluble en agua para su consumo inmediato, mediante secado por aspersión.

Objetivos específicos

- Desarrollar la formulación óptima de la pre-mezcla de alimentación del secador mediante evaluación sensorial.
- Establecer los parámetros adecuados del secador por aspersión (temperatura y velocidad de alimentación).
- Obtener una bebida instantánea de acuerdo con los estándares y requisitos propuestos para este tipo de bebida por el instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN garantizando la inocuidad de la misma.



1. MARCO TEÓRICO

1.1 Bebidas funcionales

Una de las tendencias actuales en nutrición es acentuar la importancia de los hábitos de vida diarios donde la elección de los alimentos ya no se basa únicamente en su valor nutricional, sino que toma en cuenta sus propiedades nutricionales, generalmente asociadas a la búsqueda de un estilo de vida saludable. Esto hace que el mercado se incline cada vez más a elegir productos que ayuden al cuidado de la salud, prevengan enfermedades, mejoren el funcionamiento del cuerpo, retarden el envejecimiento y sean más naturales, es decir, alimentos menos procesados (Villareal, 2017).

Existen tres funciones principales de un alimento. La función principal es la nutricional, la secundaria es su capacidad para estimular el apetito según el grado de aceptación o rechazo que provoque y la terciaria es la función saludable, referida a alimentos que contienen ciertas sustancias químicas capaces de influenciar efectos positivos sobre la salud. A partir de la última función de los alimentos nace el estudio y se introduce en el occidente el término de “*alimentos funcionales*” (Villareal, 2017).

1.1.1 Bebidas funcionales

El término funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's y para el año de 1991, el Ministerio de Salud y bienestar del gobierno japonés introdujo las reglas para la aprobación de una categoría específica de alimentos para uso específico de la salud, llamado “Food for Specified Health Uses” o Alimento para Uso Específico de la Salud, así un alimento podía portar el símbolo o sello de aprobación “FOSHU” en su etiqueta. Se refieren a “aquellos alimentos procesados, los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en la fisiología del organismo humano, de manera relevante más allá de su contenido nutrimental”. Algunas de las principales funciones son las relacionadas con un óptimo crecimiento y desarrollo, la función del sistema cardiovascular, los antioxidantes, el metabolismo de xenobióticos¹, el sistema gastrointestinal, entre otros (Villareal, 2017).

¹ Xenobióticos: sustancia química que se encuentra dentro de un organismo que no se produce naturalmente o se espera que no esté presente dentro del organismo.



Sin embargo, a pesar de que puede existir una idea general del significado de alimentos funcionales, no existe una definición universalmente aceptada para este grupo de alimentos. Una de las primeras definiciones fue propuesta por Robert-Froid, en la que propone que “un alimento es funcional si contiene un componente alimenticio (sea nutriente o no) con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse que es funcional (fisiológico) o incluso saludable.

A partir de los acercamientos presentados anteriormente sobre un alimento funcional, se podría definir a una bebida funcional como aquella bebida, que gracias a sus ingredientes añadidos bajo estudios tecnológicos, nutricionales y sensoriales tiene beneficios específicos para la salud y es capaz de potenciar funciones fisiológicas nutricionales en el cuerpo humano.

1.1.2 Beneficios de las bebidas funcionales

En general los alimentos funcionales, dentro de estos las bebidas, están evolucionando como una estrategia potencial en la prevención de enfermedades crónicas por su capacidad de poseer efectos beneficiosos fisiológicos; estos alimentos tienen bioactivos específicos agregados por sus beneficios para la salud y contienen una mayor cantidad de nutrientes. Los alimentos funcionales contienen fitoesteroles, de los cuales se ha demostrado que puede reducir el colesterol LDL, modulando también la microbiota intestinal (Pringsulaka et al., 2015). Como una visión global ante este tipo de alimentos, se les puede atribuir una característica particular, dado que sus componentes afectan funciones del organismo de manera positiva, promoviendo un efecto fisiológico o psicológico más allá de su valor nutricional (Fuentes et al., 2015).

1.2. Principales materias primas

1.2.1 Suero lácteo: definición y orígenes

El suero de leche, conocido también como lactosuero, se obtiene como subproducto de la elaboración de quesos y mantequillas, mediante el proceso de cuajado de la leche, se obtiene por la coagulación de las caseínas, y del suero de la ricota, resultante de la precipitación por calor de la lactoalbúmina en medio ácido (Vela et al., 2012).



Un mayor volumen de suero es el que se obtiene mediante el proceso de elaboración de queso.

1.2.1.1 Composición nutricional y beneficios para la salud

El suero de leche contiene hidratos de carbono en forma de lactosa. Cien gramos de suero de leche líquida contienen aproximadamente 4.7 g de lactosa, la cual es el componente mayoritario del suero de leche y le confiere sus propiedades nutritivas más importantes (Vela et al., 2012). Las proteínas se encuentran entre 0.85 - 1 gramos en 100 gramos de suero aproximadamente, entre las que se encuentran β -Lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, proteasa-peptonas y enzimas nativas. Dentro de las vitaminas contenidas se encuentran vitaminas liposolubles y vitaminas hidrosolubles del complejo B. Adicionalmente, el contenido de grasa se podría considerar bajo con 0.36 g en 100 g de lactosuero y bajo contenido calórico de 27 kcal, siendo aproximadamente la mitad de las calorías que proporciona la leche (61 kcal). Dentro de las sales minerales sobresale el potasio, calcio, sodio, fósforo, magnesio, zinc y hierro (Riofrío, 2014).

La composición de aminoácidos del suero de leche les confiere una funcionalidad fisiológica; las proteínas del suero contienen aminoácidos azufrados, contribuyendo a la calidad nutricional de estas proteínas. El contenido de estos aminoácidos azufrados incrementa la función inmune del cuerpo, actuando en la regulación del tripéptido azufrado glutatión, el cual interactúa con las membranas celulares de microorganismos, provocando su muerte. En cuanto a la influencia sobre el sistema digestivo, las proteínas del suero permanecen solubles en el pH ácido del estómago, provocando que el tránsito por este órgano sea rápido y puedan llegar al intestino sin alterar su estructura, permitiendo que su absorción sea a través del intestino largo. Esto facilita diferentes funciones como interacciones con la flora gastrointestinal o con los minerales presentes en el bolo alimenticio, mejorando su absorción (Vela et al., 2012).

1.2.1.2 Tipos de suero y requisitos fisicoquímicos

De acuerdo con su método de obtención y sus propiedades fisicoquímicas un suero de leche se puede clasificar como dulce o ácido:

El suero dulce es la fase acuosa que se separa de la cuajada en el proceso de elaboración del queso o la caseína, de color amarillo verdoso con un pH entre 5.8 a 6.6;

este presenta menor cantidad de cenizas, calcio, fósforo, ácido láctico, lactosa y sólidos totales. Mediante el suero dulce se pueden obtener las siguientes subclasificaciones de suero: suero líquido clarificado, suero líquido pasteurizado, concentrado de ultrafiltración, suero líquido desmineralizado y crema de suero (Álvarez, 2013).

Por otro lado, el suero ácido es el que se produce cuando la coagulación se realiza mediante un ácido, pudiendo disminuir el valor del pH hasta 5.1. Este suero contiene 80 % de los minerales de la leche de partida, por lo que para la mayoría de aplicaciones debe neutralizarse. Además su contenido de lactosa es inferior en comparación con el suero dulce debido a la fermentación láctica (Álvarez, 2013).

Dentro de los requisitos fisicoquímicos de una bebida láctea con suero de leche se encuentra la materia grasa en un rango máximo de 3 % y proteína en un rango mínimo de 1.6 %. Los requisitos microbiológicos se encuentran a continuación de acuerdo con la norma NTE INEN 2564.

TABLA 1. Requisitos microbiológicos de una bebida láctea con suero de leche.

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos, REP, UFC/cm³	5	30 000	50 000	1	NTE-INEN 1529-5
Recuento de coliformes UFC/cm³	5	<1	10	1	NTE-INEN 1529-7
Listeria monocytogenes/25g	5	Ausencia	-	0	ISO 11290-1
Recuento de Escherichia coli UFC/g	5	<1	-	0	NTE-INEN 1529-8

Fuente: (INEN 2564, 2011).

1.2.2 Pulpa de tomate de árbol - *Solanum betaceum*: definición y orígenes

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) es una planta nativa de América del Sur. En Ecuador este cultivo se desarrolla entre los 600 a 3000 m.s.n.m. con una temperatura óptima de cultivo entre 14 y 20 °C. Su cultivo se encuentra principalmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, siendo Tungurahua la de mayor superficie sembrada con 2 929 Ha (Villares et al., 2018).

El fruto es una baya con largo pedúnculo de forma redondeada, piriforme, ovoide y/o apiculada, con un tamaño de alrededor de 8 a 10 cm de longitud y de 4 a 6 cm de diámetro. Su peso varía entre 40 a 130 g, la corteza es gruesa y tiene una cutícula de sabor amargo, la cual debe ser eliminada al consumir el fruto. La pulpa puede ser de color amarillo, anaranjado, tonos rojos y crema, pudiendo ser jugosos y de sabor agridulce (Meza & Méndez, 2009).

1.2.2.1 Composición nutricional del tomate de árbol y beneficios para la salud

El tomate de árbol se considera una especie con alto valor nutricional, esta posee cualidades nutricionales, especialmente sus propiedades de reducción de colesterol, su alto contenido de fibra, β - Caroteno (pro-vitaminas A), vitamina B6, vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E, hierro, potasio, magnesio, fósforo con un contenido de nitrógeno y aminoácidos libres alto y su bajo aporte de calorías. Fortalece el sistema inmunológico y la visión, además de funcionar como antioxidante (Meza & Méndez, 2009).

Los datos de composición nutricional se reportan a continuación para 100 g de porción comestible:

TABLA 2. Composición nutricional de tomate de árbol.

<i>Compuesto</i>	<i>Cantidad</i>
Calorías	80 cal
Agua	87.9 g
Proteína	1.9 g
Grasa	0.16 g
Cenizas	0.7 g
Carbohidratos	11.6 mg
Fibra	1.1 g
Calcio	2.0 mg
Hierro	2.0 mg
Fósforo	36.0 mg
Vitamina C	20%

Fuente: (Lucas *et al.*, 2011)

La caracterización fisicoquímica del fruto señala su capacidad antioxidante de la pulpa madura (EC50² de 165 g / g DPPH³ y poder reductor de 0.07 mol Fe +2/100 g), dicha capacidad antioxidante que se puede atribuir a su alto contenido de compuestos

² Concentración de pulpa necesaria para atrapar 50% de los radicales libres DPPH expresada en g pulpa/g DPPH.

³ Método de análisis antioxidante del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil.



fenólicos (4.89 ± 0.04 mg EAG⁴ g); antocianinas y carotenoides en la pulpa (4.15 ± 0.04 mg/100 g y 25.13 ± 0.35 mg/100 g). Además, en el análisis de pulpa madura refleja un aporte de 4.10 g /100 g de fibra dietética (Salazar-Lugo et al., 2016).

1.2.3. Harina de maíz

La harina de maíz se produce mediante un proceso denominado nixtamalización, el cual consiste en cocinar el maíz en una solución de agua con cal (óxido de calcio con fórmula química CaO), para luego llevarlo a ebullición; luego los granos son lavados con agua a presión para así retirar su cáscara, finalmente el grano pasa a un molino de disco hasta obtener una masa, que posteriormente es secada y molida nuevamente para obtener la textura de harina (Galeano, 2017).

1.2.3.1 Composición nutricional y beneficios para la salud

El maíz es un cereal que cubre gran parte de los requerimientos nutritivos del ser humano, su composición química varía de acuerdo con su variedad, el color, grado y naturaleza de fertilización. Como valores promedio de composición nutricional se pueden mencionar almidón 72.4 %, grasa 4.7 %, proteína 9.6 %, ceniza 1.43 %, azúcares 1.94 % y fibra 9.93 %. El porcentaje de proteína puede variar de acuerdo con el color del maíz, siendo este valor más elevado en variedades de color amarillo (Galeano, 2017).

Compuestos fitoquímicos encontrados en el maíz, como fitoesteroles y policosanoles, resultan ser beneficiosos por sus probados efectos hipocolesterolémicos (Serna-Saldívar et al., 2013). La adición de harina de maíz representa para la bebida un potencial antioxidante, antihipertensivo y anti-diabético, por lo que esta bebida por su valor nutricional y potencial nutracéutico puede ser empleada para la promoción de la salud y como una alternativa a las bebidas de alto contenido calórico y valor nutricional (Milán et al., 2017).

1.3. Aditivos

1.3.1. Maltodextrina

La FDA (Food and Drug Administration) define a las maltodextrinas como productos derivados de la hidrólisis del almidón, integrados por polisacáridos nutritivos,

⁴ *Equivalentes de ácido gálico.*



no dulces, constituidos por una mezcla de carbohidratos con diferente grado de polimerización, donde las moléculas de D-glucosa se encuentran unidas principalmente por enlaces glucosídicos $\alpha (1 - 4)$ y en conjunto presentan un contenido de azúcares reductores directos, expresados en términos de equivalentes de dextrosa. Se presentan en polvo o soluciones líquidas concentradas y son clasificadas como ingredientes GRASS (Generally recognized as safe).

1.3.1.1 Composición nutricional

La maltodextrina es un polisacárido poco dulce que se lo emplea principalmente como aditivo alimentario, producido a partir del almidón de maíz y se encuentra en forma de un polvo higroscópico blanco, siendo de fácil asimilación por el organismo humano (Duarte, 2018).

1.3.1.2 Aplicación en alimentos

Las maltodextrinas presentan diferentes propiedades fisicoquímicas y funcionales dependiendo de los carbohidratos que la contenga; entre los beneficios que presentan son la mejora de la textura, controla el dulzor y la higroscopicidad, reducen la cristalización, control de oscurecimiento no enzimático, no enmascara sabores, incrementa la solubilidad en agua fría y son buenos agentes encapsulantes. Se emplean en gran medida como agentes encapsulantes o vehículos para procesos de secado por aspersión de pigmentos naturales, aceites esenciales, sabores, etc., ayudan a la textura, densidad y la higroscopicidad. De igual manera tienen aplicación en pulpas y bebidas que van a ser secadas por aspersión y de esta manera evitar problemas de adherencia en la cámara de secado (Beltrán & Casilla, 2015).

1.3.2. Stevia

La stevia es una especie de la familia de las *Asteráceas* nativa de la región tropical de Sudamérica, en Paraguay. Las hojas de esta planta poseen esteviósido y rebaudiósido A (principios activos), siendo estos los responsables de la edulcoración. Esta planta herbácea puede alcanzar hasta 90 cm de altura en su hábitat natural y en los trópicos tiene alturas superiores a 100 cm (Martínez, 2015). Esta planta herbácea puede crecer en zonas subtropicales a temperaturas extremas de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ con promedio de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para su perfecto crecimiento requiere de constante riego del cultivo y alta intensidad de luz, temperaturas tibias y mínima exposición a heladas. El suelo ideal para esta planta es el



areno-arcilloso con buen drenaje y su pH ideal debe ser de 6.5 - 7.5 en terrenos no salinos (Britos & Park, 2016).

La variedad *Stevia rebaudiana* fue empleada ancestralmente por sus aborígenes como edulcorante y medicina, existiendo más de 240 especies de plantas nativas de Sudamérica, Centroamérica y México. A nivel mundial se cuenta con más de 144 variedades, una de estas es la variedad Ariete que actualmente es bastante cultivada debido a su mayor edulcoración. El 95 % de la producción mundial lo hacen Japón, China, Corea, Taiwán, Tailandia, Indonesia, Laos, Malasia y Filipinas. Japón es el país que posee gran cantidad de industrias procesadoras y extractoras de esteviósido. En América latina se cultiva principalmente en Paraguay, Brasil, Argentina, Colombia, Perú y cultivos de pequeño tamaño en Ecuador (Martínez, 2015).

1.3.2.1 Composición nutricional y beneficios para la salud

Sus principales componentes son esteviol y glucósidos de esteviol, además posee otros nutrientes como proteína, fibra, agua, aminoácidos esenciales y no esenciales, azúcares libres, aceites esenciales, ácido ascórbico, betacarotenos, riboflavina, tiamina, magnesio, hierro, potasio, fósforo. Esta planta es reconocida por su poder medicinal ya que posee efectos beneficiosos contra la diabetes tipo II al poseer glicósidos con propiedades edulcorantes sin calorías. También se aplica para enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad y enfermedades inflamatorias del intestino. Las hojas de la *Stevia rebaudiana* se aplican como antimicrobiana, antiviral, antifúngica, antihipertensiva, diurética, etc (Gupta, 2013).

1.3.2.2 Aplicación en alimentos

En la actualidad la *Stevia* es empleada en el área de alimentos para endulzar café, infusiones, chicles, caramelos, salsas e incluso en repostería, ya que se lo emplea como sustituto de la sacarosa porque brinda un bajo contenido calórico. Su poder edulcorante es 30 veces mayor que el azúcar y su extracto alcanza 200 a 300 veces más que la sacarosa (Martínez, 2015).

1.4. Procesos tecnológicos empleados en la obtención de bebidas en polvo

1.4.1 Secado

El secado es una técnica de conservación de alimentos, por lo tanto, disminuye la inversión necesaria en procesos de refrigeración y en el uso de conservantes, también reduce los costes de transporte, dado que se disminuye el volumen y su manejo es más fácil. Además, reduce la actividad microbiana o enzimática al eliminar una gran cantidad de agua en los alimentos. Este proceso surge de la necesidad de consumir alimentos fuera de su época de cosecha o producción (Cano, 2014; Rodríguez, 2015).

1.4.1.1 Secado por aspersión

El método de secado por aspersión consiste en transformar una disolución, emulsión, suspensión o una dispersión líquida en un producto seco y totalmente estable. Este método fue empleado por primera vez en la producción de leche en polvo y detergentes. El secado por aspersión progresó durante la segunda guerra mundial, a partir de la cual se ha mantenido en continua evolución. Actualmente existe una gran aplicación en la mayoría de industrias incluyendo la producción de químicos, fármacos, alimentos, fragancias, cosméticos y pesticidas (Vera, 2012). En la industria de alimentos se emplea este método para conversión de jugos de frutas y vegetales en polvos instantáneos y mezclas, preparación de café y té instantáneo, secado de huevos y productos lácteos, mezclas de helados y sabores encapsulados y nutracéuticos bioactivos (McHugh, 2018).

Este método de secado emplea altas temperaturas (150 °C hasta 600 °C) y tiempos de procesos cortos comparados con otros procesos de secado, por lo que posee la ventaja de trabajar con materiales sensibles al calor (Vera, 2012).

En el secado por aspersión el producto está expuesto al aire caliente durante tiempos cortos y la evaporación del líquido en la aspersión mantiene la temperatura del producto a un nivel bajo aún en presencia de gases muy calientes. Este aire se alimenta a través de un filtro y un calentador, entra por la parte superior de la cámara de secado fluyendo a través de aspersores en paralelo, contracorriente o de flujo mixto/fuente con las gotas asperjadas que se están secando y a medida que caen las gotas, se evapora la humedad en el gas caliente, dejando el material sólido en forma de partículas, las cuales son arrastradas por el gas hacia separadores de ciclón (Fabela, 2017). El secado de 1m³



de una solución puede generar 2×10^{12} partículas de un tamaño uniforme con un diámetro de aproximadamente $100 \mu\text{m}$, equivalentes a un área superficial de $60\,000 \text{ m}^2$, aunque esto dependerá de las condiciones de operación del equipo y de la naturaleza de la muestra que ingrese al secador (Kajiyama & Park, 2010).

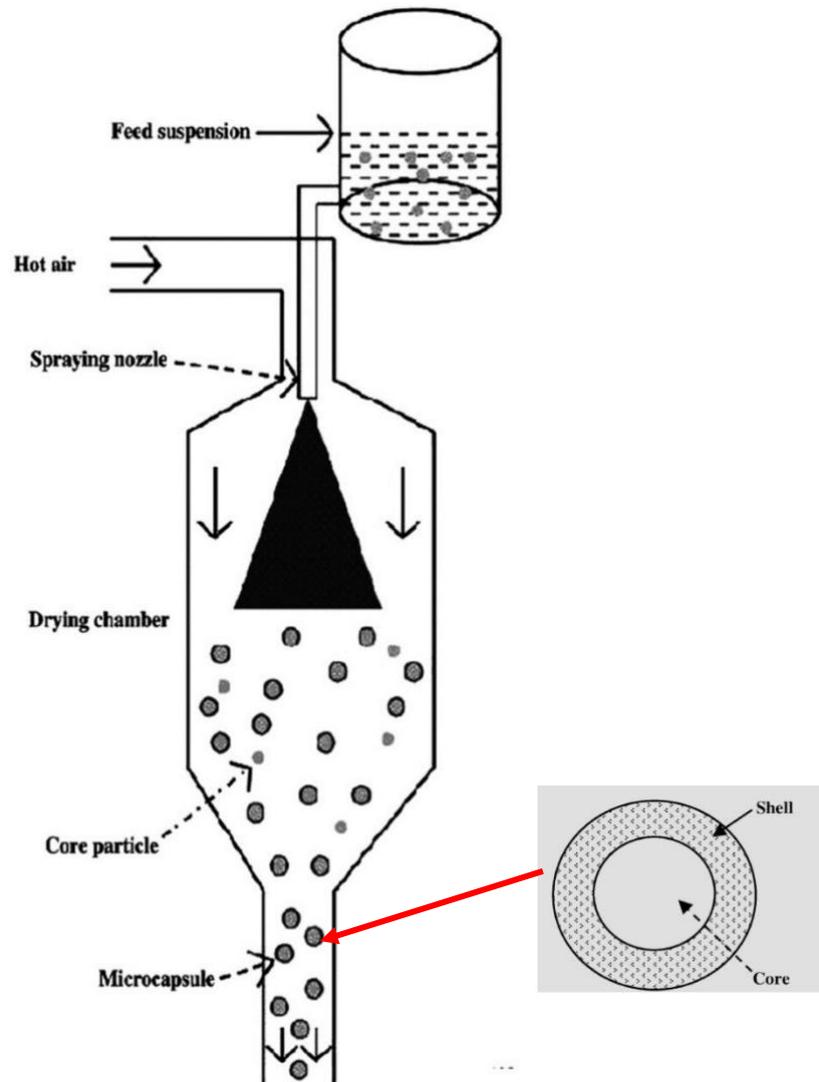
El tiempo de secado es corto de manera que el producto sufre un daño mínimo y el tiempo de residencia considera tiempos cortos, medios y largos:

- a) Corto: De 10 a 15 segundos recomendado para polvos finos no sensitivos al tratamiento térmico, conteniendo altas cantidades de humedad no ligada, no higroscópicos.
- b) Medio: De 25 a 35 segundos, recomendado para polvos semigruesos con tamaño medio de partícula por debajo de $180 \mu\text{m}$, para productos sensitivos y resistentes al tratamiento térmico, humedad residual requerida baja (3 al 1 %), higroscópicos.
- c) Largo: 40 segundos o más, recomendado para polvos muy gruesos con tamaño medio de partícula de 200 a $275 \mu\text{m}$, no sensibles al tratamiento térmico y humedad residual muy baja (menor a 0,5 %) (Fabela, 2017).

Durante el secado por aspersión la naturaleza del material y las condiciones de operación pueden modificar el desarrollo morfológico de la partícula, debido a que estos aspectos están influenciados por la composición de la alimentación, su concentración, temperatura y humedad del aire, presión de atomización, arreglo de atomización, geometría del secador, direcciones del flujo del producto y del aire en el secador (Fabela, 2017).

El secado por aspersión se emplea en ocasiones para encapsular. Las sustancias activas pueden homogeneizar emulsiones antes de secarlas por aspersión y secarlas para obtener ingredientes funcionales. La encapsulación tiene ventajas, dos de estas son: la protección contra la degradación térmica y mejorar la funcionalidad del producto final. Es importante tener en cuenta que los materiales secados por aspersión no están completamente encapsulados (McHugh, 2018).

Figura 1. Esquema de proceso de secado y encapsulación.



Fuente: (Jyothi et al., 2010).

1.4.1.2 Condiciones de operación de un secador por aspersión

La correcta configuración del secador por aspersión puede dar como resultado una distribución bastante uniforme de las partículas secadas resultantes comprendidas en un rango de tamaño entre nano a micropartículas, y un buen control sobre las propiedades de la partícula, como el contenido residual del solvente, su morfología y su densidad.

Los parámetros principales de ajuste en un secador por aspersión incluyen en el equipo el flujo de entrada, la temperatura de alimentación y temperatura del gas de secado; en la muestra influye su concentración, tensión superficial, viscosidad y densidad



del líquido de alimentación; además como condición más global influye directamente la geometría del atomizador y la cámara de secado (Bhonsale et al., 2019). Sin embargo, a continuación, se presentarán condiciones que influirán directamente en el estudio, tanto de la naturaleza de la muestra como en la operación del equipo.

1.4.1.3 Condiciones de operación de la muestra

La influencia de cada ingrediente que se utilice en la obtención del producto recae tanto sobre la mezcla que va a ingresar al secador como en el polvo obtenido gracias al secado por aspersión. Es por esto, que las variables de viscosidad y °Brix son de vital importancia para la preparación de la mezcla que va a ingresar al secador, ya que una etapa crítica en el proceso es la determinación de las condiciones óptimas de la mezcla, pues serán estas las que afecten la eficiencia del proceso de secado y del producto. Es necesario encontrar un equilibrio entre el máximo de °Brix y una viscosidad mínima, ya que una viscosidad baja permite un mejor flujo de la mezcla a través del sistema de atomización, mientras que una alta concentración de sólidos disueltos permite alcanzar un mayor rendimiento del producto final. Los ingredientes que se van a utilizar para obtener la mezcla con las dos características anteriores deben tener atributos que le proporcionen estabilidad a la solución, cuyo tamaño de partícula no altere las propiedades de flujo ni la vida útil del producto, a la vez que aumenten los °Brix (López et al., 2009).

- *Cantidad de sólidos*

Existen diferentes carbohidratos que al adicionarlos a una solución elevan la cantidad de sólidos en suspensión, estos carbohidratos se pueden añadir para conferir a la solución diferentes propiedades como incrementar su dulzor, alterar su viscosidad, emulsificar la solución o para proteger ciertos compuestos que van a pasar por un proceso de secado por aspersión. Dentro de estos carbohidratos se encuentra la maltodextrina, cuyo fin es encapsular y proteger los componentes de la solución, incluidos proteínas, vitaminas y minerales. Generalmente la cantidad de sólidos disueltos en una solución se determina a través de un refractómetro, que mediante el índice de refracción de la solución da como resultado sus °Brix, interpretados como el porcentaje en peso de los sólidos disueltos en dicha solución.

En un estudio realizado por (Cortés R et al., 2015) “*Optimización experimental de una formulación de pulpa de uchuva (Physalis peruviana) para mejorar su procesamiento en el secador por atomización*” se ha encontrado que el valor optimizado

de los °Brix de la solución que va a pasar por el secador es de 35.5 ± 0.5 . Por otro lado, (Horuz et al., 2012) en su estudio: “*Spray Drying and Process Optimization of Unclarified Pomegranate (Punica Granatum) Juice*” encontró que un valor óptimo es 30.8 °Brix. Estos valores fueron tomados en cuenta para la formulación inicial en el desarrollo de la metodología para la preparación de la bebida.

- *Viscosidad y pH*

La viscosidad depende del grado de hidrólisis de una sustancia, la cantidad de materia sólida y de la temperatura; disminuye a medida que aumenta el grado de hidrólisis o la temperatura y aumenta cuando se incrementa la sustancia sólida o se disminuye el contenido de agua (López et al., 2009). Por otro lado, el pH de una solución afecta indirectamente a su viscosidad. Debido a que la hidrólisis va a depender del pH del medio, una sustancia se disociará completa o parcialmente de acuerdo con este valor, lo cual influirá finalmente en la viscosidad. De acuerdo con el estudio de (López et al., 2009): “*Establecimiento de condiciones de mezcla de pulpa de banano (Musa paradisiaca L.) para someter a secado por aspersión*”, se reportó un valor de viscosidad de la mezcla optimizada de 634.59 cP.

Tal como se mencionó anteriormente, el valor del pH en una solución es responsable de la hidrólisis de ciertos compuestos presentes como carbohidratos de cadena larga o complejos, por lo que este valor afectará indirectamente a la viscosidad; mientras menor sea la hidrólisis de un compuesto, mayor será la viscosidad de la solución. La viscosidad es la única variable que se ve afectada indirectamente por el pH, por lo que este valor no tiene mayor repercusión sobre otras magnitudes de una mezcla en los procesos de secado por aspersión.

1.4.1.4 Temperatura

La temperatura afecta directamente a las proteínas provocando su desnaturalización, generalmente estas inician procesos de desnaturalización a temperaturas superiores a 40 °C. Siendo que provoca el aumento de temperatura un aumento en los movimientos moleculares que afectan los puentes de hidrógeno y otros enlaces no covalentes, dando como resultado la pérdida de la estructura terciaria (Álvarez, 2012). Además, es una de las formas más comunes de causar la degradación de algunas

vitaminas y nutrientes que poseen los alimentos o bebidas. La vitamina C comienza a desnaturalizarse a temperaturas tan bajas como 30 °C (Avery, 2018).

La gran mayoría de pérdidas del valor nutritivo en alimentos que son sometidos a secado se debe a tratamientos previos al secado y condiciones de almacenamiento. En las vitaminas es diferente su deterioro, un ejemplo es la vitamina C que es sensible al calor. El ácido ascórbico se mantiene aun cuando el contenido de agua en el alimento es muy bajo, las vitaminas liposolubles resisten el calor pero se pierden ya que reacciona con los peróxidos resultantes de la oxidación de las grasas (Morales, 2014).

(Candelas-Cadillo et al., 2005) investigó que la degradación del licopeno en el tomate es ocasionada por la oxidación debido a la gran cantidad de oxígeno presente en el medio de secado. Las antocianinas y compuestos fenólicos son afectados por la temperatura de entrada ya que poseen una alta termosensibilidad. (Lim et al., 2011) empleó temperaturas de entrada de aire de 90 °C y 80 °C para evitar daño térmico de las antocianinas presente en jugo de arándano, pero debido a que las temperaturas de secado son muy bajas en la salida de flujo de aire del secador en relación a las comúnmente usadas por otros investigadores, el polvo de arándano presentó adherencia en las paredes a 90 °C o secado insuficiente a 80 °C.

Figura 2. Actividad funcional de los compuestos fenólicos y antocianinas antes y después del secado.

Phenolics, anthocyanins, and antioxidant activity of slurries of blueberry obtained before and after spray drying at different air inlet temperatures and feeding rates.

Air inlet temperature (°C)	Air outlet temperature (°C)	Feeding rate (mL/min)	Moisture of microencapsulates (%)	Total phenolics [*]	Total anthocyanins ^{**}	Antioxidant activity ^{***}
140	81 ± 2	8.5	16.2 ± 0.5a	19.71 ± 1.73a	13.56 ± 1.05a	102.05 ± 3.72a
	80 ± 2	9.1	17.6 ± 0.5ab	22.78 ± 1.68ab	15.70 ± 0.08b	101.89 ± 2.93ab
	80 ± 2	9.6	20.5 ± 0.9b	23.69 ± 1.16ab	15.61 ± 0.47b	102.22 ± 0.62a
160	95 ± 2	8.5	15.3 ± 0.2c	18.33 ± 0.89ac	12.54 ± 0.76a	96.14 ± 2.91bc
	95 ± 2	9.1	16.1 ± 0.3c	18.24 ± 0.67ac	12.42 ± 0.48a	95.89 ± 0.43c
	92 ± 2	9.6	18.9 ± 1.1ab	18.77 ± 0.99ac	11.98 ± 0.42c	97.7 ± 0.54ac
Blueberry concentrated extract (freeze dried sample without mesquite gum)				24.12 ± 1.21ad	16.52 ± 0.78d	115.41 ± 1.69d
Slurry of blueberry prior spray drying				24.92 ± 2.64ad	16.42 ± 1.13d	116.2 ± 2.3d

Fuente:(Krishnaiah et al., 2012).

En un estudio realizado (Antuña et al., 2009) se analiza la desnaturalización térmica y agregación de las proteínas de suero por calorimetría diferencial de barrido, concluyendo que estas se desnaturalizan a una temperatura de 70 °C, siendo importante que desde el punto de vista tecnológico se conozca la cantidad total de proteína desnaturalizada luego del tratamiento térmico.

1.4.1.5 Condiciones de operación del equipo

Las condiciones de operación del equipo son importantes ya que estas influyen en las propiedades del producto final. La dependencia de las condiciones con el resultado debe conocerse para de esta manera alcanzar la óptima calidad en el producto obtenido. Algunas variables que se debe tener en cuenta son: temperatura de alimentación, caudal y humedad relativa del aire de secado, presión de inyección y el diámetro de salida del inyector, pero teniendo en cuenta que solo algunas de estas pueden ser controladas por el operador (Mondragón et al., 2013).

La textura de alimentos sólidos está directamente relacionada con la densidad y capacidad de rehidratación, por lo que bajas temperaturas y velocidades lentas favorecen este parámetro. Para evitar la pérdida de componentes volátiles es imprescindible trabajar en las primeras etapas de secado, también reduciendo las temperaturas de almacenamiento del producto evita pérdida de su aroma y sabor (Morales, 2014).

- *Temperatura de entrada y salida del aire*

Los parámetros del secado por aspersion, como uno de ellos la temperatura de salida, varían con las materias primas y propiedades deseadas en el producto terminado, es decir que la temperatura de salida no puede ser controlada. Esta temperatura de salida es el resultado de todos los intercambios de calor y masa dentro de la cámara de secado.

Teóricamente, la temperatura de salida es la temperatura más alta a la cual el polvo seco puede ser secado, aunque en los secadores de contracorriente el producto final puede tener una temperatura más alta que el aire de salida (Santos et al., 2017).

Las propiedades más afectadas por la temperatura de entrada del aire es el contenido de humedad, la densidad aparente, el tamaño de la partícula, la higroscopicidad y el color. En el secado por aspersion se maneja un rango de temperaturas que varían entre 150 °C y 220 °C siendo esta una de las variables más influyentes en las cualidades organolépticas del producto final.

En un estudio realizado por (Quek et al., 2007) en el que se desarrolla el secado de jugo de sandía se concluye que la temperatura de entrada influye de manera significativa en la humedad del producto final, debido a la transferencia convectiva de calor. Este contenido de humedad disminuye siempre y cuando la tasa de flujo de



alimentación permanezca constante, pero si la diferencia entre la temperatura de entrada y salida es alta es posible que el producto final gane humedad.

- *Velocidad del aire*

La velocidad de secado depende de las propiedades del material como la densidad global de masa del material deshidratado y el contenido inicial de humedad. Se debe evitar la velocidad máxima de secado para evitar encogimiento, endurecimiento superficial, agrietamiento de la superficies u otros efectos indeseables en el secado (Cano, 2014). Este parámetro es importante ya que afecta de manera directa el tamaño de partícula y el rendimiento del proceso de secado (Casanova, 2013).

El incremento de la velocidad de atomización provoca una disminución del tamaño de las partículas e incorporación del aire en la alimentación, dando como resultado productos porosos con baja densidad aparente, dificultando la rehidratación. Según (Sousa et al., 2008) una velocidad de atomización de alrededor de 25 000 rpm y una temperatura de entrada del aire de 220 °C produce un aumento en el color del polvo de tomate y un leve oscurecimiento. Esto se da debido a que las pequeñas partículas aumentan con la velocidad de atomización siendo expuestas al calor y por lo tanto los carotenos, antocianinas y otros compuestos son susceptibles a oxidarse con el oxígeno presente en el medio de secado.

- *Humedad del aire*

La humedad del aire de entrada del secador depende de las condiciones del aire ambiente y son importantes para la estandarización del aire de entrada en secadores de ciclo abierto y secadores sin sistema de enfriamiento de aire de entrada. Es primordial conocer que la capacidad del secador está limitada por la humedad total en el aire que sale de la cámara de secado por atomización, es decir si el aire que sale de la cámara es demasiado húmedo, no se formará una partícula estable y el producto tiende a ser pegajoso; por lo contrario si el aire que sale de la cámara es demasiado seco, la capacidad de secado permanece sin ser utilizado (Kent & McLeod, 2007).

La humedad del aire puede afectar directamente en la efectividad del proceso. Si el aire ambiente que entra al secador contiene altos niveles de humedad, la capacidad de secado del proceso será baja. Es por esto que el uso de deshumidificadores como una operación de pre secado del aire de entrada puede aumentar la efectividad del proceso de secado hasta en un 35 % (Cotes, 2019).

En un estudio realizado por (Khwanpruk et al., 2018) en el que se analiza el “*Effect of drying air condition and feed composition on the properties of orange juice spray dried powder*” se demostró que sólo los productos obtenidos con una humedad baja (0,010 kg/kg de aire seco) en el aire de entrada al secador presentaron un rendimiento aceptable, demostrando un aumento en el rendimiento del proceso de secado por aspersión a medida que la humedad en el aire de secado disminuye.

- *Presión del aire*

Si se requiere que el tamaño de la partícula disminuya se debe trabajar por debajo de la capacidad de la boquilla de aspersión. El flujo está ligado a la presión, dónde partículas más pequeñas se formarán con boquillas de mayor ángulo. A mayor presión, menor tamaño de partícula y a mayor viscosidad mayor tamaño de partícula; la viscosidad está relacionada con la densidad y la temperatura (Fabela, 2017)

En un estudio realizado (Saha et al., 2019) en el que se analiza la optimización de los parámetros de secado por aspersión para la producción de leche de cacahuete en polvo, se analizan diferentes propiedades del producto en polvo como la humedad, densidad aparente, dispersabilidad, índice de insolubilidad y luminosidad. Se concluye que al aumentar la presión de atomización y la temperatura de entrada del aire influye en la disminución de la humedad del polvo de leche de cacahuete. Una elevada presión de atomización convierte la alimentación en gotas muy finas, con un aumento en el área superficial provocando que el contenido de humedad en el polvo sea menor. A una presión mayor de atomización existe una densidad aparente mayor en el polvo, esto se debe a la formación de partículas más finas con un menor contenido de humedad. La formación de partículas con menor densidad aparente se debe a liberación de vapor desde el interior de estas, formando poros pequeños que disminuyen esta magnitud.

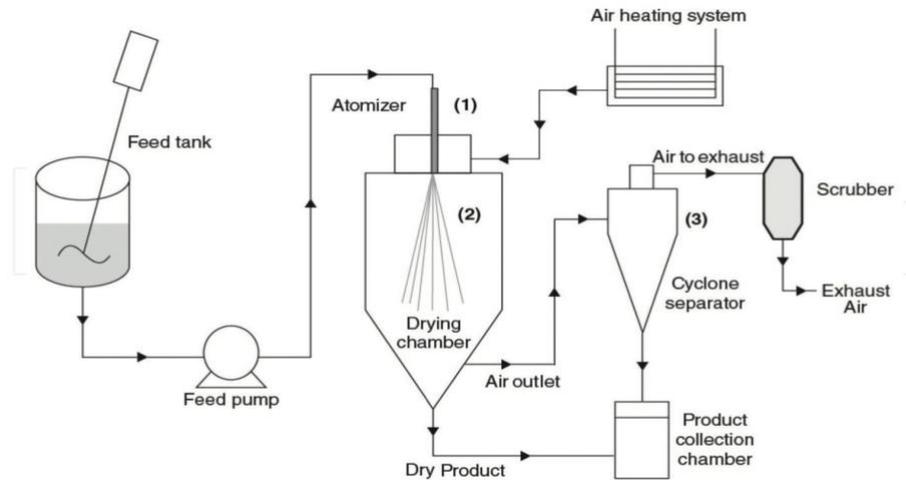
- *Flujo de la muestra*

Existen diferentes características que puede tener el flujo del líquido entrante al secador; la primera es la naturaleza del flujo, la cual se puede caracterizar de acuerdo a su dirección con el gas de caliente en: flujo en paralelo, contracorriente o mixto, todas estas dependiendo de la orientación que se dé a los aspersores. La segunda característica viene dada por la velocidad con la que entra el líquido a la cámara de secado; esto dependerá de situaciones como la capacidad de cada aspersor, la humedad del producto final requerido y la presión que soporte la boquilla de aspersión (Fabela, 2017).

1.4.1.2 Etapas de secado por atomización

Como una visión general a este proceso, los secadores por aspersión se componen de los siguientes elementos básicos: filtro de aire, ventilador de admisión, fuente de calor, fuente de alimentación, bomba de alimentación, atomizador, cámara de secado, ciclón separador, filtro de mangas y ventilador de extracción (Figura 3).

Figura 3. Esquema general de un sistema de secado por aspersión.



Fuente: (Santos et al., 2017).

Existen diferentes procesos de transición de un producto desde su estado líquido hasta su estado final de polvo sólido. En estos procesos se incluyen como una vista general dos fases de secado y una de expansión de partículas secas; en las dos fases se elimina la humedad en más del 93 %, la temperatura del producto aumenta desde una cercana a la temperatura de bulbo húmedo hasta llegar a una mayor a la de ebullición del agua (Fabela, 2017).

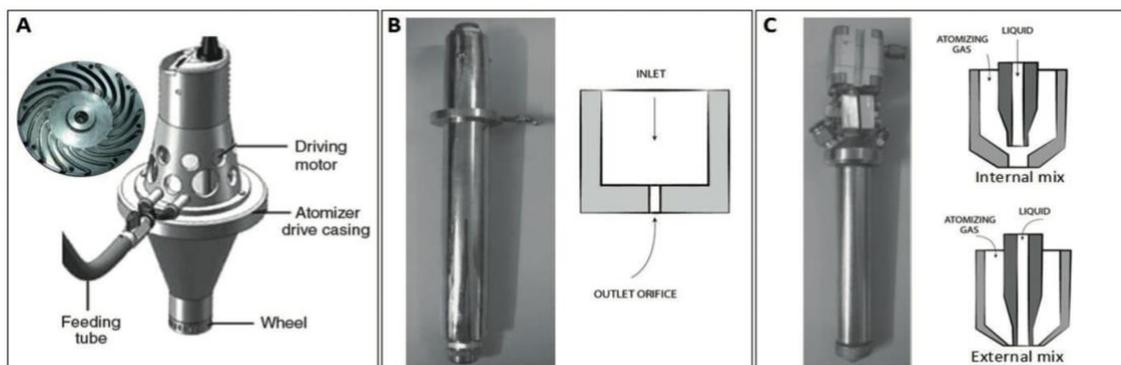
Inicialmente el aire se aspira a través de un filtro al secador utilizando un ventilador, este filtro evita la contaminación del producto. El aire que ingresa se calienta mediante calentamiento directo o indirecto; por otro lado el tanque de la fuente de alimentación se puede calentar para disminuir la viscosidad del producto, el cual puede ser bombeado al atomizador mediante bombas peristálticas, de pistón o de cavidad progresiva (McHugh, 2018).

1.4.1.3 Atomización

La etapa de atomización es la responsable de la división de la alimentación líquida que entra al secador en pequeñas gotas, aumentando el área de contacto y disminuyendo la tensión superficial para facilitar la evaporación del agua. Al convertir la solución inicial en pequeñas gotas, se optimiza la transferencia de calor y masa entre el aire caliente de secado y las partículas líquidas, creando las condiciones ideales para el proceso de evaporación. Aquí se ven influenciadas la forma final, la estructura, la velocidad, y el tamaño de la gota, así como también la distribución del tamaño de la partícula y la naturaleza del producto final (McHugh, 2018).

El proceso de atomización en forma de gotas se puede lograr por presión, energías centrífugas, electrostáticas o ultrasónicas, utilizando dispositivos específicos llamados atomizadores (Santos et al., 2017). Existen diferentes tipos de atomizadores, dentro de los que se encuentran atomizadores rotatorios (energía de atomización centrífuga), atomizadores de boquilla hidráulica (atomización por presión) y atomizadores de boquilla neumática (energía de atomización cinética), mostrados en el mismo orden descrito a continuación:

Figura 4. Representación de los atomizadores convencionales utilizados en secado por aspersion. (A) Atomizador rotatorio, (B) Atomizador de boquilla hidráulica y (C) Atomizador de boquilla neumática.



Fuente: (Santos et al., 2017).

1.4.1.4 Mezcla de aerosol-aire y evaporación de la humedad del producto

Una vez atomizada la mezcla, las gotas se exponen a un gas caliente dentro de la cámara de secado, dando como resultado la primera evaporación rápida de humedad. Por lo general, el gas de secado es aire atmosférico previamente filtrado, aunque en algunos casos existe la necesidad de utilizar gases inertes para evitar ciertas inestabilidades entre el gas y las gotas atomizadas. El tiempo de contacto de las gotas y el gas de secado

dependerá del tamaño y la geometría de la cámara de secado, generalmente cilíndricas con terminación cónica en su base, seleccionada de igual manera de acuerdo al atomizador utilizado. Una variación que puede existir en la cámara de secado y su configuración es la dirección flujo del gas de secado caliente y la dirección de las gotas atomizadas, por lo que se pueden encontrar tipos de flujos como: flujo en paralelo, flujo en contracorriente y flujo mixto (Santos et al., 2017).

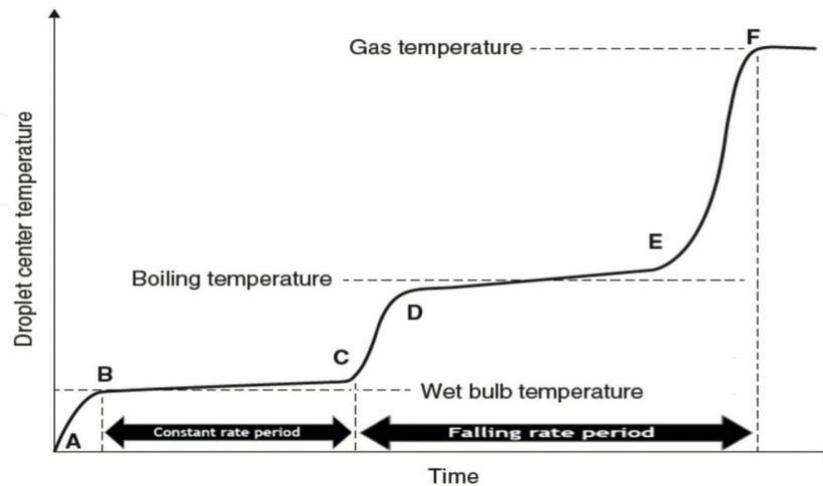
Como se mencionó anteriormente, tan pronto como las gotas atomizadas entran en contacto con el gas caliente en la cámara de secado, se someten a evaporación y condensación de los solutos, dando como resultado la eliminación del solvente. Este fenómeno se fundamenta en un balance de calor y de masa, impulsado por la diferencia entre la presión de vapor del solvente y su presión parcial hacia una fase gaseosa. Por lo tanto, la temperatura del gas caliente desencadena un intercambio de calor de él hacia las gotas, mientras que la diferencia de presión de vapor provoca transferencia de humedad en la dirección opuesta (Santos et al., 2017).

La cinética de secado de un proceso de secado por aspersion se desarrolla en diferentes etapas de distinta duración, como se puede observar en la Figura 5, en el cual los diferentes procesos ocurren de la siguiente manera:

- Segmento A-B: la transferencia de calor desde el gas de secado causa un aumento de la temperatura de la gota, desde una temperatura inicial hasta un valor constante, llamado la temperatura de evaporación de equilibrio.
- Segmento B-C: el proceso de secado avanza a una tasa de evaporación constante; la superficie de la gota permanece lo suficientemente fría y saturada de humedad, manteniendo la temperatura constante a la temperatura de bulbo húmedo.
- Segmento C-D: cuando el soluto disuelto en el líquido alcanza casi su saturación, se forma una capa delgada en la superficie de la gota, y como resultado, la evaporación se hace más lenta y se vuelve dependiente de la velocidad de difusión del agua a través de dicha capa. Esto marca una caída en la cinética de secado, notándose inmediatamente un aumento de la temperatura de las partículas.
- Segmento D-E: cuando la temperatura de la gota alcanza el punto de ebullición del solvente, se produce la vaporización, una transición que requiere una gran cantidad de energía, expresada como calor latente.

- Segmento E-F: nuevamente existe un aumento en la temperatura de la partícula hasta que esta iguala la temperatura del gas, dando el final del proceso de secado.

Figura 5. Evolución de la temperatura durante la cinética de secado de una gota de líquido atomizado.



Fuente: (Santos et al., 2017).

1.4.1.5 Separación del producto seco del aire de salida.

Una vez que la conversión de gota a partícula ha finalizado, es necesario recolectar las partículas secadas, lo cual implica un proceso de separación en el cual estas partículas deben ser separadas del gas de secado, procedimiento que generalmente se da en dos fases. Inicialmente existe una separación primaria, en la cual las partículas más densas son recuperadas en el fondo cónico de la cámara de secado. Para una separación secundaria las partículas se transfieren a dispositivos externos en donde son separadas del aire húmedo. Estos dispositivos separadores pueden ser ciclones separadores, filtros de mangas y precipitadores electrostáticos (Santos et al., 2017).

1.4. Microencapsulación

Esta técnica consiste en recubrir un material activo produciendo microcápsulas. En el recubrimiento se forma una membrana semipermeable, fuerte y delgada de un material polimérico; dentro de esta se encuentra la sustancia de interés denominada núcleo activo. Para conservar las propiedades biológicas y fisicoquímicas las velocidades de liberación del contenido de las cápsulas están controladas por medio de condiciones específicas, además también protegen al compuesto encapsulado de la luz y el oxígeno. Ejemplos de las sustancias que se puede microencapsular se encuentran: vitaminas,



minerales, colorantes, prebióticos, saborizantes, antioxidantes, aceites esenciales, enzimas e incluso fertilizantes (Pérez, 2017).

1.4.1 Aplicaciones en la industria alimentaria

Dentro de la industria de alimentos se emplea en gran medida la microencapsulación que consiste en el recubrimiento de partículas diminutas de ingredientes como acidulantes, grasas, sabores y de igual manera en productos enteros tales como pasas nueces y productos de confitería (Esquivel et al., 2015).

Las microcápsulas funcionan también como barreras contra malos olores y sabores, resisten las condiciones de procesamiento y empaqueo, mejorando sus propiedades organolépticas y la apariencia de los productos. Una de las aplicaciones en alimentos es el microencapsular saborizantes reduciendo volatilidad y previniendo reacciones con otros componentes del alimento (Reyna et al., 2015).

1.4.2 Microencapsulación aplicada al secado por aspersión

La microencapsulación mediante el método de secado por aspersión se fundamenta en 3 etapas básicas siendo la primera la formación de la emulsión entre el material central y el de pared, la segunda etapa es la homogeneización y la tercera etapa la aspersión. La emulsión se atomiza dentro de una corriente de aire caliente. La temperatura del centro de la emulsión se mantiene por debajo de los 100 °C permitiendo que el agua se evapore y los sólidos forman una cápsula alrededor de la sustancia de interés. El tamaño de las microcápsulas varía desde submicrómetros hasta varios milímetros. De igual manera existe gran diversidad de formas dependiendo del material. Dentro de los parámetros que permiten optimizar este método se encuentran la temperatura de entrada y salida del aire de secado, flujo de alimentación del producto a secar, el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima (Pérez, 2017).

El material encapsulante debe proporcionar a la película propiedades emulsificantes, ser biodegradable, resistente al tracto intestinal, poseer baja viscosidad y alto contenido de sólidos, baja higroscopicidad, no reaccionar con el núcleo, capacidad para sellar y mantener el núcleo en el interior de la cápsula, capacidad de protección del núcleo en contra de condiciones adversas, carecer de sabor desagradable para aplicar en alimentos y tener viabilidad económica (Luna et al., 2016). Entre los materiales de pared usados para microencapsulación se tiene gomas (agar, alginato, carragenina),



carbohidratos (almidón, dextranos, sacarosa), celulosas (etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa), lípidos (ceras, parafinas, diglicéridos, aceites, grasas), proteínas (gluten, caseína, albúmina) y también se encuentra el grupo de aceites hidrogenados como el aceite de girasol, palma y soya, siendo estos excelentes formadores de películas que recubren partículas individuales encapsulándolos uniformemente (Hernández-Torres et al., 2016). Estos aditivos son utilizados generalmente para prevenir que los productos se peguen, aumentando su temperatura de transición vítrea T_g durante el secado por aspersion (Horuz et al., 2012).



2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

- Marmita
- Batidora
- Cocineta
- Termómetro
- Cronómetro
- Tela filtrante
- Balanza analítica Mettler toledo ME204
- Termobalanza Wisd LABORATORY INSTRUMENT WBA-110M
- Equipo de secado por aspersion LabPlant SD-Basic Dryer
- Potenciómetro Hanna HI 98190
- Refractómetro Atago N2
- Viscosímetro Copa Zahn #1
- Agitador magnético
- Centrifugadora
- Estufa
- Desecador

2.2 Sustancias y reactivos

- Suero de leche
- Pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*)
- Harina de maíz
- Maltodextrina con equivalente de dextrosa 10 - 12
- Edulcorante *Stevia*
- NaOH 0.1N
- Fenolftaleína



2.3 Descripción del proceso

2.3.1 Obtención de la materia prima

2.3.1.1 Procesamiento del suero de leche

El suero se puede obtener como subproducto de la elaboración de queso, sin embargo, a fin de garantizar que este no presente partículas extrañas, que su pH se encuentre mínimo en 6.8 y máximo en 6.4, su acidez titulable sea máximo del 0.16 % como ácido láctico (NTE INEN 2594, 2011) y su sabor no sea salado, se realizó el proceso de cuajado de leche cruda adquirida en “Productos Lácteos del Portete”.

Para la elaboración de la bebida se realizó un pre tratamiento del suero, en el cual se sometió a una etapa de filtración por medio de una tela filtrante. Una vez realizado esto, se pasteurizó en una marmita a 72 °C por 30 minutos para separar la caseína presente y se enfrió hasta 40 °C mediante el empleo de agua fría para acelerar el proceso. Finalmente, se filtró nuevamente con tela filtrante obteniendo un líquido blanquecino con tonalidades verdosas que se almacenó en refrigeración hasta la elaboración de la bebida, sin exceder un periodo de 24 horas. Este pre tratamiento se realizó con la finalidad de eliminar cualquier presencia de microorganismos patógenos.

El suero empleado en la dosificación se estableció entre un 50 % a un 50.7 % de acuerdo con la normativa (NTE INEN 2609, 2012), en la cual se indica un valor mínimo de suero del 50 %. Finalmente, se obtuvo la cantidad de suero en proporción mediante el método de diseño de mezclas.

2.3.1.2 Pulpa de tomate de árbol

Esta fue obtenida en un supermercado local como pulpa congelada de tomate de árbol de la variedad *Solanum Betaceum* sin azúcar, sin conservantes, sin saborizantes de la marca “FrutaSi” en la presentación de 250 g. La pulpa empleada en las formulaciones de la bebida fue 15.6 % en peso.

2.3.1.3 Harina de Maíz

Al igual que la pulpa, la harina de maíz blanco fue obtenida en un supermercado local, de la marca con el mismo nombre de la cadena de supermercado. La harina



empleada en las formulaciones de la bebida varió entre 1.5 % y 2 % de acuerdo con la revisión bibliográfica (Galeano, 2017) para este tipo de bebidas y cuyas proporciones entre ese rango serán obtenidas mediante el diseño de mezclas.

2.3.1.4 Maltodextrina

La maltodextrina fue adquirida en Productos Químicos Industriales “*Freire Mejía Cia. Ltda.*”, en presentación de 1 kg con 10 a 12 DE (Equivalentes de dextrosa). Para la formulación de la bebida se empleó un 32 % de este compuesto, que se mantendrá constante en todas las mezclas y cuyo valor está basado en bibliografía (Beltrán & Casilla, 2015)

2.3.1.5 Edulcorante

El edulcorante utilizado, Stevia, fue obtenido en una tienda de productos naturales con el nombre de *Stevia Boliviana*, en polvo en la presentación de 250 g. Para la formulación de la bebida se emplearon proporciones entre 0.2 % y 0.3 % de acuerdo a recomendaciones bibliográficas (Gomez, 2011) y cuyas proporciones serán obtenidas a través del diseño de mezclas.

2.3.2 Caracterización fisicoquímica del suero de leche

2.3.2.1 Determinación del pH

La determinación de pH se realizó utilizando un potenciómetro de marca Hanna HI 98190 en base al método especificado por Association of Analytical Communities AOAC 973.41⁵.

2.3.2.2 Determinación de la acidez

La determinación de la acidez titulable se realizó según el procedimiento indicado en la norma (NTE INEN 2594, 2011) con una solución estandarizada de hidróxido de sodio 0.1 N, empleando fenolftaleína como indicador. Se añadió la solución de hidróxido de sodio hasta viraje o cambio de color de la muestra. Se expresaron los resultados en porcentaje de ácido láctico de acuerdo con la normativa.

⁵ AOAC 973.41 pH del agua

$$\% \text{ácido láctico} = \frac{(V * N * K)_{\text{NaOH}} * \text{meq acd. láctico} * 100}{\text{Volumen muestra}} \quad (1)$$

2.3.2.3 Determinación de proteína

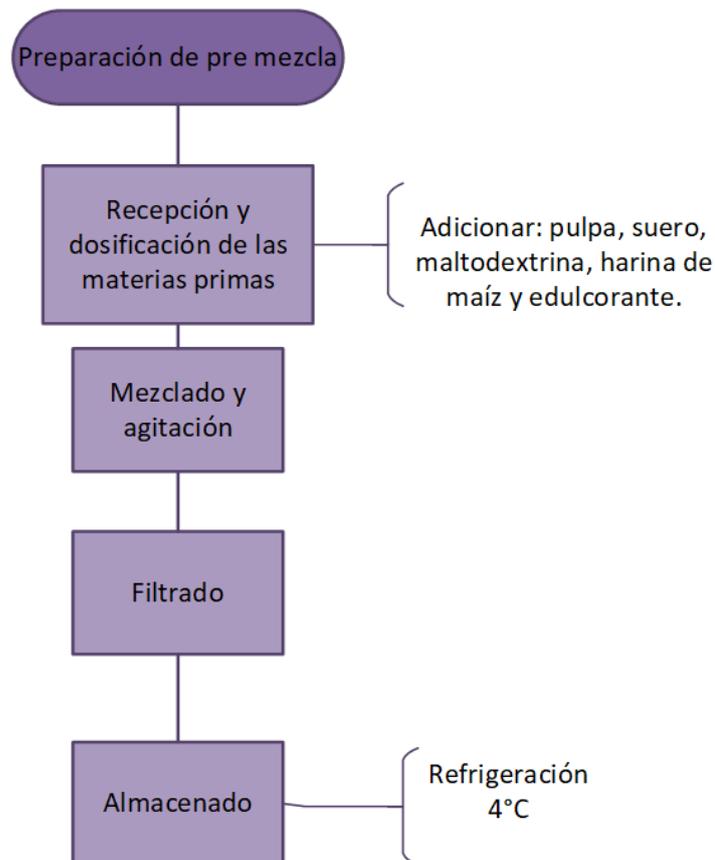
El análisis se llevó a cabo en un laboratorio externo “MSV LABORATORIOS” de acuerdo con el método para determinación de proteína AOAC 991.20 - VOLUMETRÍA, que consiste en la determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl y cuyo resultado fue validado y comparado con el valor de la norma (NTE INEN 2594, 2011).

2.3.3 Producción de la bebida

La producción de la bebida y el procedimiento detallado a continuación se realizó en el Laboratorio de Conservas, en el Campus Tecnológico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca.

2.3.3.1 Preparación de la bebida

Figura 6. Diagrama de preparación de la pre-mezcla.



Fuente: Propia.



- **Recepción:** se verificó que la materia prima cumpla con los parámetros indicados anteriormente para el suero de leche. En el caso de la pulpa de tomate fue necesario realizar una inspección visual, en la cual se verificó que el contenido no presente oscurecimiento inusual gracias a su deterioro, al igual que la ausencia de roturas o rasgados en su envoltura. En el caso de la harina de maíz realizó un control de tamizaje para evitar la presencia de partículas extrañas. De igual manera para la harina de maíz, maltodextrina y edulcorante se verificó el buen estado de su envase. Como control general de las últimas materias primas mencionadas se verificó que su fecha de caducidad no se haya superado.
- **Mezclado y agitación:** mezclar todos los ingredientes con ayuda de agitación mecánica para su homogeneización. En esta etapa se aseguró una mezcla homogénea al verificar que la pulpa congelada, la harina de maíz, la maltodextrina y el edulcorante se disuelvan completamente en el suero de leche. Para facilitar la disolución de los componentes anteriores, se calentó previamente el suero a una temperatura 50 °C.
- **Filtración:** la pre-mezcla fue filtrada con una tela filtrante de lino para evitar taponamiento en el equipo de secado con partículas no disueltas, generalmente contenidas en la pulpa y harina, de tamaño no apreciable a simple vista, pero que pueden posteriormente obstruir el aspersor del secador.
- **Almacenamiento:** se colocó la pre-mezcla en envases de plástico o vidrio para su posterior secado. El almacenamiento se llevó a cabo en temperatura de refrigeración entre 4 - 5 °C aproximadamente.

2.3.3.2 Determinación de °Brix en la pre-mezcla

Para la determinación de °Brix se utilizó un refractómetro de marca “Atago N2” en un rango de 28 – 62 °Brix. Esta medición se basa en el método de la norma (NTE INEN 2173, 2013) que consistió en colocar unas gotas de la muestra en el prisma para observar el valor por el lente. Por cada muestra evaluada se debió limpiar el lente del refractómetro con ayuda de algodón y agua destilada.

2.3.3.3 Determinación de la viscosidad de la pre-mezcla

Para determinar la viscosidad de la mezcla se empleó una Copa Zahn número 1 empleando el método de la norma (NTE INEN 1013, 2016). Al realizar esta



determinación mediante la Copa Zahn se obtuvo como resultado la viscosidad de escurrimiento en segundos, por lo que para transformar este valor a viscosidad cinemática se utilizó la siguiente ecuación (obtenida de la normativa ASTM D4212 Zahn 1):

$$v = 1.1(t - 29) \quad (2)$$

t = tiempo de escurrimiento en segundos

v = viscosidad cinemática en centistokes (cSt)

Fue necesario transformar este valor de viscosidad cinemática a viscosidad dinámica mediante la determinación de la densidad (procedimiento que se encontrará a continuación) y aplicando la siguiente ecuación:

$$\eta = v * \rho \quad (3)$$

η = viscosidad dinámica centipoises cP

ρ = densidad kg/m³

2.3.3.4 Determinación de la densidad

Esto se realizó mediante el método de la norma (NTE INEN 11, 2012) que se basa en la determinación de la densidad relativa por el método del picnómetro.

$$\rho = \frac{m_{p+d} - m_p}{V_p} \quad (4)$$

m_{p+d} = masa del picnómetro más disolución

m_p = masa del picnómetro

v_p = volumen del picnómetro

2.3.3.5 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con el fin de determinar la mezcla mejor puntuada que ingresará al secador. Las mezclas fueron evaluadas sensorialmente mediante una prueba afectiva, conocida también como prueba de consumidores; estas analizan la preferencia de los consumidores o miden el grado de satisfacción proporcionado por un producto. Para esta prueba contribuyeron 15 panelistas no

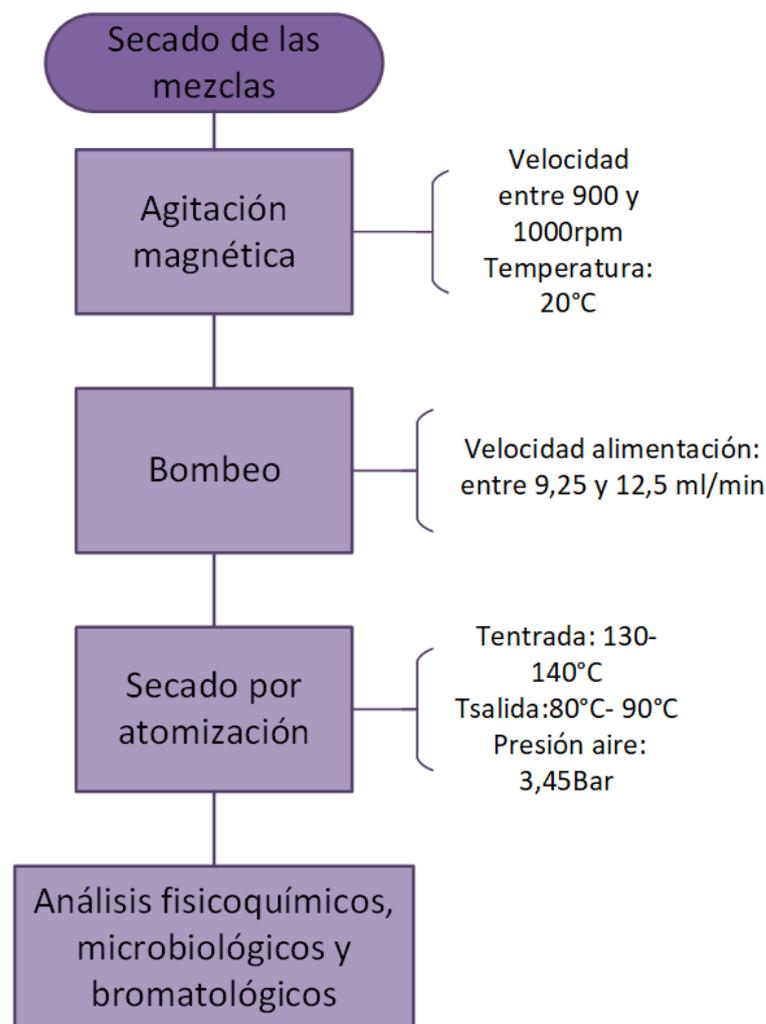
entrenados y se utilizó una escala de evaluación hedónica de 7 puntos: 1 = me disgusta mucho, 2 = me disgusta, 3 = me disgusta poco, 4 = no me gusta ni me disgusta, 5 = me gusta poco, 6 = me gusta, 7 = me gusta mucho. Esta escala evaluará las características de sabor de cada mezcla.

Estos son plasmados en una ficha de catación ver Anexo 1

2.3.4 Proceso de secado

2.3.4.1 Secado de la pre-mezcla

Figura 7. Diagrama de secado de la mezcla



Fuente: Propia.

2.3.4.1 Características del equipo

El secado de la muestra se realizó mediante secado por aspersion con un equipo de laboratorio LabPlant ® SD-Basic Spray Dryer Supplied by Armfield, el cual se

compone principalmente de la cámara de secado, ciclón, botellas de recolección de muestras y recolección de desechos, abrazaderas y tubería necesaria. Por otro lado, la carcasa químicamente resistente incluye el ventilador, calentador y los controles para la temperatura de entrada y velocidad de la bomba. El volumen de aire de secado fue fijado a $70 \text{ m}^3/\text{h}$.

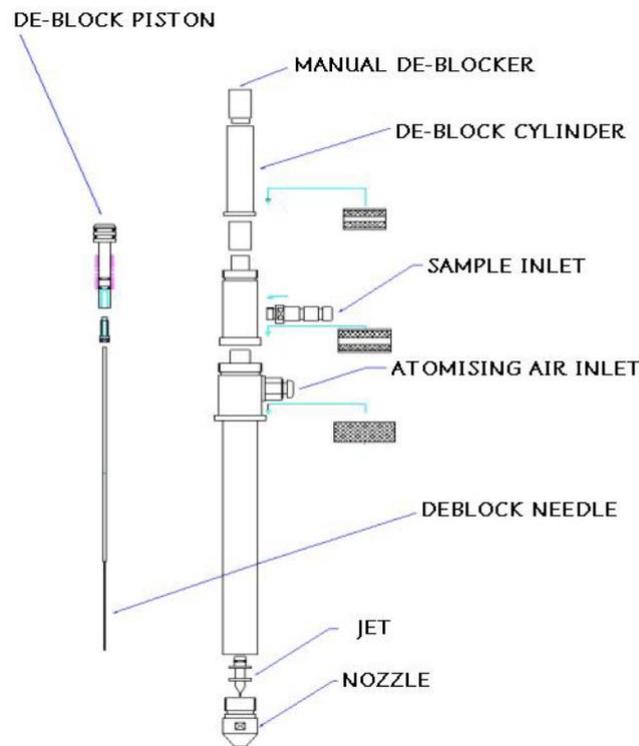
Figura 8. Equipo de secado y boquilla de atomización.



Fuente: Propia.

El conjunto de atomización es una boquilla de fluido doble, donde la boquilla interior inserta el líquido y la exterior el chorro de aire comprimido para la atomización, por lo que tanto el líquido como el aire a presión ingresan por la parte superior del equipo. El agujero para la entrada del líquido tiene un diámetro de 0.5 mm y cuenta con un sistema manual en caso de obstrucción (MANUAL DE-BLOCKER).

Figura 9. Esquema del atomizador en el equipo de secado.



Fuente: (LabPlant, 2009)

De acuerdo con la clasificación del flujo de aire y de la alimentación, en este caso se operó con un flujo en paralelo, cuyo modo de operación es fijado por el diseño del equipo.

2.3.4.2 Operación del secador por aspersión

- *Temperatura del aire de secado*

La temperatura del aire de secado fue activada y controlada por el calentador en el equipo en grados Celsius. La selección de la temperatura óptima de secado fue determinada por diseño factorial, cuyo procedimiento será descrito más adelante en el diseño de investigación.

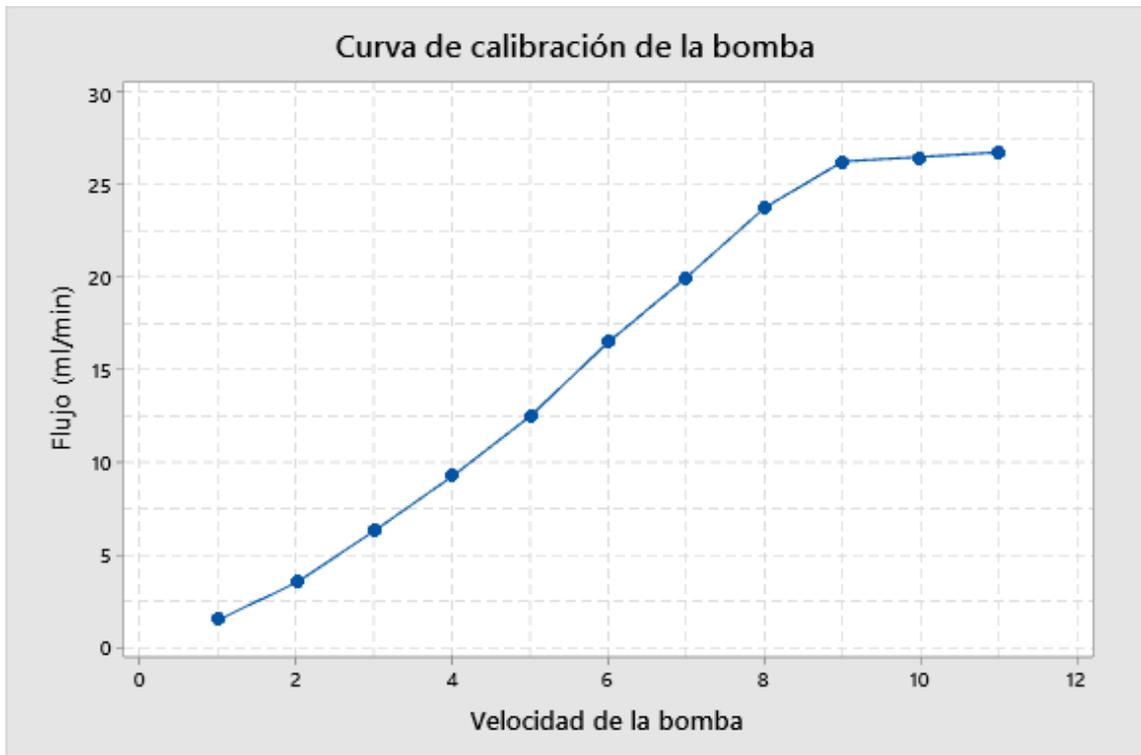
- *Velocidad de alimentación*

La velocidad de alimentación fue rigida por la calibración de la bomba peristáltica de alimentación, la cual se encuentra predeterminada por el fabricante del equipo, y cuyos valores correspondientes se encuentran a continuación como una referencia:

TABLA 3. Velocidad de la bomba.

Velocidad de la bomba	Mililitros/minuto
1	1.5
2	3.5
3	6.3
4	9.25
5	12.5
6	16.5
7	20
8	23.75
9	26.25
10	26.50
11	26.75

Fuente: (LabPlant, 2009)

Figura 10. Curva de calibración de bomba peristáltica del equipo de secado

Fuente: Propia.

La velocidad de alimentación óptima fue determinada por el estudio del diseño factorial junto con la temperatura del aire de entrada.

- *Presión de pulverización*

Esta fue regida por el caudal de aire empleado para la atomización regulada por la válvula del compresor. Como recomendación del fabricante este caudal debería



encontrarse en 27 l/min a una presión de 3 bar, aunque la presión utilizada fue de 3.45 bar, por lo que este valor se mantuvo constante durante los procesos de secado.

- *Características de la alimentación*

Para el ingreso al secador la mezcla se mantuvo con agitación constante de 1000 rpm, realizada por un agitador magnético HSC Heating Magnetic Stirrer VELP SCIENTIFICA, a temperatura ambiente de 25 °C aproximadamente.

2.3.5 Análisis de laboratorio para el producto en polvo

2.3.5.1 Análisis fisicoquímicos

- *Humedad*

De acuerdo con la norma (NTE INE 2471-1, 2017) para “Mezclas en polvo para preparar bebidas” es necesario que estas tengan una fracción máxima de humedad del 6 %. El procedimiento para la determinación de humedad mediante una termobalanza *Wisd laboratory instruments High Performance Moisture Analyzer WBA - 110M* se realizó de la siguiente manera:

- a) Ajustar la temperatura deseada. Abrir la unidad desecadora.
- b) Colocar el plato portamuestras vacío, meter el manipulador con el portamuestras dentro del aparato. Cerrar la unidad desecadora.
- c) Añadir la muestra al portamuestras, con una espátula, colocar alrededor de 3 a 5 gramos de la muestra procurando que la distribución sea uniforme para obtener buenos resultados analíticos.
- d) Una señal acústica indicará que el proceso de desecación ha terminado mostrará el valor final de humedad de la muestra.

- *pH de reconstitución*

En cuanto al valor del pH, se indica en la norma (NTE INE 2471-1, 2017) que el pH en la bebida reconstituida debe tener un valor máximo de 4.2 y su método de ensayo será basado en la norma (NTE INEN ISO 1842, 2020) “Productos vegetales y de frutas - determinación de pH (IDT)”. En esta última norma se indica que para realizar esta medición se necesita utilizar un pH-metro con una escala graduada en 0.05 unidades de pH. Si no se proporciona un sistema de corrección de temperatura, la escala se deberá aplicar a las mediciones a 20 °C. Finalmente, en la preparación de la muestra, se indica

únicamente que se debe mezclar la muestra de laboratorio cuidadosamente hasta que ésta sea homogénea.

▪ *Actividad acuosa*

Como indicador del desarrollo microbiano que pudiese existir en el producto final (polvo seco), se determinó su actividad acuosa mediante un higrómetro Rotronic - higroskop DT a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C). Como respuesta de este equipo se obtiene el porcentaje de humedad relativa % HR, por lo que para obtener la actividad acuosa es necesario dividir este valor para 100 de acuerdo con la fórmula (5). Esta medición se llevó a cabo para las muestras obtenidas luego del proceso de secado por aspersión.

$$aW = \frac{\%HR}{100} \quad (5)$$

▪ *Solubilidad*

La solubilidad se determinó usando el método de Eastman y Moore modificado por (Cano-Cahuca et al., 2005). Se pesó 1 gramo de polvo obtenido y se adicionó 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 a 105 °C por 24 horas. El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso (Perrazo, 2018).

$$\%S = \frac{\text{peso de sólidos en el sobrenadante} * 4}{\text{peso de la muestra}} * 100 \quad (6)$$

2.3.5.2 Análisis microbiológico

De acuerdo con los requisitos presentados en la norma (NTE INE 2471-1, 2017) el producto debe estar exento de bacterias patógenas, toxinas y de cualquier otro microorganismo causante de la descomposición del producto, así como de toda sustancia originada por microorganismos y que representen un riesgo para la salud. Los ensayos para los requisitos microbiológicos se desarrollaron de forma externa en el laboratorio “MSV laboratorio” especializado en alimentos, determinando mohos y levaduras como indicadores de calidad.



2.3.5.3 *Análisis de proteína*

Inicialmente se realizó la determinación de proteínas en el suero, el cual es la fuente principal de estos compuestos. Por otro lado, con el fin de estudiar alguna variación en el contenido de proteínas del producto final debido al proceso de secado por aspersión, se realizó un análisis de proteínas, realizado de forma externa en el laboratorio “MSV laboratorio” especializado en alimentos.

2.4 **Diseño de investigación**

Esta es una investigación de tipo cuantitativa experimental en la que para la determinación de los porcentajes de los ingredientes de la pre-mezcla que formó la alimentación del secador se empleó la obtención de la matriz de proporciones del método de mezclas, utilizando un diseño de vértices extremos, aplicado en experimentos de mezclas con restricciones, donde la región experimental es un polígono irregular.

Para determinar los parámetros del secador se aplicó un diseño factorial. En el diseño factorial se investigaron todas las relaciones posibles entre los factores y los efectos que estas relaciones tienen en las variables de respuesta (Lundstedt et al., 1998).

2.4.1 *Determinación de porcentajes de los ingredientes*

La investigación se enfocó en optimizar el sabor de la pre-mezcla con respecto a 3 de los 5 ingredientes, lo cual permitió escoger las mejores mezclas, evaluadas sensorialmente, que ingresaron al secador. Se estableció que la cantidad total de los ingredientes de estudio, suero de leche, harina de maíz y edulcorante, representarán el 52.4 % en peso de la fórmula total, en tanto que el resto de componentes de la pre-mezcla permanecerán constantes con 15.6 % y 32 % para la pulpa de tomate y maltodextrina respectivamente. Para realizar los experimentos se tomaron 1000 g de mezcla total, con lo que la porción de estudio representa 524 g de los componentes de estudio, equivalentes al 52.4 % mencionado anteriormente.

Para la formulación de la pre-mezcla que ingresó al secador se utilizó una parte del diseño de mezclas, en concreto, la obtención de la matriz de proporciones utilizando el diseño de vértices extremos mediante el software Minitab. Los componentes de estudio para este método fueron X₁: suero de leche, X₂: harina de maíz y X₃: edulcorante.

TABLA 4. Elección de las restricciones en los componentes de la porción de estudio.

Componente	Restricción inferior (%)	Restricción superior (%)
Componente 1: suero de leche	95.42	96.76
Componente 2: harina de maíz	2.86	3.82
Componente 3: edulcorante	0.38	0.57

Fuente: Propia

En la formulación del 52.4 % asignado a los tres componentes se decidió aplicar un experimento de mezcla con restricciones, ya que hay razones técnicas, como el dulzor de la mezcla para el edulcorante, un rango de porcentaje por normativa en el caso del suero y un rango justificado mediante bibliografía para la harina de maíz, que indican el nivel aproximado en que debe estar cada uno de los tres componentes. La variable de respuesta fue *y1: evaluación sensorial*, cuyo método de evaluación se detalla más adelante.

Para la creación del diseño en Minitab y obtención de la tabla de proporciones, se seleccionó el diseño de vértices extremos, seleccionando un grado de diseño 2, el cual contiene mezclas dobles donde los componentes se mezclan igualmente. De igual manera se seleccionó la obtención de un punto central y se amplió el diseño con un punto axial. Existen diferentes tipos de puntos que Minitab asigna dentro del área de estudio: el tipo 1 es un vértice, encontrados en las esquinas del espacio de diseño, el tipo 2 es un punto en el medio de un borde del espacio de diseño, el tipo 0 es el punto central y el tipo -1 es un punto axial, correspondiente a la mezcla en la que las proporciones de los componentes son los promedios de las proporciones de punto central y las proporciones de un vértice.

A continuación, se presenta la Tabla 5 obtenida a través del diseño descrito, así como el área experimental con las mezclas obtenidas gracias al diseño.

TABLA 5. Matriz de proporciones de cada ingrediente.

Matriz de proporciones			
Nombre de la muestra	SUERO	HARINA	EDULCORANTE
M1	0.9676	0.0286	0.0038
M2	0.9657	0.0286	0.0057
M3	0.9579	0.0382	0.0038
M4	0.9561	0.0382	0.0057
M5	0.9666	0.0286	0.0048
M6	0.9628	0.0334	0.0038
M7	0.9570	0.0382	0.0048
M8	0.9609	0.0334	0.0057
M9	0.9618	0.0334	0.0048
M10	0.9647	0.0310	0.0043
M11	0.9637	0.0310	0.0053
M12	0.9599	0.0358	0.0043
M13	0.9589	0.0358	0.0053

Fuente: Propia

Figura 11. Espacio de diseño obtenido por el diseño de vértices extremos con los puntos de estudio.



Fuente: Propia.

2.4.2 Diseño factorial y optimización de las variables de operación del equipo

Para determinar la temperatura de entrada y la velocidad de alimentación óptimas se aplicó un diseño factorial 2^k . En este modelo k son los factores que corresponden a la

temperatura y velocidad de alimentación; la variable de salida o de respuesta fue la humedad, ya que es un parámetro que se debe evaluar para el cumplimiento de la norma cuyo valor debe ser máximo del 6 % (NTE INE 2471-1, 2017).

Luego de pruebas preliminares se encontró que los rangos entre los que se estudiaría la temperatura de entrada fue 130 – 140 °C, así como el rango de velocidades de alimentación se encontraron entre 4 y 5 que corresponde a los flujos de 9.25 ml/min y 12.5 ml/min respectivamente, determinados de igual manera por ensayos preliminares.

Para el análisis de datos se aplicó una matriz de signos, cuyos valores representan la temperatura y velocidad de alimentación máximas y mínimas, a partir de la cual se pueden calcular los efectos de cada factor y la interacción de los efectos de los factores en la variable de respuesta, a través de un diseño experimental factorial. Para realizar una comparación se emplearon las siguientes hipótesis que fueron posteriormente comprobadas por medio de un análisis ANOVA.

$$H_0 : \text{Efecto A} = 0$$

$$H_0 : \text{Efecto B} = 0$$

$$H_0 : \text{Efecto AB} = 0$$

Posteriormente se midió el valor de la variable de salida para cada experimento y se determinó cuál fue el mejor experimento de la matriz, comparando su valor con los valores de referencia de la literatura (Lundstedt et al., 1998).

A continuación, se presenta la matriz de diseño, indicando el conjunto de puntos experimentales, considerando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores (k=2, correspondiente a temperatura de entrada y velocidad de alimentación):

TABLA 6. *Diseño factorial 2²*

<i>A: Temperatura de entrada</i>	<i>B: Velocidad de alimentación</i>	<i>Y: Humedad</i>
A ₁ = 130 (-)	B ₁ = 4 (-)	Y ₁
A ₁ = 130 (-)	B ₂ = 5 (+)	Y ₂
A ₂ = 140 (+)	B ₁ = 4 (-)	Y ₃
A ₂ = 140 (+)	B ₂ = 5 (+)	Y ₄

Fuente: Propia



Para este caso se denotan dos factores: *A: Temperatura de entrada* y *B: Velocidad de alimentación*, cada uno con dos niveles denotados por $A_1 = 130\text{ °C}$, $A_2 = 140\text{ °C}$ y $B_1 = 4$ (9.25 ml/min), $B_2 = 5$ (12.5 ml/min), respectivamente, siendo la respuesta de interés la *humedad Y*. En cada experimentación la humedad fue determinada por triplicado, siendo el valor de *Y* un promedio de estos tres valores.

2.5. Procesamiento y análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) a los datos obtenidos en la matriz del diseño factorial, empleando un 95 % en el nivel de confianza. Este análisis utiliza la prueba de Fischer para poder comprobar si las hipótesis planteadas son o no las correctas. Todo este estudio se realizó con el programa Minitab 19.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Parámetros físico químicos del suero

3.1.1 pH

De acuerdo con la norma NTE INEN 2594:2011, en donde se indican los requisitos para el suero de leche dulce, el valor del pH debe encontrarse en un valor mínimo de 6.8 y máximo de 6.4. En este caso, luego de haber obtenido el suero mediante el cuajado de la leche, el valor del pH se encontró en un valor de 6.7.

Bajo las especificaciones de la norma mencionada anteriormente, el suero que se obtuvo se encuentra bajo el rango de pH, lo cual indica que la medición de este valor se realizó en un periodo no mayor a 24 horas, ya que, de no ser así, hubiera presentado un valor de pH inferior a 6.4 indicado como máximo, dando indicios de la formación de ácido láctico debido a su almacenamiento prolongado.

3.1.2 Acidez titulable

Para la determinación de la acidez se utilizó una solución estandarizada de hidróxido de sodio NaOH con concentración 0.1 N cuyo valor de la constante fue de $K = 0.988$. Se titularon las muestras con la solución de hidróxido de sodio NaOH, utilizando un volumen de muestra de 20 ml, añadiendo 40 ml de agua y fenolftaleína como indicador. Los volúmenes utilizados de hidróxido de sodio añadidos para el viraje de las muestras de suero por triplicado se presentan a continuación:

TABLA 7. Resultados de acidez titulable.

Muestra	Volumen de NaOH utilizado (ml)
M1	1.7
M2	1.7
M3	1.7
\bar{x}	1.7
Fuente: Propia	

El porcentaje de acidez titulable calculada como ácido láctico se determinó de acuerdo a la fórmula (1):



$$\begin{aligned}\% \text{ácido láctico} &= \frac{(1.7 \text{ ml} * 0.1 \text{ N} * 0.988)_{\text{NaOH}} * 0.09 \text{ meq ac. láctico} * 100}{20 \text{ ml}} \\ &= 0.076 \%\end{aligned}$$

Bajo los requisitos de la norma NTE INEN 2594:2011, se indica que el suero de leche debe tener una acidez titulable, en porcentaje calculado como ácido láctico máxima de 0.16 %. Al obtener un valor inferior de porcentaje de acidez calculado como ácido láctico de 0.076 %, se establece que el suero obtenido cumple con esta norma para la preparación de la bebida. De la misma manera, junto con el valor del pH obtenido, se verifica que el suero no ha excedido su tiempo de almacenamiento, ya que no presenta una concentración de ácido láctico suficiente como para exceder los límites de la normativa.

3.1.3 Análisis de proteína

De acuerdo con el análisis de proteína realizado externamente en “MSV LABORATORIOS” por el método de Kjeldahl para cuantificar nitrógeno, se obtuvo como resultado un porcentaje de 2.304 %. Siendo que la norma NTE INEN 2594:2011 exige como mínimo un valor de proteína láctea del 0.8 %, por lo que el valor de proteína obtenido de 2.304 % cumpliría con la norma, el valor por encima del valor mínimo indicado en la norma se puede justificar, ya que la leche utilizada para la obtención del suero fue pura, sin descremar y sin la adición de agua.

3.2 Análisis de la pre-mezcla

3.2.1 Grados Brix

Bajo estudios realizados, presentados anteriormente, por Cortéz (2015) y Horuz (2012) se ha reportado que las mejores concentraciones de sólidos en suspensión para sus condiciones de secado por aspersion fueron de 35.5 ± 5 °Brix y de 30.8 °Brix respectivamente. Estos valores se tomaron como referencia para las formulaciones iniciales de la pre-mezcla, sin embargo, la mejor concentración de sólidos en suspensión para las condiciones de secado utilizadas en este trabajo, presentadas en la metodología, fue de 39 °Brix. Con este valor se pudo evitar que el polvo se adhiriera al ciclón y se pueda recolectar en mayor cantidad en la botella de recolección del producto, siendo esto un indicador de mayor encapsulación de la mezcla.

3.2.2 Densidad

En la determinación de la densidad se tomaron mediciones de los pesos del picnómetro más la muestra por triplicado. De acuerdo con la fórmula (4) detallada en la metodología, se obtienen los siguientes valores de densidad:

TABLA 8. Resultados de densidad.

Muestra	Densidad
M1	1.1109 g/ml
M2	1.1964 g/ml
M3	1.1732 g/ml
\bar{x}	1.1602 g/ml
Fuente: Propia	

Los datos muestran una densidad superior a la densidad del agua, lo cual es debido a todos los ingredientes añadidos como: la pulpa de tomate, la harina de maíz y la maltodextrina aportan con la mayor cantidad de sólidos a la pre-mezcla, aumentando este valor. Este valor fue tomado en cuenta para la determinación de la viscosidad de la pre-mezcla.

3.2.3. Viscosidad

Para el cálculo de la viscosidad se obtuvieron los tiempos de escurrimiento mediante la Copa Zahn número #1 cuyos valores por triplicado se encuentran en la Tabla 9:

TABLA 9. Resultados tiempos de escurrimiento.

Tiempo	Tiempo de escurrimiento (s)
t1	51.27 s
t2	52.05 s
t3	55.15 s
Fuente: Propia	

A continuación, con los tiempos obtenidos, se calcula la viscosidad cinemática para cada tiempo con la fórmula (2) presentada en la metodología.

**TABLA 10.** Resultados viscosidad cinemático.

Viscosidad	Viscosidad en centistokes (cSt)
v1	24.497 cSt
v2	25.355 cSt
v3	28.765 cSt
Fuente: Propia	

Una vez obtenidos los datos en unidades de viscosidad cinemática, se calcula la viscosidad dinámica, multiplicando por la densidad obtenida anteriormente fórmula (3), la cual es igual a 1.1602 g/cm³.

TABLA 11. Resultados viscosidad dinámica.

Viscosidad	Viscosidad en centipoises (cP)
η_1	28.421 cP
η_2	29.416 cP
η_3	33.373 cP
\bar{x}	30.403 cP
Fuente: Propia	

De acuerdo con el estudio realizado por López (2009), se establece una viscosidad óptima, para las condiciones de operación del equipo de secado, de 634.59 cP en la premezcla; sin embargo, en el presente estudio debido a las características del equipo, principalmente al diámetro la aguja de aspersión de 0.5 mm, se encontró que la viscosidad óptima fue de 30.403 cP. Esta viscosidad permitió que la bomba de alimentación trabaje continuamente y no se genere una sobrepresión en la manguera de alimentación.

3.2.4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó en base a la característica de sabor, debido a que es la variable de respuesta para la primera parte del diseño de mezclas, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 12. Resultados de la evaluación sensorial.

Nombre muestra	Calificación (1-7)			Promedio
	Evaluador			
	1	2	3	
M1	6	6	6	6.00
M2	7	6	6	6.33
M3	3	5	6	4.67
M4	5	6	6	5.67
M5	7	7	6	6.67
M6	5	6	5	5.33
M7	4	6	3	4.33
M8	6	4	5	5.00
M9	5	7	6	6.00
M10	6	6	6	6.00
M11	5	4	6	5.00
M12	5	4	7	5.33
M13	4	3	7	4.67

Fuente: Propia.

En la Tabla 12 se tienen las puntuaciones de los 15 evaluadores para las 13 mezclas obtenidas por la matriz de diseño de mezclas. De cada muestra se realizó un promedio y de esta manera se obtuvo la mezcla con mejor puntuación, siendo esta la muestra M5 con un promedio de 6.667, que dentro de la escala hedónica indicó una calificación entre me gusta y me gusta mucho.

La mezcla M5 se compone de 50.6 % de suero de leche, 1.5 % de harina de maíz, 0.3 % de edulcorante, y como ya se mencionó anteriormente, la pulpa y la maltodextrina en porcentajes constantes de 15.6 % y 32 % respectivamente. Según la norma NTE INEN 2609 una bebida a base de suero lácteo debe contener mínimo el 50 % de suero por lo que la muestra M5 se encontró dentro de esta especificación.

3.3 Análisis del producto en polvo final

3.3.1 Humedad

Este parámetro se determinó por triplicado para cada uno de los experimentos formulados por medio del diseño factorial aplicado a las condiciones de temperatura de

secado y velocidad de alimentación en el equipo por aspersión. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

TABLA 13. Resultados de la humedad.

A: Temperatura de entrada	B: Velocidad de alimentación	Medición 1 Humedad %	Medición 2 Humedad %	Medición 3 Humedad %	Y: Humedad Promedio
A ₁ = 130 (-)	B ₁ = 4 (-)	4.29	4.72	4.78	4.59
A ₁ = 130 (-)	B ₂ = 5 (+)	5.34	6.65	6.93	6.31
A ₂ = 140 (+)	B ₁ = 4 (-)	3.78	4.84	3.95	4.19
A ₂ = 140 (+)	B ₂ = 5 (+)	4.70	5.49	5.20	5.13

Fuente: Propia

La norma NTE INEN 2471-1 dentro de sus requisitos especifica que la humedad en fracción másica para una bebida en polvo Tipo II⁶, se debe encontrar como máximo en 6 %. De acuerdo con esto, en la Tabla 13 se evidencia que tres experimentos se encuentran bajo el límite establecido por la norma para la humedad, sin embargo, el segundo experimento con una temperatura baja y una velocidad alta presenta un aumento de la humedad; esto pudo deberse a dichas condiciones de operación que se analizarán en el diseño factorial.

3.3.2 pH de reconstitución

Para determinar este parámetro se tomaron 10 g del producto en polvo y se diluyó en 20 ml de agua destilada hasta obtener una mezcla homogénea. Se tomaron las medidas de pH a una temperatura de 21 °C dando como resultado 4.31. De acuerdo con la norma NTE INEN 2471-1:2010 el pH máximo debe ser de 4.2 lo cual indica que la medición realizada cumple este requisito.

3.3.3 Actividad acuosa

Esta determinación se realizó directamente en el higrómetro obteniendo una lectura de humedad relativa de 9.4 % a una temperatura de 18.9 °C. Para transformarlo a actividad acuosa se aplica la fórmula (5) anteriormente en la metodología, obteniendo así el siguiente resultado:

⁶ Bebida en polvo Tipo II Con azúcar. Mezclas en polvo para preparar refrescos con sacarosa, fructosa o maltodextrina con o sin nutrientes (proteínas, vitaminas o minerales).

$$aw = \frac{9.4 \%}{100} = 0.094$$

Badui (2013) presenta una gráfica (Anexo 2) en la que se clasifican algunos alimentos de acuerdo a su actividad acuosa y pH, siendo los de interés los productos con menos del 5 % de humedad con actividad acuosa entre 0.3 y 0.35, valores que corresponden a la región de alta estabilidad. El valor obtenido para la bebida en polvo es de 0.094 por lo que se encuentra en la zona de productos con alta estabilidad y bajo desarrollo microbiano.

3.3.4. Solubilidad

La determinación de la solubilidad se llevó a cabo por triplicado de la muestra de 1 g en 100 ml de agua destilada obtenidas por la fórmula (6) mencionada anteriormente en la metodología obteniendo los siguientes resultados:

TABLA 14. Resultados del % de solubilidad.

Muestras	Porcentaje de Solubilidad
M1	87.41
M2	87.21
M3	86.29
\bar{x}	86.97
Fuente: Propia	

El porcentaje de solubilidad obtenido, de 86.97 % para la muestra en polvo final, es alta; ya que existen estudios en el que evalúan la solubilidad en base a las condiciones de operación del secador por aspersion como el de (Mendoza-Corvis et al., 2016) en el que obtienen una solubilidad máxima de 96.062 % con temperaturas elevadas de entrada y salida. En otro estudio en el que se seca pulpa de Jussara⁷ se obtiene una solubilidad superior al 90 % al emplear las mezclas ternarias de goma arábica, almidón concentrado y proteína concentrada de suero (Santana et al., 2016).

Como se observa en los estudios mencionados anteriormente, los cuales trabajan con ingredientes similares a los empleados, se reportan valores elevados de solubilidad;

⁷ Jussara: *Euterpe edulis* conocido también como palmito dulce.



sin embargo, en estos se realiza un análisis más profundo de la influencia de las condiciones de operación del equipo y los encapsulantes en la variable de solubilidad.

3.3.5. *Análisis microbiológico*

El análisis de mohos y levaduras se realizó de forma externa en “MSV LABORATORIOS”, se obtuvo un valor <10 UP/g. Este análisis es uno de los indicadores más importantes dentro de los parámetros microbiológicos.

Las unidades propagadoras de mohos o levaduras por gramo de muestra de acuerdo a la norma NTE INEN 2585 debe encontrarse en <10 UP/g⁸ por lo que los resultados obtenidos cumplen con el límite máximo permisible para identificar un nivel de buena calidad. Además, la presencia de microorganismos se debe analizar, porque el producto fue sometido a altas temperaturas de secado, que permiten extender la vida útil del producto gracias a la eliminación de humedad y una consecuente disminución de aW

3.3.6. *Análisis de proteína*

Este análisis se realizó con la finalidad de verificar que la proteína que aporta el suero de leche no sufrió una disminución debido al proceso de secado a altas temperaturas. Se obtuvo un valor de 2.614 % determinado por el método de Kjeldahl de manera externa en “MSV LABORATORIOS” realizado en una muestra de 1 g. Existen en el mercado bebidas en polvo con proteína de suero aislado “Celebrate ReBuild” que contiene 40 % de proteína en una muestra de 20 g, por lo que se puede decir que en 1g de esta muestra se encuentra aproximadamente un 2 % de proteína.

Si se compara el porcentaje de proteína inicial del suero de leche con el resultado obtenido para la bebida en polvo existe un aumento de dicho porcentaje, esto puede deberse a que en el proceso de secado el producto pierde humedad y sus componentes se concentran.

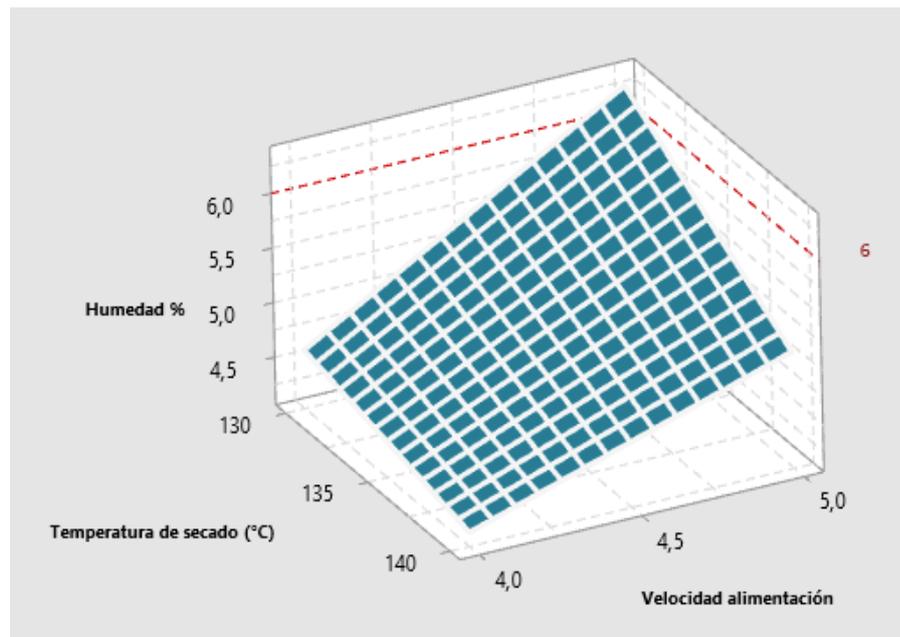
⁸ UP/g: unidades propagadoras por gramo.

3.4. Optimización de las variables de operación del equipo de secado

3.4.1. Superficie de respuesta

Se realizó la gráfica de superficie de respuesta (Figura 12), siendo la humedad la variable de estudio del diseño factorial. La región sombreada obtenida representa la región experimental y la línea superior roja de humedad igual a 6 %, es el máximo indicado por normativa, mencionado anteriormente en la metodología.

Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta de humedad en relación con la temperatura de secado y velocidad de alimentación.



Fuente: Propia.

Se pudo encontrar las condiciones con las que la humedad sería mínima (menor al 6 %). De acuerdo con la superficie obtenida estas condiciones se encontraron en un rango de 133 °C a 140 °C para la temperatura de secado y en un rango de 4 a 4.85 (unidades de la perilla de la bomba) para la velocidad de alimentación; estos últimos valores representados en flujo son equivalentes a 9.25 y 12.32 ml/min respectivamente. Estos rangos indican que operando el equipo dentro de dichos valores de temperatura de secado y de velocidad de alimentación la humedad del polvo resultante se mantendría por debajo del 6 %, indispensable para el cumplimiento de la normativa. Se pudo observar que la influencia de la temperatura de secado con la humedad presentó menor peso que la influencia de la velocidad de alimentación para la misma variable; los valores más bajos de temperatura de secado presentaron un valor de superficie más bajo que con los valores

más altos de la velocidad de alimentación (a una temperatura de secado de 130 °C corresponde una humedad de 4.5 % aproximadamente; mientras que para una velocidad de alimentación de 5 se presenta una humedad de 5.75 %), por lo que la condición de operación más flexible y con un rango más amplio es la temperatura de secado.

Si bien se obtuvo un rango de operación de las dos variables independientes (temperatura de secado y velocidad de alimentación), fue necesario optimizarlas y obtener las mejores condiciones con las que el equipo pudiese trabajar, obteniendo una humedad no mayor a la indicada. Para este efecto se presentan a continuación estas condiciones obtenidas mediante el software estadístico Minitab:

TABLA 15. Condiciones óptimas para la operación del equipo de secado.

Solución	Temperatura de secado °C	Velocidad de alimentación (unidades de la perilla de la bomba)	Humedad % ajuste
1	140	4	4.19

Fuente: Propia

De acuerdo con las condiciones óptimas obtenidas, una temperatura de secado de 140 °C y una velocidad de alimentación de 4 (correspondiente a 9.25 ml/min), se obtendría una humedad de 4.19 % en el polvo resultante del proceso de secado.

En un estudio realizado por Horuz (2012), en el que realiza el secado por aspersion y optimización de jugo no clarificado de granada, se emplean condiciones de temperatura de entrada al secador en un rango de 100 a 150 °C, pero obteniendo una optimización con una temperatura de entrada de 100 °C.

De igual manera, para efectos de predicción en caso de trabajar con otras condiciones en el equipo de secado, se obtuvo la ecuación de regresión, teniendo como respuesta la humedad del polvo seco:

$$\text{Humedad} = 5.056 - 0.396 \text{ Temperatura de secado} + 0.662 \text{ Velocidad de secado} - 0.192 \text{ Temperatura de secado} * \text{Velocidad de alimentación}$$

(7)

El modelo lineal asociado al análisis de varianza ANOVA arroja un coeficiente de determinación R^2 ajustado de 65.41 %, lo cual permite tener una calidad de predicción media de la humedad mediante la regresión obtenida, ya que el exceso de variabilidad no explicada hace que el intervalo de confianza para la humedad sea amplio.

3.5 Análisis estadístico del diseño factorial

TABLA 16. Análisis de varianza ANOVA

Fuente	GL	SC	MC	Valor	Valor
		Ajust.	Ajust.	F	p
Modelo	3	7,5918	2,5306	7,93	0,009
Lineal	2	7,1471	3,5735	11,21	0,005
Temperatura de secado (A)	1	1,8802	1,8802	5,90	0,041
Velocidad alimentación (B)	1	5,2669	5,2669	16,51	0,004
Interacciones de 2 términos (AB)	1	0,4447	0,4447	1,39	0,272
Temperatura de secado*Velocidad alimentación	1	0,4447	0,4447	1,39	0,272
Error	8	2,5513	0,3189		
Total	11	10,1431			

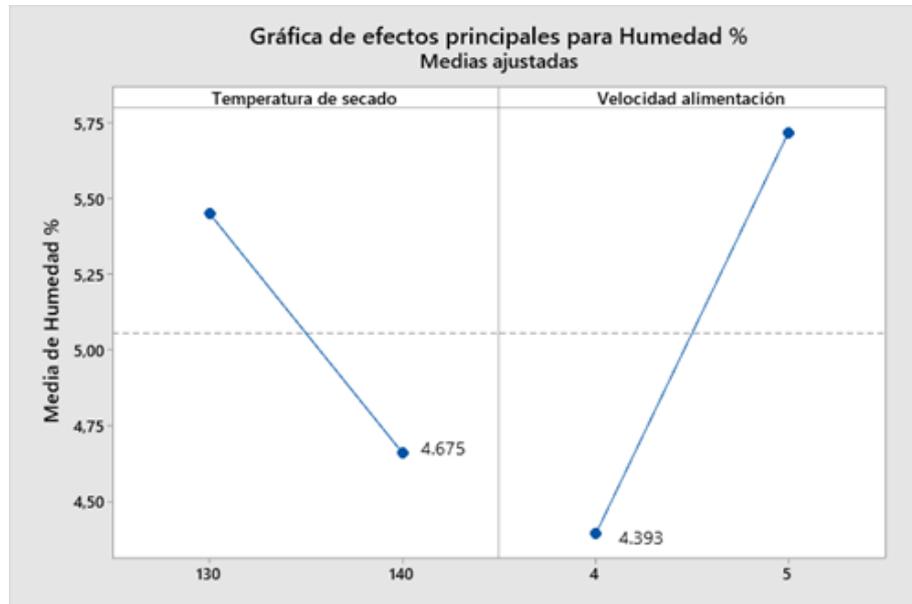
Fuente: Propia

El ANOVA presentado en la Tabla 15 obtenido mediante el software Minitab trabajando con un nivel de confianza del 95 % y un valor de significancia $\alpha = 0.05$, determina un valor de F para el factor A de 5.90, siendo este superior al obtenido por tablas de acuerdo a los grados de libertad de los factores individuales y los del error siendo este de 5.32 (Anexo 3). Este factor individual tiene efecto sobre la variable de humedad rechazando la hipótesis nula y aceptando la alterna $H_A: \text{Efecto A} \neq 0$. Para el factor B se tiene un valor F de 16.51, siendo este superior al valor de 5.32, por lo cual de igual manera que el anterior se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna $H_A: \text{Efecto B} \neq 0$. Como último se analiza el valor de F para la interacción del factor A y del factor B obteniendo un valor F de 1.39, siendo inferior al valor de 5.32, por lo tanto, la hipótesis nula se acepta.

En la columna para el valor p los valores para los factores individuales (A y B) presentan valores menores a 0.05, por cuanto se rechazan las dos hipótesis nulas $H_0 : \text{Efecto A} = 0, H_0 : \text{Efecto B} = 0$. De igual manera que con el análisis del valor de F, para el valor de p se aceptan las hipótesis alternas $H_A: \text{Efecto A} \neq 0, H_A: \text{Efecto B} \neq 0$. Para el caso del factor que toma en cuenta la interacción del factor A con el factor B no se

rechaza la hipótesis nula ya que el valor p 0.272 es mayor a 0.05, lo que indicaría que los efectos debidos a los factores A y B de manera individual son significativos y además el valor F del factor B es el que mayor efecto tiene sobre la minimización del %Humedad.

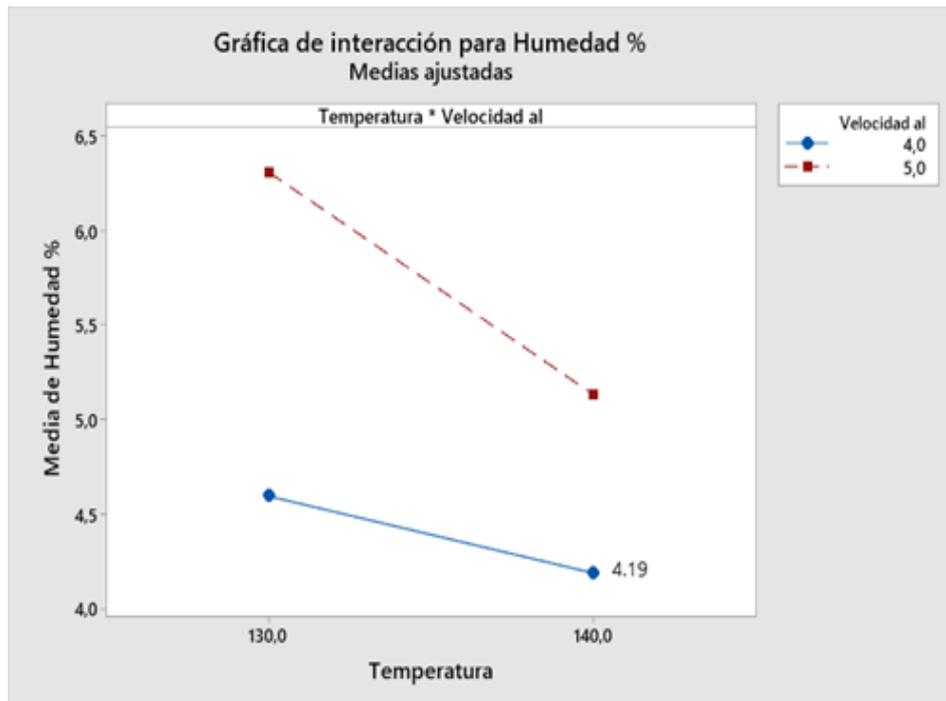
Figura 13. Gráfica de efectos principales para la variable respuesta humedad.



Fuente: Propia.

En la Figura 13 la gráfica factorial del diseño de efectos de individuales tanto para el factor A como el factor B, se observó que el secado con una temperatura alta tendría como resultado una humedad promedio de 4.675 % y al realizar el secado con una velocidad menor presentaría una humedad promedio de 4.393 %. Adicionalmente se observó que el efecto de la velocidad es más significativo que el efecto de la temperatura de secado.

Figura 14. Gráfica de efectos de interacción para la variable respuesta humedad.



Fuente: Propia.

En la Figura 14 se observó que no existió una interacción entre el Factor A y el Factor B, esto debido a que es poco significativo el efecto de interacción sobre la variable humedad. La línea azul representa la velocidad en su nivel bajo y la línea roja representa la velocidad en su nivel alto. Por cuanto, para la minimización de la humedad se puede escoger el parámetro de una temperatura de secado alta con una velocidad baja obteniendo una humedad promedio de 4.19.



4. CONCLUSIONES

La obtención de la bebida a base de suero de leche se realizó mediante materias primas que cumplieron con estándares de calidad propuestos en la metodología. El suero de leche, siendo la principal materia prima, cumplió con la normativa INEN 2594:2011 “Suero de leche líquido. Requisitos”, mediante análisis de pH y acidez, asegurando la calidad para la preparación de la bebida, verificando que el suero no tenga un tiempo de almacenamiento mayor a 24 horas.

Como control nutricional de la bebida se realizó la cuantificación de proteína al suero de leche líquido, siendo esta su fuente principal, dando como resultado un porcentaje de 2.304 %, cuyo valor cumple de igual manera con la normativa INEN respectiva. Con el fin de garantizar que por el calor generado en el proceso de secado por aspersion, no exista disminución en la cantidad de proteína, se realizó de igual manera una cuantificación de proteína al polvo resultante del proceso de secado, obteniendo un porcentaje de 2.614 %. Este valor indica una cantidad mayor de proteína en el polvo en comparación con la mezcla inicial, lo cual fue esperado, ya que en el proceso de secado se elimina agua del producto y todos sus componentes se concentran.

En la selección de la mezcla que ingresaría al secador se realizaron evaluaciones sensoriales teniendo como variable de respuesta el sabor, calificado por jueces no entrenados. Como resultado de este ensayo y después de calificar las 13 mezclas realizadas inicialmente por el método de mezclas, se seleccionó la mezcla M5 como mejor puntuada, con la cual se trabajó en las siguientes fases del estudio y la cual cumplió con el porcentaje mínimo de suero de leche para el cumplimiento de su norma INEN.

Adicionalmente, se realizaron ensayos físico químicos a la pre mezcla con el fin de garantizar las mejores condiciones para su entrada al secador, controlando sus grados Brix, densidad y viscosidad, siendo este último parámetro uno de los más importantes para que la mezcla líquida pudiera avanzar por la manguera de alimentación sin elevar la presión y para evitar que la aguja de aspersion se sobrecargue y se tapone, ocasionando problemas en el proceso de secado; se registraron los valores correspondientes a cada variable.



Una vez obtenido el producto en polvo gracias al secado, se realizaron determinaciones de humedad como variable de respuesta al diseño factorial para la operación del equipo, verificando que en ellas se cumpla con la humedad máxima del 6 % indicada en la norma INEN. Además, se realizaron pruebas físico químicas para garantizar el cumplimiento de esta normativa, indicando valores de pH de reconstitución, actividad acuosa y solubilidad, cuyo valor para esta última variable resultó de 86.97 %, calificándola como solubilidad alta de acuerdo con bibliografía. Sin duda las variables de actividad acuosa y el análisis microbiológico ayudaron a verificar la estabilidad del producto frente a microorganismos; con un valor de 0.094 de actividad acuosa se clasificó la muestra como un producto de alta estabilidad y de bajo desarrollo microbiano, y de igual manera obteniendo los resultados de la cuantificación de mohos y levaduras en el producto, estos valores se encontraron en <10 UP/g, cumpliendo de la misma manera con normativa. Estos dos últimos ensayos realizados indican que el producto, en caso de comercialización, tendría un largo tiempo antes de que sus propiedades principales nutritivas pudieran alterarse gracias a un desarrollo microbiano, pudiendo calificarlo como inocuo para el consumo.

Para la optimización del proceso de secado por aspersion se obtuvo una superficie de respuesta con los datos de humedad obtenidos con los 4 diferentes experimentos del diseño factorial. Datos de la superficie indicaron que las mejores condiciones con las que se podrían trabajar son: con una velocidad de alimentación de 9.25 ml/min y una temperatura de secado de 140 °C, obteniendo así una humedad mínima de 4.19 %, cuyo valor cumpliría de igual manera con la normativa. Sin embargo, una vez ajustado estos datos a un modelo matemático, cuya ecuación se encontró en los resultados, su coeficiente de determinación indica una correlación media, lo que se traduce a una calidad de predicción media para la humedad.



5. RECOMENDACIONES

Con el fin de estudiar la influencia que tiene el tamaño de partícula generado y con él, la cantidad de recolección de producto, sería de alto interés utilizar diferentes diámetros de aspersores, con las mismas condiciones de secado. Al aumentar o disminuir el diámetro del aspersor, cambiarían los tamaños de partícula del producto, y con ello, los tiempos residencia en la cámara de secado antes de su ingreso al ciclón, así como la cantidad de producto que queda adherido en las paredes de la cámara de secado.

De igual manera, para estudiar el rendimiento que se pudiera obtener del producto, se recomendaría realizar la formulación con diferentes encapsulantes; al estudiar esta variable con el nivel de encapsulación se sabrá qué encapsulante es el más conveniente para la formulación con suero de leche y principalmente la pulpa de tomate, que da el sabor final al producto.

Sería importante realizar un estudio sobre la influencia en la nutrición de los consumidores del producto, ya que el suero obtenido, al ser de una leche sin descremar, podría contener altos niveles de grasa y elevar ciertos niveles de colesterol en las personas que lo consuman.



REFERENCIAS

- Álvarez. (2012). *Desnaturalización de las proteínas*. <https://institutoclaret.cl/wp-content/uploads/2020/08/Gu%C3%ADa-Desnaturalizando-prote%C3%ADnas-3%C2%B0-Biolog%C3%ADa-Celular-y-molecular-17-al-28-de-agosto-2020.pdf>
- Álvarez, M. C. (2013). *Caracterización fisicoquímica de los diferentes tipos lactosueros producidos en la Cooperativa Colanta LTDA*. 42.
- Antuña, S., Celeguin, A. G., & Rubiolo, A. C. (2009). Estudio de la Desnaturalización Térmica y Agregación de las Proteínas de Suero por Calorimetría Diferencial de Barrido. *FABICIB*, 13, 51–57. <https://doi.org/10.14409/fabicib.v13i1.837>
- Araujo, Á. V., Monsalve, L. M., & Quintero, A. L. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 55. <https://doi.org/10.22490/21456453.992>
- Avery. (2018). *Degradation of vitamins, probiotics and other active ingredients caused by exposure to heat, water and sunlight*. https://nutraceuticalbusinessreview.com/news/article_page/Degradation_of_vitamins_probiotics_and_other_active_ingredients_caused_by_exposure_to_heat_water_and_sunlight/145924
- Beltrán, L., & Casilla, A. (2015). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS DE UN PRODUCTO A BASE DE LACTOSUERO Y PULPA DE MANGO (Mangífera indica L) EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA Y LA TEMPERATURA*.



https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1045/DETERM_1%20%281%29.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Bhonsale, S., Muñoz López, C. A., & Van Impe, J. (2019). Global Sensitivity Analysis of a Spray Drying Process. *Processes*, 7(9), 562.

<https://doi.org/10.3390/pr7090562>

Britos, R., & Park, J. (2016). *Ka'a he'ẽ Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni: La dulce planta de Paraguay para el mundo, alternativa para la diversificación de la finca.*

https://www.researchgate.net/publication/312899595_Ka'a_he'e_Stevia_rebaudiana_Bertoni_Bertoni_La_dulce_planta_de_Paraguay_para_el_mundo_alternativa_para_la_diversificacion_de_la_finca

Candelas-Cadillo, M. G., Alanís-Guzmán, M. G. J., Bautista-Justo, M., Río-Olague, F. D., & García-Díaz, C. (2005). *CONTENIDO DE LICOPENO EN JUGO DE TOMATE SECADO POR ASPERSION LYCOPENE CONTENT IN SPRAY-DRIED TOMATO JUICE*. 4, 10.

Cano, O. (2014). *TIPOS DE SECADO EN ALIMENTOS*. 74.

Cano-Cahuca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). *Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization.*

Casanova, M. (2013). *SECADO POR ASPERSION DE JUGO DE FRUTAS*.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17635/0478113.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cortés R, M., Hernández S, G., & Ciro V, H. J. (2015). Optimización experimental de una formulación de pulpa de uchuva (*Physalis peruviana*) para mejorar su



procesamiento en el secado por atomización. *Revista Vitae*, 22(2).

<https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a07>

Cotes. (2019). *Managing air conditions in spray drying and fluid bed systems*.

[https://dealers.cotes.com/wp-](https://dealers.cotes.com/wp-content/uploads/2014/10/SprayDryingFluidBed_Booklet_2014.pdf)

[content/uploads/2014/10/SprayDryingFluidBed_Booklet_2014.pdf](https://dealers.cotes.com/wp-content/uploads/2014/10/SprayDryingFluidBed_Booklet_2014.pdf)

Duarte, H. (2018). *Maltodextrinas*. Scribd.

<https://es.scribd.com/doc/76592194/Maltodextrinas>

Esquivel, E., Ochoa, & Rutiaga. (2015). *Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos*.

<https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>

Fabela, M. (2017). SECADO POR ASPERSIÓN. In *Tecnologías de*

nano/microencapsulación de compuestos bioactivos (pp. 189–199).

[https://www.researchgate.net/publication/336748770_ SECADO_POR_ ASPERSIÓN#pdf](https://www.researchgate.net/publication/336748770_SECADO_POR_ ASPERSIÓN#pdf)

FAO. (2017). *El Futuro de la alimentación y la agricultura*.

<http://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>

Fuentes, L., Acevedo, D., Chantré, C. A., & Gelvez, V. M. (2015). ALIMENTOS

FUNCIONALES: IMPACTO Y RETOS PARA EL DESARROLLO Y

BIENESTAR DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 140.

[https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149)

Galeano, O. (2017). *Elaboración de una bebida nutritiva para consumo humano a base de suero de leche y harina de maíz*.



- Gomez, K. (2011). *ELABORACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE BEBIDA INSTANTENEA TIPO MALTEADA RICA EN FIBRA SIN ADICION DE AZÚCAR*. 67.
- Gupta, E. (2013). Nutritional and therapeutic values of Stevia rebaudiana: A review Ena Gupta¹, Shalini Purwar¹, Shanthy Sundaram^{1*} and G. K. Rai². *Journal of Medicinal Plant Research*, 7, 3343–3353.
<https://doi.org/10.5897/JMPR2013.5276>
- Hernández-Torres, C. de J., Ilina, A., Ventura-Sobrevilla, J. M., Belmares-Cerda, R. E., Contreras-Esquivel, J. C., Álvarez, G., & Martínez, J. L. M.-. (2016). *La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria*. 9.
- Horuz, E., Altan, A., & Maskan, M. (2012). Spray Drying and Process Optimization of Unclarified Pomegranate (*Punica granatum*) Juice. *Drying Technology*, 30(7), 787–798. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.663434>
- INEN 2564. (2011). *NTE INEN 2564*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2564.pdf>
- Jyothi, N. V. N., Prasanna, P. M., Sakarkar, S. N., Prabha, K. S., Ramaiah, P. S., & Srawan, G. Y. (2010). Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation*, 27(3), 187–197.
<https://doi.org/10.3109/02652040903131301>
- Kajiyama, T., & Park, K. J. (2010). INFLUENCE OF AIR PARAMETERS ON SPRAY DRYING ENERGY CONSUMPTION. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v12n1p45-54>



- Kent, J., & McLeod, J. (2007). *Spray Dryer Optimization*. Powder & Bulk Solids.
<https://www.powderbulksolids.com/drying-thermal-solids-processing/spray-dryer-optimization>
- Khwanpruk, K., Akkaraphenphan, C., Wattananukit, P., Kaewket, W., & Chusai, S. (2018). Effect of drying air condition and feed composition on the properties of orange juice spray dried powder. *MATEC Web of Conferences*, 192, 03013.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819203013>
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2012). Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by spray-drying. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(5), 622–632. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.09.003>
- LabPlant. (2009). *SD-BASIC SPRAY DRYER Assembly & Operating Instructions*.
<http://www.keison.co.uk/products/labplant/SD-BasicManual.pdf>
- Lim, K., Ma, M., & Dolan, K. D. (2011). Effects of Spray Drying on Antioxidant Capacity and Anthocyanidin Content of Blueberry By-Products. *Journal of Food Science*, 76(7), H156–H164. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02286.x>
- López, B., Carvajal, L., & Millan, L. (2009). *Establecimiento de condiciones de la mezcla de pulpa de banano (Musa paradisiaca l.) para someter a secado por aspersion*. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n3/v16n3a02.pdf>
- Lucas, K., Maggi, J., & Yagual, M. (2011). *Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de Sangolquí, provincia de Pichincha*. 140.
- Luna, J. J., López, J., Jiménez, O., & Luna, L. (2016). *Microencapsulación de algunos componentes bioactivos mediante secado por aspersion*.
[file:///E:/Descargas/Dialnet-MicroencapsulacionDeAlgunosCompuestosBioactivosMed-5738794%20\(1\).pdf](file:///E:/Descargas/Dialnet-MicroencapsulacionDeAlgunosCompuestosBioactivosMed-5738794%20(1).pdf)



- Lundstedt, T., Seifert, E., Abramo, L., & Thelin, B. (1998). *Experimental design and optimization*. 38.
- Martínez, M. (2015). Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni. Una revisión. *Cultivos Tropicales*, 36.
- McHugh, T. (2018). *The Significance of Spray-Drying*. Food Technology Magazine. <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2018/april/columns/processing-spray-drying-in-the-food-industry>
- Mendoza-Corvis, F. A., Arteaga M, M., & Pérez S, O. (2016). Comportamiento de la vitamina C en un producto a base de lactosuero y pulpa de mango variedad Magdalena River (Mangífera Indica /.) durante el secado por aspersion. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 159–166. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200008>
- Meza, N., & Méndez, J. M. (2009). Características del fruto de tomate de árbol (Cyphomandra betaceae [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 289–294.
- Milán, J., Gutiérrez, R., Cuevas, E. O., Sánchez, L. M., Rochín, J. J., & Reyes, C. (2017). BEBIDA FUNCIONAL CON POTENCIAL ANTIDIABÉTICO Y ANTIHIPERTENSIVO ELABORADA CON MAÍZ AZUL Y FRIJOL NEGRO BIOPROCESADOS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(4), 451–459. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.4.451-459>
- Mondragón, R., Julia, J. E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: Formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(4), 159–168. <https://doi.org/10.3989/cyv.212013>



Morales. (2014). *DISEÑO DE LOS PROCESOS DE SECADO POR RODILLOS Y SPRAY DRYER PARA LA ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO NUTRICIONAL CON BASE EN LA MEZCLA DE AMARANTO, QUINUA, CHOCHO Y AVENA*. 142.

NTE INE 2471-1. (2017). *Mezclas en polvo para preparar bebidas. Requisitos*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2471-1.pdf

NTE INEN 11. (2012). *Leche. Determinacion de la densidad relativa*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_11-1-C.pdf

NTE INEN 1013. (2016). *Pinturas, Barnices y productos afines. Determinación de la viscosidad. Métodos de ensayo*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1013-1.pdf

NTE INEN 2173. (2013). *Producto vegetales y de frutas- Determinación de sólidos solubles- Método refractométrico(IDT)*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_2173_extracto.pdf

NTE INEN 2594. (2011). *Suero de leche líquido. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2594.pdf>

NTE INEN 2609. (2012). *Bebidas de suero. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2609.pdf>

NTE INEN ISO 1842. (2020). *Productos vegetales y de frutas- Determinación de pH (IDT)*.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1842_extracto.pdf

Pérez, J. (2017). *OBTENCIÓN DE POLVO DESHIDRATADO DE GUANÁBANA MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN*. 70.



- Perrazo, A. (2018). *Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de uvilla (Physalis peruviana L) en polvo.*
- Poveda E, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 397–403.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>
- Pringsulaka, O., Rueangyotchanthana, K., Suwannasai, N., Watanapokasin, R., Amnueysit, P., Sunthornthummas, S., Sukkhum, S., Sarawaneeyaruk, S., & Rangsiruji, A. (2015). In vitro screening of lactic acid bacteria for multi-strain probiotics. *Livestock Science*, 174, 66–73.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.016>
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386–392.
<https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.06.020>
- Reyna, E. N., Álvarez, G. M., Iliná, A., & Hernández, J. L. M. (2015). *Microencapsulación de componentes bioactivos Microencapsulation of bioactive compounds*. 8.
- Riofrío, R. (2014). *Caracterización de Lactosuero proveniente de cuatro producciones de diferentes tipos de queso.*
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3177/1/000110271.pdf>
- Rodríguez, E. G. (2015). *TRABAJO FIN DE MASTER POR*. 110.
- Saha, D., Nanda, S. K., & Yadav, D. N. (2019). Optimization of spray drying process parameters for production of groundnut milk powder. *Powder Technology*, 355, 417–424. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.07.066>



- Salazar-Lugo, R., Barahona, A., Ortiz, K., Chávez, C., Freire, P., Méndez, J., Bermeo, B., Santamaria, M., Salas, H., & Oleas, M. (2016). Efecto del consumo de jugo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) sobre el perfil lipídico y las concentraciones de glucosa en adultos con hiperlipidemia, Ecuador. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(2), 121–128.
- Santana, A. A., Cano-Higuita, D. M., de Oliveira, R. A., & Telis, V. R. N. (2016). Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. *Food Chemistry*, 212, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.148>
- Santos, D., Maurício, A. C., Sencadas, V., Santos, J. D., Fernandes, M. H., & Gomes, P. S. (2017). Spray Drying: An Overview. In *Biomaterials—Physics and Chemistry—New Edition*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72247>
- Serna-Saldívar, S. O., Gutiérrez-Urbe, J. A., Mora-Rochin, S., & García-Lara, S. (2013). Potencial nutraceútico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista fitotecnia mexicana*, 36, 295–304.
- Sousa, A. S. de, Borges, S. V., Magalhães, N. F., Ricardo, H. V., & Azevedo, A. D. (2008). Spray-dried tomato powder: Reconstitution properties and colour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(4), 607–614. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000400019>
- Vela, G., Castro, M., Caballero, A., & Ballinas, J. (2012). *Bebida probiótica de lactosuero adicionada con pulpa de mango y almendras sensorialmente aceptable por adultos mayores*. https://www.researchgate.net/profile/Maricruz-Castro-Mundo/publication/258519582_Bebida_probiotica_de_lactosuero_adicionada_c



on_pulpa_de_mango_y_almendras_sensorialmente_aceptable_por_adultos_mayores/links/54ebbbc10cf2082851be7cd6/Bebida-probiotica-de-lactosuero-adicionada-con-pulpa-de-mango-y-almendras-sensorialmente-aceptable-por-adultos-mayores.pdf

Vera, M. (2012). *Metodología de Diseño Simultáneo de Proceso y Control aplicada a un secado por atomización multiproducto para sustancias químicas naturales*. 114.

Villareal, B. (2017). *Desarrollo en planta piloto de una bebida de lactosuero y fruta natural para adultos mayores*.

<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/457960/bva1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villares, M., Sanchez, J., Viera, W., Soria, N., Sotomayor, A., Yáñez, D., & Martínez, E. (2018). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE TOMATE DE ÁRBOL (Solanum betaceum Cav.) DE UNA POBLACIÓN SEGREGANTE*. 5, 9–19.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de catación

EVALUACION SENSORIAL FICHA DE CATACIÓN

Pruebe el producto que se presenta a continuación y marque su calificación de acuerdo al sabor.

Muestra #

1=me disgusta mucho
 2= me disgusta
 3=me disgusta poco
 4=no me gusta ni me disgusta
 5=me gusta poco
 6= me gusta
 7=me gusta mucho

Muestra #

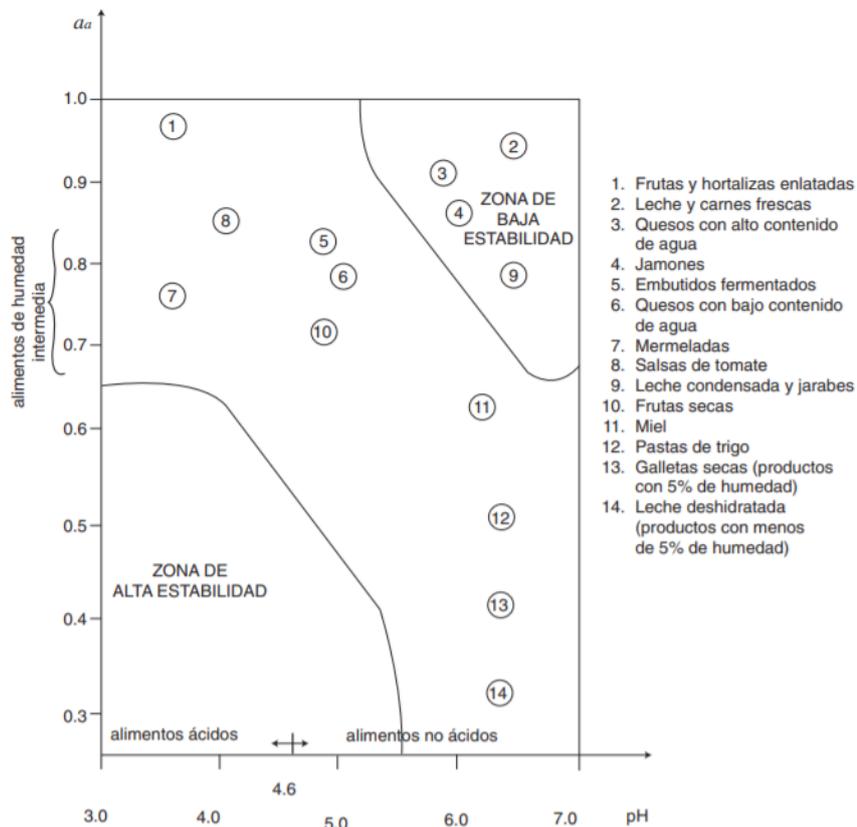
1=me disgusta mucho
 2= me disgusta
 3=me disgusta poco
 4=no me gusta ni me disgusta
 5=me gusta poco
 6= me gusta
 7=me gusta mucho

Muestra #

1=me disgusta mucho
 2= me disgusta
 3=me disgusta poco
 4=no me gusta ni me disgusta
 5=me gusta poco
 6= me gusta
 7=me gusta mucho

Gracias

Anexo 2. Influencia de la aW y del pH en la estabilidad de alimentos.





Anexo 3. Tabla de Fischer

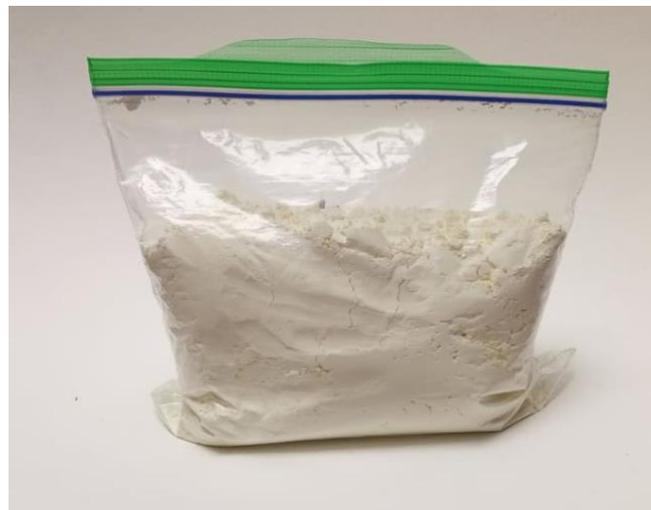
Tabla A4 Puntos críticos al 5% de la distribución F, $P(X > x) = 0.05$.

		Grados de libertad en el numerador																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	40	50	75	100	∞		
Grados de libertad en el denominador	1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254		
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5		
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.66	8.63	8.62	8.59	8.58	8.56	8.55	8.53		
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.70	5.68	5.66	5.63		
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.56	4.52	4.50	4.46	4.44	4.42	4.41	4.37		
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.87	3.83	3.81	3.77	3.75	3.73	3.71	3.67		
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.44	3.40	3.38	3.34	3.32	3.29	3.27	3.23		
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.15	3.11	3.08	3.04	3.02	2.99	2.97	2.93		
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.94	2.89	2.86	2.83	2.80	2.77	2.76	2.71		
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.77	2.73	2.70	2.66	2.64	2.60	2.59	2.54		
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.47	2.46	2.41		
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.54	2.50	2.47	2.43	2.40	2.37	2.35	2.30		
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.46	2.41	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.21		
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.39	2.34	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.13		
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.33	2.28	2.25	2.20	2.18	2.14	2.12	2.07		
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.28	2.23	2.19	2.15	2.12	2.09	2.07	2.01		
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.23	2.18	2.15	2.10	2.08	2.04	2.02	1.96		
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.19	2.14	2.11	2.06	2.04	2.00	1.98	1.92		
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	2.00	1.96	1.94	1.88		
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.12	2.07	2.04	1.99	1.97	1.93	1.91	1.84		
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.90	1.88	1.81		
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.07	2.02	1.98	1.94	1.91	1.87	1.85	1.78		
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.05	2.00	1.96	1.91	1.88	1.84	1.82	1.76		
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.03	1.97	1.94	1.89	1.86	1.82	1.80	1.73		
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.84	1.80	1.78	1.71		
	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	1.99	1.94	1.90	1.85	1.82	1.78	1.76	1.69		
	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.76	1.74	1.67		
	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.79	1.75	1.73	1.65		
	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03	1.94	1.89	1.85	1.81	1.77	1.73	1.71	1.64		
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.93	1.88	1.84	1.79	1.76	1.72	1.70	1.62		
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.84	1.78	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.51			
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.75	1.69	1.65	1.59	1.56	1.51	1.48	1.39			
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.68	1.62	1.57	1.52	1.48	1.42	1.39	1.28			
∞	3.84	3.00	2.61	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.57	1.51	1.46	1.40	1.35	1.28	1.25	1.03			

Anexo 4. Pre-mezcla



Anexo 5. Producto terminado.





Anexo 6. Análisis del contenido de proteína en el suero líquido.



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1285-21
Orden de ingreso: OI-512-21
Cuenca, 03 de Junio del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: DANIELA SOLIS
Dirección: CASIQUE COLLAGUAZO
Teléfono: 0997386034

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: M1 SUERO DE LECHE			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: DANIELA SOLIS	
PROCEDENCIA: CACIQUE COLLAHUAZO	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: VIDRIO	
*PRESENTACIONES: 1.5 L		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI51221	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-05-25	*FECHA CAD: 2021-06-01
FECHA RECEPCION: 2021-05-26	FECHA ANALISIS: 2021-05-26 - 2021-06-02	FECHA ENTREGA: 2021-06-03	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	CONFORMIDAD	NORMA NTE INEN 2594:2011	
					min	Max
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	2.304	Pasa	0.8	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Anexo 7. Análisis del contenido de proteína en el producto terminado.



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1633-21
Orden de ingreso: OI-649-21
Cuenca, 29 de Julio del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: DANIELA SOLIS
Dirección: CASIQUE COLLAGUAZO
Teléfono: 0997386034

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE SUERO DE LECHE			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: DANIELA SOLIS	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
*PRESENTACIONES: N/A		*FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	
CODIGO MUESTRA: OI64921	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2021-07-14	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-07-15	FECHA ANALISIS: 2021-07-15 - 2021-07-29	FECHA ENTREGA: 2021-07-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	2.614

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.



Anexo 8. Análisis de mohos y levaduras en el producto terminado.



INFORME DE RESULTADOS

Acreditación N° SAE LEN 16-018
LABORATORIO DE ENSAYOSInforme: MSV-IE-1634-21
Orden de ingreso: OI-649-21
Cuenca, 29 de Julio del 2021

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: DANIELA SOLIS
Dirección: CASIQUE COLLAGUAZO
Teléfono: 0997386034

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: BEBIDA INSTANTÁNEA A BASE DE SUERO DE LECHE			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: DANIELA SOLIS	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	²TIPO DE ENVASE: FUNDA ZIPLOC	
²PRESENTACIONES: N/A		²FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE FRESCO Y SECO	
CODIGO MUESTRA: OI64921	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2021-07-14	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2021-07-15	FECHA ANALISIS: 2021-07-15 - 2021-07-29	FECHA ENTREGA: 2021-07-29	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
LEVADURAS	BAM CAP 18 / PEMSVMBO2 - RECuento EN PLACA	UP/g	<10	±9.3%
MOHOS	BAM CAP 18 / PEMSVMBO2 - RECuento EN PLACA	UP/g	<10	±14.3%

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Anexo 9. Proceso de secado.

