



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**Determinación de parámetros tecnológicos para el atomizado
de pulpa de mango (*Mangífera indica*) con agua de coco
(*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Bach. Meiry Madison Tafur Salazar

ASESOR:

Ing. M. Sc. Epifanio Efraín Martínez Mena

Tarapoto – Perú

2 018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**Determinación de parámetros tecnológicos para el atomizado
de pulpa de mango (*Mangifera indica*) con agua de coco
(*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Bach. Meiry Madison Tafur Salazar

Sustentada y aprobada ante el honorable jurado el día 03 de abril del 2018.

.....
Ing. Dra. Mari Luz MEDINA VIVANCO

PRESIDENTE

.....
Ing. Dr. Ricardo Raúl LAYZA CASTAÑEDA

SECRETARIO

.....
Ing. Dr. Abner Félix OBREGÓN LUJERIO

MIEMBRO

.....
Ing. M. Sc. Epifanio Efraín MARTÍNEZ MENA

ASESOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Meiry madison Tafur Salazar, identificado con DNI N° 47498325, bachiller de la facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada **“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA EL ATOMIZADO DE PULPA DE MANGO (*mangifera indica*) CON AGUA DE COCO (*cocos nucifera*) EDULCORADO CON ESTEVIA”**.

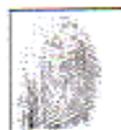
Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni manipulados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar información con sus autores), plagio (al presentar información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos la normativa vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 03 de abril del 2018


.....
Br. Meiry Madison Tafur Salazar
DNI N° 47498325



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Tajur Salazar Meiny Madison		
Código de alumno :	102133	Teléfono:	972640646
Correo electrónico :	meiny.1993@gmail.com	DNI:	47498325

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Determinación de parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango (Mangifera indica) con agua de coco (cocos nucifera) edulcorado con estevia
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

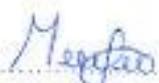
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2. del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

17 / 12 / 2018




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A mi madre, Rosa Meri Salazar Valle:

Por darme aliento, enseñarme que lo que se desea se consigue con esfuerzo y dedicación, porque siempre depositó su confianza, estuvo en mis buenos y malos momentos, sobre todo porque siempre me dio su amor incondicional.

A mis Hermanos, Jhunar Deyler y Elcrim Jardiel Tafur Salazar:

Porque son mis cómplices, mi motor y motivo para seguir a delante, están en mis momentos difíciles, compartieron mi dolor en mis momentos de angustia, con un abrazo me dieron fuerza para levantarme y seguir, son mis confidentes y ocultaron mis travesuras antes mis padres, porque más que hermanos son mis hijos y con ustedes aprendí que es madurez emocional y amor de madre.

A Dios:

Por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la maravillosa oportunidad de conocer personas de las cuales estaré eternamente agradecida; por brindarme la fortaleza, salud, sabiduría, inteligencia, entendimiento y mucha paciencia, para poder concluir con éxito mis objetivos.

A mi padre, José Tafur Portocarrero:

Por escucharme y darme sabios consejos, por su protección, inculcarme valores y virtudes, por ser un amigo, motivarme en cada momento, estar pendiente de mi y enseñarme que una familia unida jamás será vencida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Martín (UNSM-T): Que a través de la Facultad de Agroindustrias (FIAI) y sus docentes que me formaron como profesional capaz y competente.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco (UNHEVAL-H): Que a través de la Facultad de Agroindustrias (FIAI), sus representantes y la Bach. Inez Nino Salvador, se pudo ejecutar las corridas de las muestras a analizar y de esta forma concluir este trabajo de investigación.

A mi asesor Ing. Epifanio Matinez Mena: Por el invaluable apoyo y tiempo, por su amistad incondicional, orientación intelectual, preocupación, empeño y aportes durante la realización y redacción del presente trabajo.

A mis Tios y Primos, Angelica Maz Lopez, Nilcer Arista Torres E Hijos: Porque me brindaron su apoyo incondicional durante todo el tiempo de mi educación superior y durante la ejecución del presente trabajo, por depositarme su confianza, por cuidarme y preocuparse por mí.

A Ander Ninet Flores Rivera: Por su apoyo incondicional y moral durante todo este tiempo, porque siempre se dió tiempo para realizar las coordinaciones necesarias para culminar esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA.....	i
Presentación	ii
Agradecimiento.....	vii
Índice general.....	viii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xv
Resumen	xviii
Summary	xix
 INTRODUCCIÓN	 1
 CAPITULO I	 4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Secado por atomización o aspersion.....	4
1.1.1. Ventajas y desventajas de secado por atomización.....	7
1.1.2. Etapas del proceso de secado por atomización	9
1.1.3. Clasificación de atomizadores.....	17
1.1.4. Principales variables de secado por atomización.....	19
1.1.5. Factores de secado por atomización.....	20
1.1.6. Efecto de los factores de secado por aspersion o atomización.....	20
1.1.7. Micro-encapsulación de zumos mediante secado por atomización	23
1.1.8. Utilización de diferentes vehículos para producir cambios físicos en el producto.....	26
1.1.9. Conceptos involucrados en la caracterización de alimentos en polvo	28
1.1.9.1. Estabilidad de los productos en polvo.....	28
1.1.9.2. Clasificación de los productos en polvo de acuerdo al tamaño, forma y manejo de las partículas.....	29

1.1.9.3. Aspectos fisicoquímicos relacionados con la estabilidad de los Productos en polvo	31
1.1.10. Reconstitución de alimentos en polvo.....	35
1.2. Polvos deshidratados de frutas	36
1.2.1. Propiedades de los polvos instantáneos	36
1.2.2. Las frutas como ingredientes naturales en la producción de alimentos en polvo.....	38
1.2.3. Humectabilidad	38
1.2.4. Solubilidad	40
1.2.5. Color	41
1.2.6. Vitamina C	43
1.3. El coco (Cocos nucífera).....	44
1.3.1. Aspectos generales	44
1.3.2. Taxonomía.....	45
1.3.3. Descripción botánica.....	46
1.3.4. Propiedades nutricionales y composición del agua de coco.	47
1.4. El mango (Mangífera indica).....	49
1.4.1. Aspectos generales	49
1.4.2. Taxonomía.....	50
1.4.3. Descripción botánica.....	50
1.4.4. Propiedades funcionales y composición del mango.....	51
1.5. La Stevia rebaudiana Bertoni (Eupatorium rebaudianum)	52
1.5.1. Aspectos generales	52
1.5.2. Taxonomía.....	54
1.5.3. Descripción botánica.....	55
1.5.4. Propiedades funcionales y composición de la Stevia.....	56
CAPITULO II	58
MATERIALES Y METODOS	58
2.1. Lugar de ejecución	58
2.2. Materia prima, insumos y reactivos	58

2.3. Metodología de la investigación	58
2.3.1. Descripción del proceso	60
2.3.2. Análisis del producto en polvo.....	68
2.4. Análisis estadísticos para la evaluación fisicoquímica	72
2.5. Análisis estadísticos para la evaluación sensorial.....	74
2.5.1. Sistema de variables.....	76
2.5.1.1. Variables independientes	76
2.5.1.2. Variables dependientes.....	76
CAPITULO III	77
RESULTADOS Y DISCUSIONES	77
3.1. Caracterización de la materia prima	77
3.1.1. Características biométricas del mango y coco.....	77
3.1.2. Caracterización fisicoquímica del mango y coco	78
3.2. Caracterización de las diluciones de pulpa de mango y agua de coco (producto antes y después del tamizado)	79
3.3. Caracterización de las diluciones (producto antes del secado por atomización)	81
3.4. Caracterización del producto después del secado por atomización.....	83
3.4.1. Evaluación de pH y acidez.....	85
3.4.2. Evaluación de la humedad	85
3.4.3. Evaluación de la solubilidad.....	87
3.4.4. Evaluación del rendimiento	88
3.4.5. Evaluación de la higroscopicidad	90
3.4.6. Evaluación de humectabilidad	92
3.4.7. Evaluación del color	93
3.5. Evaluación sensorial (sabor, color y olor) de la bebida instantánea atomizada de mango y agua de coco edulcorado con estevia.....	96
3.6. Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento seleccionado por los jueces	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
4.1. Conclusiones	100
4.2. Recomendaciones.....	101

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
		10
Tabla 1.	Rango de tamaños de gota obtenidos en el atomizado	26
Tabla 2.	Tamaño de partículas obtenidas mediante secado por atomización .	30
Tabla 3.	Definiciones generales de la forma de las partículas	
Tabla 4.	Definición de diámetros estadísticos para caracterización de partículas de productos en polvo	31 49
Tabla 5.	Contenido nutricional de coco para 100 mL	
Tabla 6.	Resumen de los componentes nutricionales característicos del Mango (cantidades dadas para 100 g. de pulpa fresca).....	52
Tabla 7.	Formulaciones de diluciones para atomizar la bebida de mango con agua de coco.....	63 65
Tabla 8.	Adición de maltodextrina en las diluciones	67
Tabla 9.	Condiciones de secado por aspersión.....	74
Tabla 10.	Esquema de diseño completamente al azar.....	75
Tabla 11.	Diferencia de los tratamientos.....	77
Tabla 12.	Características biométricas del mango y coco	
Tabla 13.	Composición fisicoquímica del mango variedad magdalena river y del coco variedad enano verde	78 78
Tabla 14.	Composición nutricional del mango variedad magdalena river.....	
Tabla 15.	Características de la formulación de la bebida antes antes del tamizado (dilución)	80
Tabla 16.	Características de la formulación de la bebida después del tamizado (dilución)	80
Tabla 17.	Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución)	81 84
Tabla 18.	Caracterización fisicoquímica de la bebida atomizada	96
Tabla 19.	Prueba de de preferencia del sabor	97
Tabla 20.	Prueba de de preferencia del color	97
Tabla 21.	Prueba de de preferencia del Olor.....	

Tabla 22. Composición del producto en polvo del tratamiento 08 (la más aceptada por los jueces).	99
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Imágenes de atomizador de rueda giratoria, boquilla a presión de un fluido y boquilla a presión de dos fluidos	12
Figura 2. Detalle de extremo de la boquilla de tres fluidos	12
Figura 3. Esquema método a favor de la corriente – diseño de las cámaras comunes.....	15
Figura 4. Esquema contra corriente	15
Figura 5. Método combinado	16
Figura 6. Esquema de un ciclo utilizado para separación de partículas.....	17
Figura 7. Tipos de energía que utilizan los atomizadores	17
Figura 8. Diagrama de un secador por atomización con separadores tipo ciclón	18
Figura 9. Representación de un diseño típico de un sistema de secado por atomización de ciclo abierto.....	18
Figura 10. Definición de diámetro estadísticos para caracterización de partículas de productos en polvo	30
Figura 11. Esquema del desarrollo del fenómeno de colapso por efecto de la humedad en alimentos en polvo	34
Figura 12. Proceso de elaboración de la mezcla de mango y agua de coco.....	59
Figura 13. Esquema del dispositivo para medir humectabilidad	70
Figura 14. Gráfica del comportamiento de la luminosidad al adicionar maltodextrina.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Determinación de cenizas por el método AOAC 940.26/00	122
Anexo 2. Determinación de la vitamina C por método de titulación (AOAC, 967.21) valoración del 2,6 – dicloroindofenol.	122
Anexo 3. Determinación de la vitamina A por el metodo de cromatografía líquida.....	123
Anexo 4. Determinación de proteínas por el metodo AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total)	124
Anexo 5. Determinación de carbohidratos por el método del fenol-sulfúrico (Dubois et al, 1956)	126
Anexo 6. Características biométricas del mango	127
Anexo 7. Caracterización fisicoquímica del mango variedad magdalena river.	127
Anexo 8. Informe emitido por CERPER de composición nutricional del mango variedad Magdalena river	128
Anexo 9. Características biométricas del coco verde	129
Anexo 10. Composición del coco variedad enano verde	129
Anexo 11. Caracterización de la formulación de la bebida antes antes del tamizado (dilución)	130
Anexo 12. Características de la formulación de la bebida después del tamizado (dilución)	131
Anexo 13. Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución)	132
Anexo 14. Resultado del análisis fisicoquímico de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución).emitido por CERPER	134
Anexo 15. Resultado general de pH producto en polvo rehidratado	135
Anexo 16. Análisis estadístico del pH	135
Anexo 17. Resultado general de acidez producto en polvo rehidratado.....	138
Anexo 18. Análisis estadístico de la acidez	138
Anexo 19. Resultado general de humedad del producto en polvo	142

Anexo 20. Análisis estadístico de la humedad.....	142
Anexo 21. Resultado general de solubilidad producto en polvo rehidratado	146
Anexo 22. Análisis estadístico de la solubilidad.....	146
Anexo 23. Resultado general de rendimiento del producto en polvo rehidratado	150
Anexo 24. Análisis estadístico de rendimiento	150
Anexo 25. Resultado general de higroscopia del producto en polvo rehidratado	154
Anexo 26. Análisis estadístico de higroscopicidad.....	154
Anexo 27. Resultado general de humectabilidad del producto en polvo rehidratado.....	158
Anexo 28. Análisis estadístico de humectabilidad	158
Anexo 29. Resultado general de color del producto en polvo rehidratado	162
Anexo 30. Análisis estadístico de la luminusidad (L*).....	163
Anexo 31. Análisis estadístico de valor rojo/verde (a*)	167
Anexo 32. Análisis estadístico de valor amarillo/azul (b*)	170
Anexo 33. Análisis estadístico de valor chroma (C).....	174
Anexo 34. Análisis estadístico del tono o matriz (H)	177
Anexo 35. Cartilla para la evaluación sensorial.....	181
Anexo 36. Cálculo de los resultados de análisis sensorial sabor	182
Anexo 37. Cálculo de los resultados de análisis sensorial color.....	184
Anexo 38. Cálculo de los resultados de análisis sensorial olor.....	186
Anexo 39. Resultado de Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento seleccionado por los jueces (inform de CERPER)	188
Anexo 40. Pelado y pulpeado del mango.....	189
Anexo 41. Extracción del agua de coco	189
Anexo 42. Adición de la maltodextrina	190
Anexo 43. Tamizado de la dilución	190
Anexo 44. Control de los parámetros durante el atomizado	191
Anexo 45. Proceso de atomización	292
Anexo 46. Problemas presentados durante el atomizado.....	193
Anexo 47. Determinación de análisis fisicoquímicos del producto en polvo	194

Anexo 48. Panelistas de análisis sensorial 194

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar los parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango con agua de coco, edulcorado con estevia. Se desarrollaron diluciones de pulpa de mango y agua de coco (1/1,1/2,1/3,1/4,1/5)p/v, adición de pectinasa 0.018% por peso de pulpa y maltodextrina entre 23,25%-25,45% para completar a 25° brix en las cinco diluciones, las muestras fueron sometidas a temperaturas de secado de 130°C, 140°C y 150°C y temperatura de salida de 75°C empleando un secador por atomización marca LABPLANT, determinando análisis fisicoquímico (Acidez, pH, humedad, solubilidad, higroscopicidad, color, humectabilidad, vitamina C y A) y análisis sensorial (color, sabor y olor) con 10 catadores semi-entrenados. La elección del mejor tratamiento obtuvieron mediante análisis estadísticos (ANOVA, test de comparación media LSD, Prueba de Tukey y Friedman al 5% de probabilidad), resultando la dilución pulpa de mango(gr) : agua de coco(mL) (1:3) y 24,17% de maltodextrina y secado de 140°C, por presentar mejores características fisicoquímicas (higroscopicidad 13,28% solubilidad 91,89%, Ph 6.69, rendimiento 32,32%, humedad $4,35 \pm 0,05\%$ y vitamina C $92,00 \pm 0,06$ mg/100g y Vitamina A ($2,765 \pm 0,08$ UI/100g)) y características sensoriales (sabor y olor iguales a me gusta mucho).

Palabra clave: Pulpa de mango magdalena river, agua de coco, polvo atomizado.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the technological parameters for the atomization of mango pulp with coconut water, sweetened with stevia. Mango pulp and coconut water dilutions were developed (1 / 1.1 / 2.1 / 3.1 / 4.1 / 5) w / v, addition of pectinase 0.018% by weight of pulp and maltodextrin among 23, 25% -25.45% to complete at 25 ° brix in the five dilutions, the samples were subjected to drying temperatures of 130 ° C, 140 ° C and 150 ° C and outlet temperature of 75 ° C using a spray dryer brand LABPLANT, determining physicochemical analysis (Acidity, pH, humidity, solubility, hygroscopicity, color, wettability, vitamin C and A) and sensory analysis (color, taste and smell) with 10 semi-trained tasters. The choice of the best treatment was made by means of statistical analysis (ANOVA, LSD average comparison test, Tukey test and Friedman test at 5% probability), resulting in the dilution of mango pulp (gr): coconut water (mL) (1: 3)) and 24.17% of maltodextrin and drying of 140 ° C, for presenting better physicochemical characteristics (hygroscopicity 13.28% solubility 91.89%, Ph 6.69, yield 32.32%, humidity $4.35 \pm 0.05\%$ and vitamin C $92,00 \pm 0,06$ mg / 100g and Vitamin A ($2,765 \pm 0,08$ UI / 100g)) and sensory characteristics (taste and smell equal to I like it very much).

Keyword: Magdalena river mango pulp, coconut water, atomized powder.



INTRODUCCIÓN

La región San Martín es una zona cocotera, que generalmente al coco lo utiliza en forma casera, como bebida refrescante y la copra fresca son desperdiciados, existiendo una empresa en la provincia de Picota que lo aprovecha en forma íntegral al coco. Desde décadas el consumo de agua de coco, en forma directa del fruto, ha sido y sigue siendo una práctica habitual en nuestro país. El agua de coco refrigerada es uno de los alimentos más apreciados cuando el calor agobia y la sed comienza. Además, desde el punto de vista bromatológico, el agua de coco es rico en nutrientes (sales minerales, aminoácidos, vitaminas y polifenoles) según las tablas de composición de alimentos nacionales e internacionales (FAO, 1977).

El mango (*Mangífera indica*) es originario del sur de Asia y es una de las frutas tropicales más conocidas, con más de 500 variedades (Ocampo, 2006). El mango además de ser un alimento, es fuente de compuestos bioactivos con potencial actividad promotor de la salud, como ácido ascórbico y dehidroascórbico, β -carotenos, polifenoles, fibra, terpenoides y antioxidantes minerales (Ribeiro y Schieber, 2010).

La estevia es usada como edulcorante natural no calórico, recomendada para personas diabéticas y personas obesas, tiene muchas propiedades beneficiosas: digestiva, antibacteriana, diurética, antiácida y cardiotónica, antioxidante, desintoxicante, cosmética y antidiabética (Soto y Del Val, 2002).

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano (Alvídrez-Morales et al., 2002); existe la necesidad de aprovechar el agua de coco, el mango y la stevia para la elaboración de un producto en polvo, constituyendo una posible solución a problemas de salud, ya que la mezcla de estos productos solucionaría el consumo de bebidas, para personas activas y deportistas, siendo esta una bebida instantánea.

Una técnica usada para obtener productos en polvo es el secado por aspersión la cual es usada tanto a nivel de investigación como industrial, sin embargo se requieren definir las condiciones adecuadas para el desarrollo de los productos ya que las condiciones a las que se da el proceso podrían generar una pérdida significativa de los compuestos nutritivos de los alimentos, de allí hace necesario la presente investigación para determinar las condiciones

óptimas de secado con el fin de disminuir el impacto de este método en las características fisicoquímicas, organolépticas y nutritivas del producto a desarrollar (Alvídrez-Morales et al., 2002).

Según INEI (2015), la región amazónica tiene una población de 2,9% afectada con diabetes, 17,8% de obesidad y 35,5% de sobre peso, estas personas están limitadas a consumir productos existentes en el mercado (gaseosas, bebidas rehidratantes, jugos y refrescos instantáneos) ya que estos contienen edulcorantes, azúcares refinados, colorantes, saborizantes y preservantes que causan daños a la salud, el 60% de la población son trabajadores que por su falta de tiempo les impide a consumir o preparar un jugo natural y saludable, por el cual es obligado a comprar y consumir productos envasados y de preparación instantánea (gaseosa y refrescos instantáneos), corriendo el riesgo de formar parte del porcentaje de población afectada de los problemas antes mencionados. En opinión de los expertos, muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares) se relacionan de un modo muy estrecho con la alimentación.

El agua de coco es muy deseada a nivel mundial por sus diversas propiedades funcionales y medicinales; en la actualidad el producto no es envasado y no conserva sus características sensoriales y nutricionales en su totalidad, ya que es un líquido muy susceptible al deterioro después de tener contacto con el aire. Se han realizado muchos estudios para conservar dichas características pero aún no se consigue obtener un producto de larga duración. El coco entero es la única manera de conservar tales características, pero debido a que el fruto es voluminoso y pesado, hace costoso y difícil su transporte y adquisición.

Actualmente los productos alimenticios en polvo elaborados a partir de frutas y verduras con buenas propiedades nutritivas y de hidratación son de interés en la industria alimentaria y de la población en general ya que ayuda mejorar su vida y salud.

Por lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de elaborar un producto instantáneo y natural a base de agua de coco (aporte de electrolitos), mango (aporte de vitaminas y fibra) y estevia (edulcorante natural, bajo en calorías), utilizando el método de secado por atomización (elimina el agua y conserva la mayor cantidad de características sensoriales y nutricionales del producto), de esta manera se logrará obtener un producto con un contenido de baja humedad (capturando la mayoría de sus compuestos nutricionales), reducir los costos, facilitar el transporte y la adquisición de un producto energizante por parte del

consumidor, siendo este producto saludable, natural, fácil y rápido de preparar, sin temor a riesgos de salud posteriores a su consumo.

En el presente trabajo los objetivos a alcanzar son los siguientes:

- **Objetivo general**

- Determinar los parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango de la variedad magdalena river (*Mangifera indica*) con agua de coco de la variedad enano verde (*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia.

- **Objetivos específicos**

- Determinar la influencia temperatura de secado (130 °C, 140 °C y 150 °C) y dilución (v/v) de mango : agua de coco (1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5) en las características fisicoquímicas (Acidez, pH, humedad, solubilidad, higroscopicidad, color y humectabilidad) del producto terminado.
- Determinar la influencia temperatura de secado (130 °C, 140 °C y 150 °C) y dilución (v/v) de mango : agua de coco (1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5) en las características sensoriales (color, olor y sabor).
- Determinar el contenido de vitamina A y C del mango, de la bebida a base de pulpa de mango y agua de coco edulcorada con estevia antes del atomizado y del producto en polvo.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Secado por atomización o aspersión

El secado por atomización o secado en spray es una operación de transferencia simultánea de calor y masa. La atomización se define también como la transformación de un alimento desde un estado líquido a un estado seco en forma de partícula. El alimento puede ser de igual manera una suspensión, resultando como producto final un polvo, un aglomerado o gránulos. El concepto de atomización fue patentado por primera vez por el científico Samuel Percy en el año 1872 y su aplicación industrial se encaminó a la producción de leche en polvo y detergentes por primera vez en 1920 (Barbosa et al., 2005).

A pesar de que las temperaturas utilizadas para el secado son altas, los tiempos de proceso son muy cortos comparados con otros procesos de secado, lo que hace a esta técnica más rentable en el caso de materiales sensibles al calor. Esta técnica progresó durante la segunda guerra mundial a partir de la cual se ha mantenido en continua evolución. En los últimos años se han desarrollado diversas aplicaciones en la mayoría de las industrias incluyendo la producción de químicos, fármacos, fragancias y pesticidas. El principio del secado por aspersión es la producción de un polvo seco por medio de la atomización de una dispersión o emulsión en una corriente de aire caliente en una cámara de secado. El agua se evapora instantáneamente, permitiendo que el material activo presente en la alimentación, quede atrapado dentro de una película de material encapsulante, formándose partículas de geometría esférica, con aspecto de esferillas huecas con un diámetro que puede estar entre los 20 μm y hasta los 200 μm (López 2010).

El aire caliente introducido alcanza una temperatura que oscila entre 100 y 200°C, la evaporación se produce instantáneamente y los polvos secos solo están expuestos a temperaturas moderadas (típicamente entre 50 – 80°C), lo que evita la degradación del producto, ya que a pesar del aporte de aire caliente, este sustrae calor por la vaporización del disolvente (López 2010; Gharsallaoui et al., 2007) La microencapsulación por el método de secado por aspersión es el método más común de encapsulación de ingredientes alimenticios, como ejemplos se tienen: vitaminas (C, E), ácido fólico, aromas, orégano, citronela, aceite de cardamomo, bacterias probióticas, lípidos, ácido linoléico, aceites vegetales; minerales

como hierro; pigmentos de antocianina y leche entre otros alimentos (Wandrey et al., 2010; Parra, 2011).

Este método es el más utilizado en la industria alimenticia ya que al momento de conservar los nutrientes resulta ser una de la tecnología más económica (Young et al., 1993; García et al., 2004; Murúa et al., 2009; Parize et al., 2008; Semyonov et al., 2010; Parra 2011), disponibilidad de equipamientos, costos de procesamiento bajo, buena estabilidad del producto final y flexible (Favaro et al., 2010, Parra, 2011). La distribución del tamaño de las partículas obtenidas por este método es, en general, menor de 100 μ (Murúa et al., 2009).

En comparación con otros métodos, el secado por aspersión proporciona una eficiencia de encapsulación relativamente alta. La mayor eficiencia de encapsulación que se alcanza con el secado por aspersión, se encuentra entre 96 y 100%. Además de ser un método rápido, continuo y relativamente sencillo con respecto a otros existentes, brinda principalmente la posibilidad de ser escalado hasta nivel de producción (López y Gómez, 2008).

Dentro de los parámetros más importantes a controlar durante el secado por aspersión se encuentran: las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar, el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima (García et al., 2004; Parra 2011).

El proceso de secado por aspersión consiste en atomizar el material que se encuentra en estado líquido, ya sea como solución o como dispersión, formándose finas gotas sobre una corriente de gas calentado; cuando las pequeñas gotas del líquido entran en contacto con el gas, que está a mayor temperatura, se produce una rápida evaporación del solvente formándose una fina película del material de recubrimiento sobre el componente a encapsular (Gharsallaoui et al., 2007). En este método la sustancia a encapsular es rodeada por una matriz protectora, que normalmente es un polímero como la goma acacia, maltodextrina, almidón y carboximetilcelulosa (Gharsallaoui et al., 2007; Parize et al., 2008; Parra 2011).

Esta técnica se puede aplicar a materiales hidrosolubles (Favaro et al., 2010), aceites de pescado fijado sobre una matriz sólida de carbohidratos (almidón modificado, maltodextrina, ciclodextrina), pigmentos naturales, almidón como material de soporte (Fuchs et al., 2006), concentrado de células probióticas y leche en polvo (Heidebach et al., 2009). Para este último caso antes del secado por aspersión, la leche es usualmente calentada, evaporada y

homogenizada, disminuyendo el tamaño del glóbulo graso e induciendo interacciones entre las proteínas y glóbulos grasos. Aunque varios tipos de atomizadores son utilizados en el secado por aspersión, los atomizadores de presión de boquilla y atomizadores de discos rotatorios son exclusivamente utilizados para el secado de leche por aspersión (Ye et al., 2007).

Guevara-Bretón et al. (2009), realizaron una investigación que buscaba lograr la optimización de la encapsulación de *L. casei* y *L. reuteri* con maltodextrina en un secador por atomización, encontrando las mejores condiciones para una temperatura de 150°C, con un flujo de la dispersión de 10 mL/min, para la cual obtuvieron una temperatura de salida de $73 \pm 2^\circ\text{C}$. Encontraron que la menor reducción de las células viables con maltodextrina era al 25% (p/p) tanto para el *L. casei* como para el *L. reuteri*, en comparación con maltodextrina al 30% (p/p). Cortés (2009) estudio la encapsulación del *Lactobacillus casei* mediante secado por atomización utilizando aguamiel como agente encapsulante. Para ello empleo una solución de agua miel y maltodextrina (AM-MD) al 20 y 25% a temperaturas entre 140 y 150°C con un flujo de dispersión de 5 a 20 mL/min, encontrando que la mayor supervivencia de los microorganismos (1×10^8 ufc/mL) se dio a 140°C, 15 mL/min de flujo de dispersión y 25% de la solución de AM-MD. Bajo estas condiciones, se lograron temperaturas de salida de $66 \pm 0,0^\circ\text{C}$, la cual se empleó como parámetro para elegir el mejor tratamiento ya que se buscaba disminuir la inactivación de los *Lactobacillus* encapsulados. Además, determinó que la supervivencia de los éstos después de 21 días de almacenamiento a temperatura ambiente en frascos de vidrio fue de $1,71 \times 10^5$ ufc/g (1,96 ciclos).

Según Morales et al. (2010), al atomizar extracto de zanahoria llegaron a la conclusión: Las variables que intervienen en el proceso de secado por aspersión afectaron las características fisicoquímicas en las diferentes muestras, siendo las más significativas la temperatura ($^\circ\text{C}$) y la presión del aire de entrada ya que esta afecta la humedad e higroscopicidad pues de estas depende la estructura geométrica y tamaño de las partículas.

Según Ceballos (2008), la atomización del jugo de guanábana, presentó características de sabor y aroma propias de la guanábana, con partículas muy finas a diferencia de liofilización y al vacío en general del mismo producto. El mismo autor comenta que el secado de la pulpa de guanábana a pesar de tener maltodextrina, fue muy difícil en el secador por aspersión, por el contenido de fibras largas, los cuales ocasionaron taponamiento de la boquilla, esto requirió adicionar otras operaciones como, fueron filtrado y dilución de alimentación hasta

el 10% de sólidos. La anterior condición se vio reflejada en los menores contenidos de fibra en el polvo final, altos tiempos de humectabilidad y en características como el color y la granulometría muy similares a la maltodextrina. La humectabilidad de los polvos cambia grandemente con el tamaño de las partículas. Es la razón por la que se presentaron tiempos muy largos de humectación para los polvos secados por aspersión, en comparación con los liofilizados y los de vacío. Los polvos más finos se obtuvieron por aspersión y para los flujos de alimentación más altos.

Villanueva y Yañes (2010) mencionan que en el atomizado del jugo de chirimoya, las mejores condiciones de proceso obtenidas fueron de 160 °C de temperatura de entrada con el cual se obtuvo un mayor rendimiento las variables de respuesta utilizadas fueron (acidez titulable, azúcares (reductores y totales), pectina, pH, sólidos solubles totales, vitamina C y rendimiento, se vieron afectados por la temperatura, adición de complejos enzimáticos y adición de antioxidantes.

Mohamad (2014), en el atomizado de guanábana, concluye que las variables independientes fueron: temperatura del aire de entrada (160-190 ° C) y la concentración de maltodextrina (10-25% de los sólidos totales de los de la pulpa de guanabana). El contenido de humedad, higroscopicidad, rendimiento del proceso, la solubilidad y disolución se analizaron como respuestas. Contenido de humedad en polvo y el rendimiento del proceso se vieron afectados positivamente por la temperatura del aire de entrada que está directamente relacionada con el calor y transferencia de masa. El rendimiento del proceso también fue influenciado negativamente por la concentración de maltodextrina. La higroscopicidad del polvo disminuyó con el aumento de la concentración de maltodextrina y la disminución de la temperatura. Los polvos con bajo contenido de humedad eran más higroscópicos, que se relaciona con el mayor gradiente de concentración de agua entre el producto y el aire circundante. El resultado muestra la óptima condición de temperatura de entrada del aire es 170°C, la concentración de maltodextrina del 10%.

1.1.1. Ventajas y desventajas del secado por atomización

Según Marshall (1971), las ventajas y desventajas de la tecnología de atomizado son las siguientes:

Ventajas

- Control de los parámetros de calidad del producto, así como especificaciones concretas.
- Los alimentos sensibles al calor, los productos biológicos, y los productos farmacéuticos se pueden secar a presión atmosférica y a bajas temperaturas
- El secado por atomización permite la producción de grandes cantidades en la operación continua y con un equipo relativamente simple.
- El producto entra en contacto con las superficies del equipo en condiciones anhidras, simplificando así los problemas de la corrosión y de selección de materiales costosos en la construcción del equipo.
- Produce partículas relativamente uniformes, esféricas y con casi la misma proporción de compuestos que en la alimentación líquida.
- Puesto que la temperatura de funcionamiento del gas puede extenderse de 150 a 600 oC la eficacia es comparable a la de otros tipos de secadores directos.
- Es una operación de un solo paso, de tiempo muy corto en el que se elimina muchas operaciones intermedias, como los de filtración, precipitación, cristalización y clasificación del tamaño de las partículas.
- La operación puede ser continua y puede secar grandes cantidades de producto.
- Las propiedades y calidad del producto se pueden variar y controlar:
 - La densidad puede variar en un rango amplio.
 - Se consigue partículas de forma esférica que pueden ser huecas y sólidas, características que no se obtienen con otro tipo de secador.
 - El tamaño de la partícula se puede variar, modificando las condiciones de operación.
 - la calidad del producto se conserva porque es un proceso bastante rápido, y el material en la zona de secado está siempre húmeda, de tal manera que el producto no se sobrecaliente o degrade.
- Un producto que se está secando no toca las paredes del secador hasta que el producto está seco. Esto generalmente simplifica los problemas de corrosión y de selección de los materiales para su diseño.

Desventajas

- Falla si requiere un producto a granel de alta densidad.
- En general no es flexible. Una unidad diseñada para la atomización fina puede no poder producir un producto grueso, y viceversa.
- Para una capacidad dada, se necesita generalmente una evaporación mayor que con otros tipos de secadores.
- Hay una alta inversión inicial comparada a otros tipos de secadores continuos.
- La recuperación del producto y la eliminación del polvo aumenta el coste del secado.
- Se obtiene bajas densidades volumétricas cuando se requiere lo contrario; ésto se da frecuentemente en el caso de materiales inorgánicos. Aun cuando la densidad volumétrica de un producto secado por este método está sujeto a variación, algunas veces no se puede alcanzar el mismo valor que el obtenido por otros tipos de secadores sin tener que hacer un tratamiento posterior de molienda.
- En general los secadores de este tipo son relativamente inflexibles, así un secador diseñado para la atomización fina, generalmente es incapaz de producir un producto de partículas más grandes.
- Tal como corrientemente están diseñados estos secadores, involucran una inversión inicial mayor que otros tipos de secadores continuos, excepto a altas capacidades, por encima de las 1500 lb/hr.
- Frecuentemente los problemas de recolección de productos y de finos aumentan el costo de secado en un factor apreciable, especialmente cuando se requiere filtros mangas o columnas lavadores para recoger el polvo de salida del sistema ciclónico recolector.

1.1.2. Etapas de secado por atomización

a) Atomización

La atomización es la operación más importante del proceso de secado, pudiendo emplearse diversas formas de energía para dispersar un líquido en gotas finas. El tipo de atomizador determina no sólo la energía requerida para formar el aerosol sino también el tamaño y la distribución de tamaño de las gotas y de su

trayectoria y velocidad, así como el tamaño de partícula final. La predicción acertada del tamaño de la gotita permite controlar las características del polvo según lo deseado. El tamaño de la gota establece la superficie de traspaso térmico disponible y así la tarifa de secado. La selección del tipo de atomizador depende de la naturaleza y de la cantidad de alimentación y de las características deseadas del producto secado. Cuanto más alta es la energía para la dispersión, más pequeñas son las gotitas generadas (Mujumdar, 1995).

La industria alimentaria utiliza normalmente tres tipos de atomizadores para el secado: ruedas giratorias, boquillas a presión de un fluido, y boquillas a presión de dos fluidos. En la tabla siguiente se comparan los rangos de tamaños de gota que se pueden obtener con cada uno de estos atomizadores (Mujumdar, 1995).

Tabla 1
Rango de tamaños de gota obtenidos en el atomizado.

Tipos de atomizados	Tamaño de gota
Ruedas giratorias	1-600 μm
Boquilla a presión de un fluido	10-800 μm
Boquilla a presión de dos fluidos	5-300 μm

Fuente: Mujumdar, (1995)

Los más usados a nivel industrial son los atomizadores de rueda giratoria y los atomizadores de boquilla a presión de un líquido. El diseño del cilindro de secado (compartimiento de secado) está influenciado por el tipo de atomizador utilizado (Mujumdar, 1995)

Ruedas giratorias

El diámetro del orificio de atomización y las revoluciones de la rueda influyen en el tamaño de la partícula resultante (tabla 1). El tamaño de partícula puede ser variado cambiando la velocidad del atomizador con respecto a la velocidad periférica de la rueda. Una rueda con un diámetro grande que funciona a una velocidad fija producirá partículas pequeñas, mientras que una rueda de diámetro pequeño que funcione a la misma velocidad fija producirá partículas más grandes (Mujumdar, 1995).

Las ruedas tienen pocas aberturas para que la alimentación líquida salga de la rueda. Esto da lugar a una mayor cantidad de alimentación que es forzada fuera

de cada agujero, así se crea una partícula más grande (aproximadamente 30-50 micras) (Mujumdar, 1995).

El sistema utiliza un compartimiento de secado con una relación longitud/diámetro baja que permite que las partículas se sequen en dirección horizontal antes de golpear las paredes (Mujumdar, 1995).

Boquillas a presión de un fluido

Las boquillas a presión de un fluido crean el aerosol como consecuencia de presiones que oscilan de 5 a 7 MPa (50-70 bar) y que ejerce el líquido al pasar a través del orificio de la boquilla. El diámetro del orificio es generalmente pequeño, de 0.4 a 4 mm, y la capacidad generalmente de la boquilla no excede de 100 L/h. cuando el caudal de entrada es elevado se pueden utilizar varias boquillas en el compartimiento de secado. El compartimiento de secado suele tener una relación longitud/diámetro alto. Con este tipo de boquilla es posible producir las gotitas dentro de una gama estrecha de diámetros y las partículas secadas son generalmente esferas huecas. Las boquillas a presión de un fluido no son convenientes para suspensiones altamente concentradas y materiales abrasivos debido a su tendencia a obstruir y a erosionar el orificio de la boquilla. El consumo de energía de una boquilla a presión de un fluido es muy bajo en comparación con el del atomizador de rueda (Mujumdar, 1995).

Boquillas a presión de dos fluidos

El sistema de dos fluidos utiliza una boquilla que trabaja con aire comprimido o vapor para atomizar el líquido. En este caso la alimentación se mezcla con el aire fuera del cuerpo de la boquilla. Aproximadamente son necesarios 0.5 m³ de aire comprimido para atomizar 1 Kg de líquido. La capacidad de una sola boquilla no excede generalmente los 1000 Kg/h de alimentación. Los aerosoles de alimentaciones poco viscosas se caracterizan por tamaños de gotita de medio a bajo y un alto grado de homogeneidad, con alimentaciones altamente viscosas, se producen tamaños más grandes de la gotita pero la homogeneidad no es tan alta. Estas boquillas producen gotitas grandes o pequeñas según el cociente aire-líquido. El alto coste del aire comprimido (rango de presiones, 1.5-8 bares) llega

a ser importante para la economía de estas boquillas, que tienen el consumo de energía más alto de los tres tipos de atomizadores (Mujumdar, 1995).

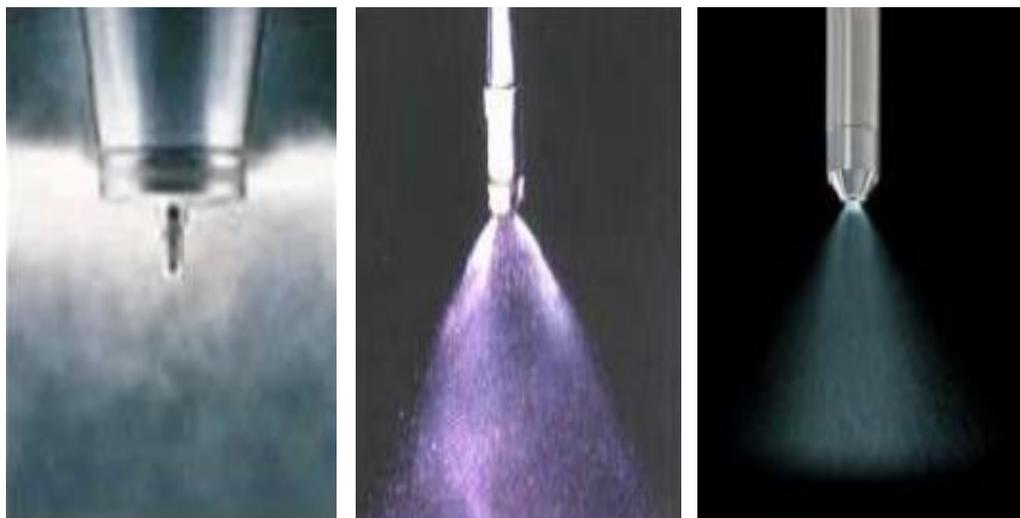


Figura 1: Imágenes de atomizador de rueda giratoria, boquilla a presión de un fluido y boquilla a presión de dos fluidos (Mujumdar, 1995).

Boquilla atomización de tres fluidos

En este caso la alimentación proviene de dos fluidos independientes que se mezclan con el aire fuera del cuerpo de la boquilla. La boquilla de tres fluidos consiste en una boquilla que trabaja con aire comprimido por la vía exterior, y por las otras dos el encapsulante y el material activo de manera separada. En la figura N° 02 se puede observar en detalle la disposición de las vías en la boquilla (Mujumdar, 1995).

A: Líquido interior

B: Líquido exterior

C: Aire



Figura 2: Detalle del extremo exterior de la boquilla de tres fluidos, (Mujumdar, 1995).

La elección del atomizador depende tanto de las propiedades de la alimentación como las especificaciones del producto seco. En casos se puede seleccionar más

de un tipo de atomizador de disco rotatorio es generalmente usado ya que tiene mayor flexibilidad y es fácil de operarse (Mujumdar, 1995).

Las ventajas influyen

Snow (2003), menciona las siguientes ventajas:

- 1). Manejo de velocidades altas de alimentación sin necesidad de incrementar la atomización.
- 2). Manejo de alimentaciones abrasivas.
- 3). Ningún problema de taponamiento en la alimentación.
- 4). Sistema de alimentación a baja presión.
- 5). Facilidad de controlar el tamaño de las gotas ajustando la velocidad del disco.

b) Mezcla del aerosol-aire y evaporación de la humedad del producto.

Los equipos utilizados en la industria para el secado presentan un compartimiento al que llega el líquido atomizado por el pulverizador. Este compartimiento que tiene normalmente forma de cilindro es el encargado de llevar a cabo:

- El secado del producto eliminando el disolvente.
- El paso de la corriente de aire y partículas finas al siguiente compartimiento para la separación de las partículas secas.

La forma del cilindro de secado depende del tipo de atomizador empleado, ya que el ángulo del aerosol determina la trayectoria de las gotitas y por lo tanto el diámetro y la altura del compartimiento de secado (Snow, 2003).

Un factor importante en el diseño de un secador por atomización es la manera en la que el atomizado se pone en contacto con el aire de secado, pues influye en el comportamiento de las gotas durante el secado y por tanto en las propiedades del producto seco. La mezcla es un aspecto importante y define el método de secado por atomización. Podemos distinguir tres posibilidades en el secado por atomización (Snow, 2003).

- Flujo co-corriente
- Flujo contracorriente
- Flujo combinado

A continuación, se verá con detalle cada una de estas posibilidades.

Flujo co-corriente

Snow (2003), menciona que el material se atomiza en la misma dirección con la que el flujo de aire caliente pasa por el aparato. Las gotas entran en contacto con el aire caliente cuando tienen el mayor contenido en humedad.

Se puede atomizar el producto mediante disco rotativo o boquilla de pulverización siempre en la misma dirección del flujo de aire del secado ascendente o descendente.

A medida que las microgotas ingresan en la cámara, se secan inmediatamente, según los diferentes métodos de extracción del polvo se establece el flujo correcto para los respectivos productos secados.

- A). Disco rotativo con la salida de productos gruesos y finos
- B). Boquilla, torre típica para café soluble
- C). Boquilla ascendente con salida superior de todo el producto
- D). Disco rotativo con salida inferior de todo el producto
- F). Boquilla descendente con salida de productos gruesos y finos.

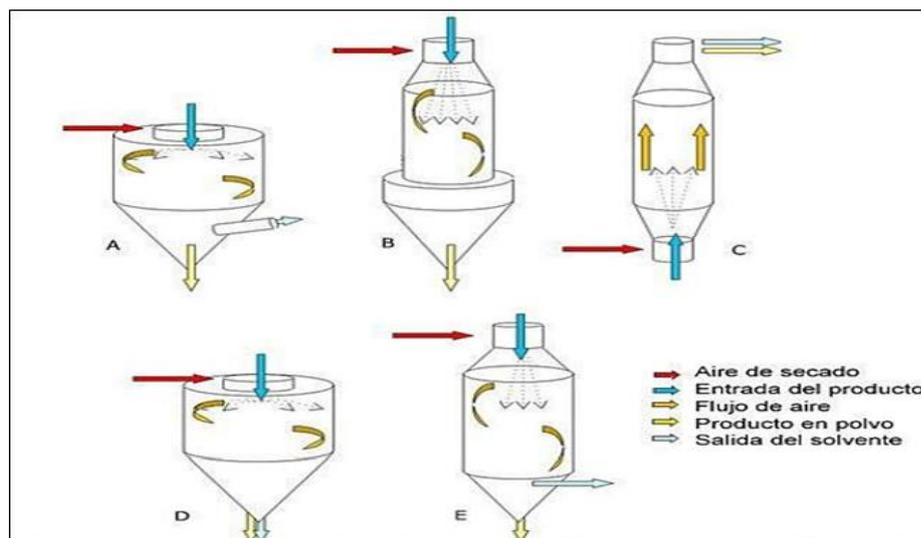


Figura 3: Esquema método a favor de la corriente –diseño de las cámaras más comunes (Snow, 2003).

Flujo contracorriente.

El material se atomiza en dirección opuesta al flujo de aire caliente. En este caso el aire caliente va hacia arriba y el producto cae aumentando mucho su temperatura y eliminando la humedad residual. El método solo es válido para compuestos termoestables. El producto es atomizado únicamente a través de la boquilla del pulverizador y siempre en dirección opuesta al flujo de aire del secado, que sale de abajo para arriba encontrándose con el producto pulverizado. Una vez seca la partícula sólida, ella se eleva conjuntamente con el aire del secado y vapores del solvente permitiendo humedad y saliendo por el techo de la cámara (Snow, 2003).

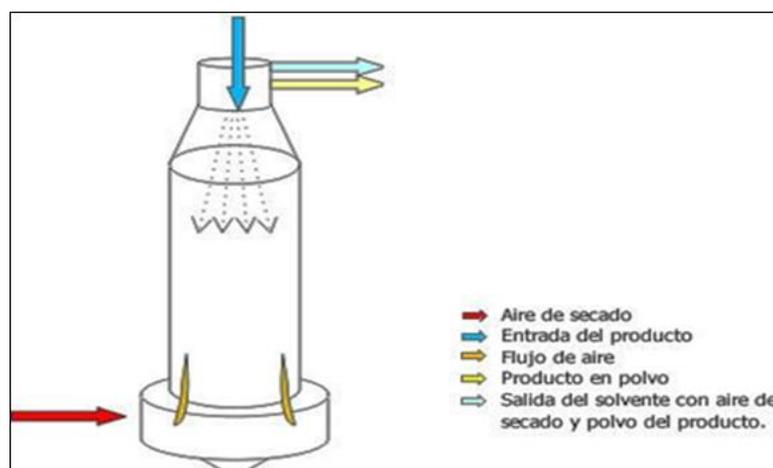


Figura 4: Esquema contra corriente (Snow, 2003).

Flujo combinado.

Se combinan las ventajas de ambos métodos de atomización. El producto se atomiza hacia arriba y solo permanece en la zona de aire caliente por un tiempo corto para eliminar la humedad residual. Entonces la gravedad lleva al producto a la zona más fría. El producto es atomizado únicamente mediante la boquilla del pulverizador y siempre de abajo hacia arriba encontrándose con la corriente de aire caliente del secado. Con este sistema el producto permanece poco tiempo en la zona caliente donde elimina una gran cantidad de humedad. Luego la gravedad y el flujo de aire desplazan el producto en un corto periodo de tiempo (Snow, 2003).

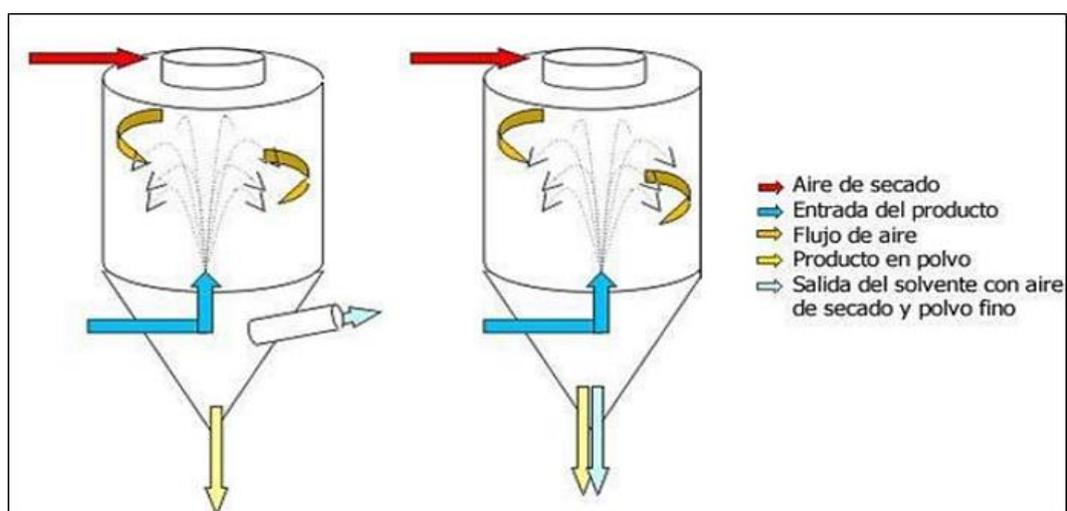


Figura 5: Método combinado (Snow, 2003).

c) Separación del producto seco del aire de salida

En esta fase se produce el paso de las partículas y el aire que las acompaña a través de un compartimento con una forma característica denominado ciclón o venturi (Figura N° 6) (Snow, 2003).

Dentro del ciclón la fuerza centrífuga se utiliza para mover las partículas hacia la pared y para separarlas del aire alrededor del eje. El aire y las partículas avanzan formando una espiral hacia abajo del venturi. De acuerdo con las fuerzas de inercia las partículas se separan del aire al chocar con la pared del ciclón. Estos ciclones tienen un vaso de recogida en su parte inferior que recibe las partículas. Por la parte superior del ciclón sale el flujo de aire limpio que ya no contiene partículas de producto siguiendo un sentido ascendente (Snow, 2003).

Dos características se utilizan para definir el funcionamiento del ciclón. Son el diámetro crítico de la partícula (tamaño de partícula que se separa totalmente de la corriente del aire) y el diámetro de la partícula para el cual se alcanza 50% de eficiencia. La separación de partículas se realiza en el rango de 5 a 100 micras (Snow, 2003).

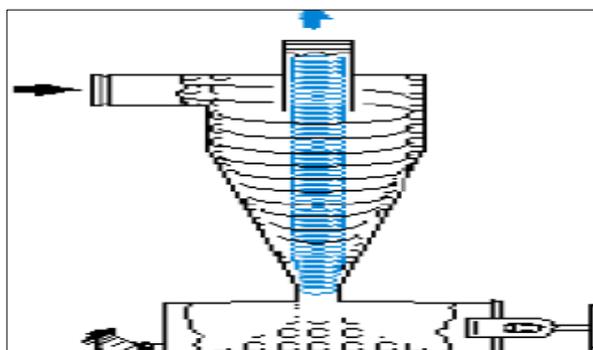


Figura 6: Esquema de un ciclo utilizado para la separación de partículas (Snow, 2003).

1.1.3. Clasificación de los atomizadores

Existen maneras de producir la energía necesaria en la atomización y ello ha originado que existan diferentes tipos de atomizadores. Los más comunes usan energía centrífuga, ó energía cinética de presión, aunque existen atomizadores que utilizan energía vibratoria o energía sónica (Snow, 2003).

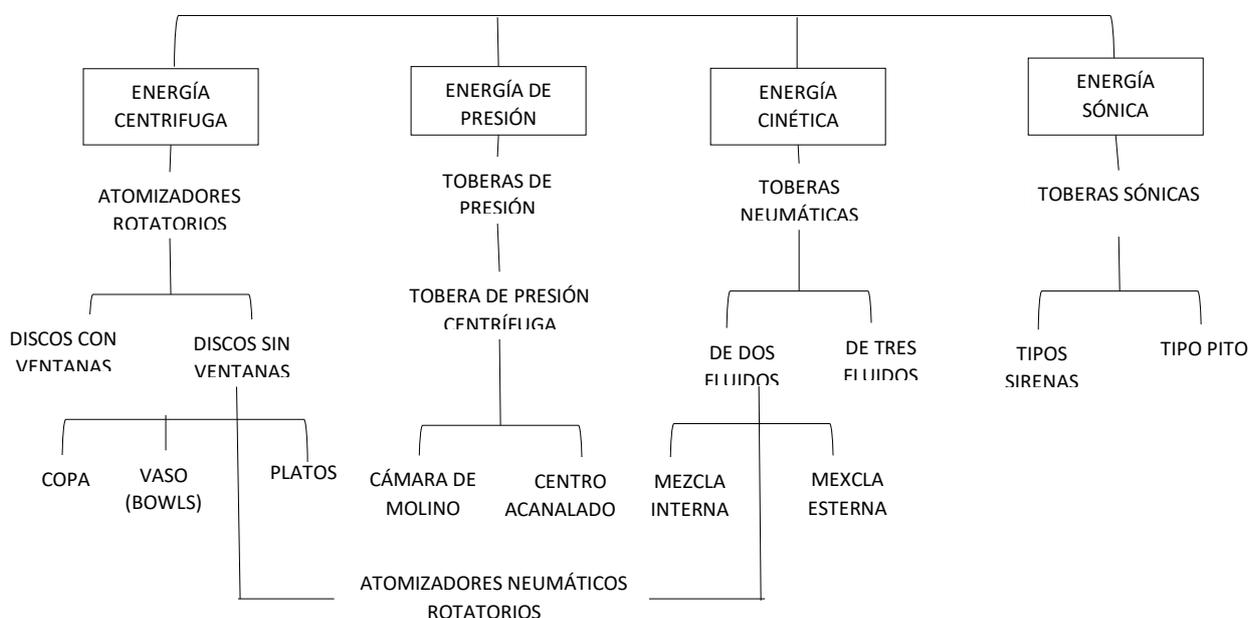


Figura 7: Tipos de energía que utilizan los atomizadores (Snow, 2003), esquema básico de un equipo de secado por atomización.

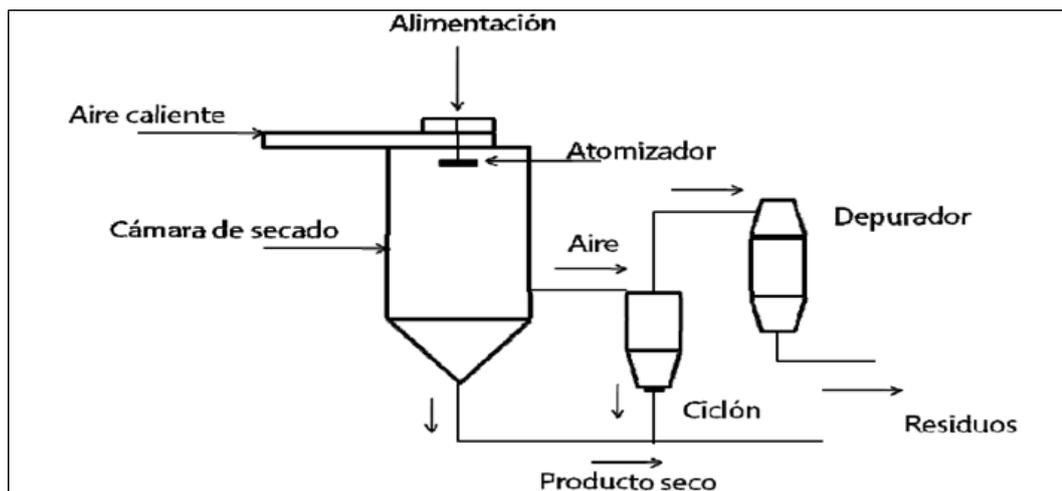


Figura 8: Diagrama de un secador por atomización con separadores tipo ciclón: DC, Cámara de desecación; C, Ciclón; F, Ventilador; N, Tobera o atomizador; P, bomba; PN transporte neumático (Snow, 2003).

En el esquema de la Figura 8, la operación de atomización es producida por un disco rotatorio en la cual su movimiento es orientado por aire comprimido que incide en una turbina que se encuentra sobre el eje central del atomizador.

Este aire no ingresa a la cámara, sino que es expulsado al medio ambiente. La lluvia de gotas del producto, entra en contacto con el aire caliente, el que encuentra una gran área de contacto por lo que es capaz de transferir el calor necesario para la evaporación del agua en pocos segundos. Las partículas atomizadas caen por gravedad hacia el fondo de la cámara y son removidas por el aire caliente pasando al ciclón separador, siendo recolectadas finalmente en forma de polvo seco (Snow, 2003).

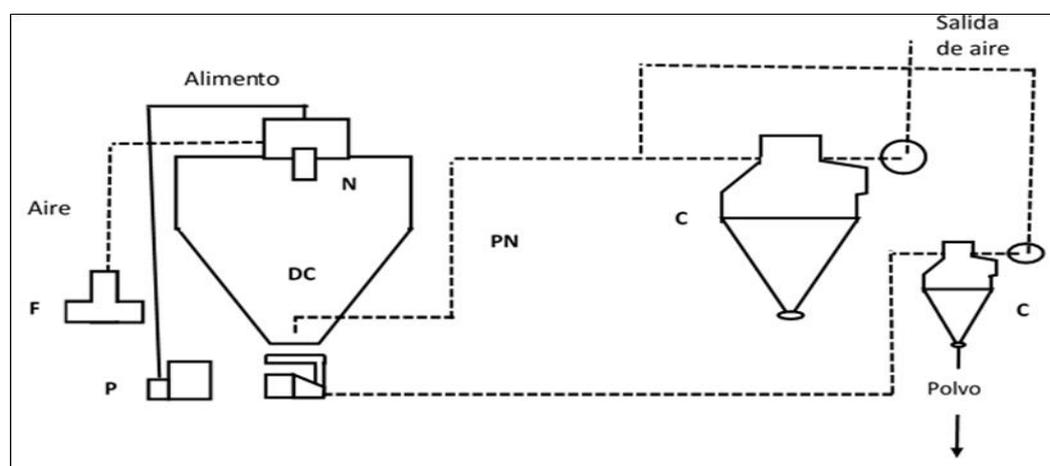


Figura 9: Representación de un diseño típico de un sistema de secado por atomización de ciclo abierto (Snow, 2003).

La figura 9, muestra un proceso típico de atomización. El secado comienza con el bombeo del alimento líquido a un atomizador, el cual lo esparce en finas gotas y las dirige hacia dentro de la cámara de secado. Las gotas suspendidas entran en contacto con un medio caliente, que generalmente es aire, permitiendo la evaporación del agua y transformando así las gotas en partículas secas. Finalmente, las partículas secas son extraídas de la cámara de secado. En este caso, el aire empleado como el medio de secado se limpia para ser devuelto al ambiente, pero también en algunos sistemas se hace recircular hacia la cámara de secado (Snow, 2003).

1.1.4. Principales variables del proceso de secado por atomización

- Caudal del líquido de entrada: El caudal de entrada del líquido a atomizar al equipo de atomización se regula por medio de una bomba peristáltica, en el caso de una boquilla de dos fluidos. El equipo utilizado en la experimentación utiliza como escala de medida el porcentaje de funcionamiento máximo de la bomba. Este caudal afecta a la atomización, (Masters 2002).
- Caudal de aire de atomización: Este aire es suministrado por un compresor y el caudal se regula atendiendo a la lectura de un rotámetro que nos indicará el caudal de aire utilizado para el atomizado. Este caudal de aire lo utiliza una boquilla de dos flujos y afecta a la atomización (Masters, 2002).
- Temperatura y humedad del aire de entrada al cilindro de atomización (Tinlet): Esta temperatura se puede controlar mediante la resistencia eléctrica del equipo (Masters, 2002).
- Caudal de aire de secado: El caudal de aire de secado indica el aire que entra en el cilindro de pulverización para realizar el secado. El caudal real depende de la pérdida de presión del conjunto del sistema (Masters, 2002).

Todas las condiciones anteriores van a influir sin lugar a dudas en las características del producto en polvo obtenido:

- Humedad final del polvo
- Rendimiento de producción
- Temperatura de salida
- Tamaño de partícula

La optimización de estos parámetros se hace generalmente por un proceso de “ensayo y error”, si bien es posible predecir la influencia de cada una de estas variables de manera individual (Masters, 2002).

1.1.5. Factores del secado por atomización

Según Masters (2002), algunos de los factores que hay que considerar en este proceso de secado son:

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

1.1.6. Efecto de los factores de secado por aspersión o atomización

a) Efecto del gasto volumétrico de libre alimentación.

La velocidad a la cual el aire de secado cruza la superficie del producto impacta la velocidad de migración de la humedad de la superficie de la partícula al aire de secado. La evaporación de la superficie es aumentada por la transferencia de masa conectiva mejorada por el aumento de velocidad del aire. Así, aumentar la velocidad del aire disminuye el periodo de velocidad de secado

constantes que es generalmente corto en las operaciones de secado por aspersión, durante quizás solamente unos pocos segundos. Consecuentemente, la mayoría del secado sucede en el periodo de velocidad decreciente. Ahí la velocidad de transporte y de humedad desde el centro de la gota a la superficie limitada la cantidad de agua transferida al aire de secado y por lo tanto el secado está limitado por las condiciones internas. Así, aumentando la velocidad del flujo de aire tiene poco efecto sobre las características de los sólidos totales del producto final (Jumah et al., 1997).

b) Efecto de la presión en el atomizador.

A una presión del atomizador más grande resulta en partículas más pequeñas, el secado es más rápido debido al aumento del área de contacto más grande, y la densidad aparente resulta más alta debido a la reducción del volumen de los intersticios (Chu et al. 1951; Nonhebel y Moss, 1971).

Puede ser observado que el uso de una presión excesiva en el atomizador será un gasto inútil de energía ya que no se nota disminución en el tamaño de la gota, también el tiempo de exposición de la gota al aire de secado será más corto. Adema de eso, a una presión también alta de atomización, el bombeo del aire por el atomizador influencia negativamente el patrón del flujo dentro del secador ya que resulta una mezcla de aire más frío y más húmedo, reduciendo las fuerzas motrices para las velocidades de secado inicial de las gotas (Jumah et al., 1997).

c) Distribución del tiempo de resistencia.

La distribución del tiempo de resistencia de las partículas es una característica clave en un proceso de “secado por aspersión” ya que determina el tiempo que las partículas están en contacto con el aire caliente. Es, por lo tanto, uno de los más importantes factores que influyen en el proceso interno de las partículas ya que no son lineales en tiempo, tales como la pérdida de humedad (en el instante), degradación térmica, etc. (Kieviet y Kerkhof, 1993).

La distribución del tiempo de residencia de las partículas, generalmente no será el mismo que el tiempo del aire de secado. Esto puede resultar del hecho de que las partículas no puedan seguir al aire por causa de su inercia y densidad. Otro mecanismo que prolongara el tiempo de resistencia del aire de secado, será causado por el hecho de que las partículas puedan finalizar su trayectoria en la corriente de aire cuando ellas son depositadas en la pared, donde estas se deslizaran o desencadenaran lentamente a la salida del producto. El transporte lo largo de la pared generalmente será propiciado por acciones extremas tales como golpes en la pared exterior con martillos eléctricos y escobar de aire o escobillones. Ya que las temperaturas de la pared serán altas, cuando la partícula choca con la pared no significa que los procesos tales como secado especialmente la degradación térmica alcancen su etapa final, a pesar de que la transferencia de masa exterior. Las medidas de las distribuciones del tiempo de residencia de la partícula no estarán, limitadas a partículas que son transportadas por el aire continuamente (Keviet y Kerkhof, 1993)

Las distribuciones del tiempo de residencia de las partículas en operaciones de secado por aspersión, puede ser medidas por la perturbación de la alimentación de alguna manera y midiendo la respuesta en la corriente del producto. Así una perturbación, puede ser aplicada al gasto volumétrico o a la composición de la alimentación, sobre el hecho de que las condiciones en la cámara de secado que afectan la distribución del tiempo de residencia no sean cambiadas (Kieviet y Kerkhof, 1993).

Cuando midiendo la respuesta a una perturbación del gasto de masa de la alimentación, el disturbio debería ser completamente grande para distinguir la respuesta del ruido actual. Un gran cambio en el gasto masa de la alimentación afecta la evaporación total en la cámara del secador y así la temperatura y la velocidad del aire. Cuando se usa una tobera de presión para atomizar la alimentación, la distribución del tamaño de partícula también es afectada. Una perturbación en el gasto masa de la alimentación no es, por lo tanto, un método exacto para la medición de la distribución del tiempo de residencia (Kieviet y Kerkhof, 1993)

En el caso de un componente trazador, las condiciones del secador por aspersión (temperatura, etc.) no son afectadas y así ofrece mejores oportunidades para la medición, debido a que la cantidad del es muy pequeña. Otra ventaja del uso de trazadores es que la distribución del tiempo de residencia puede ser medida como función del tamaño de partícula. Esto es muy importante y que las partículas grandes pueden tener otros tiempos de residencia que las partículas pequeñas. Un trazador debe ser fácilmente descubierto en pequeñas cantidades y no cambiar durante el proceso de secado por aspersión (degradarse o evaporarse) (Kieviet y Kerkhof, 1993).

1.1.7. Micro-encapsulación de zumos mediante secado por atomización

Los zumos y su micro-encapsulación; el secado por atomización de los zumos de frutas es una operación de proceso en un solo paso que transforma los zumos en un producto en polvo. La formulación en polvo facilita el transporte al reducir el peso, y también preserva el producto de la degradación bacteriana al disminuir drásticamente la actividad del agua (Dolinsky et al., 2000).

Los zumos presentan por naturaleza un elevado contenido de azúcares como glucosa y fructosa y ácidos orgánicos como ácido cítrico, málico y tartárico, lo que le confiere una característica diferencial a la hora de conseguir que un zumo por eliminación de su contenido en agua se transforme en una presentación en polvo (Dolinsky et al., 2000).

Estos compuestos tienen temperaturas de transición vítrea bajas y ya sea con los secadores por atomización utilizados en la industria alimentaria para transformar disoluciones, emulsiones o dispersiones de un producto (estado líquido) en productos en polvo, o bien con el uso de liofilizadores, nos encontramos con los problemas de pegajosidad (stickiness) y de elevada higroscopicidad con los productos obtenidos. El término “stickiness” hace referencia a los fenómenos de cohesión partícula-partícula y de adhesión partícula-pared que presentan los polvos obtenidos, que dificulta su presentación en estado polvo y mancha las paredes de los cilindros de pulverización (Dolinsky et al., 2000). Al quedar en la pared del compartimiento

de secado como un jarabe da lugar a bajas producciones del producto y a problemas operacionales. La cohesión es una propiedad interna del polvo y una medida de las fuerzas que mantienen unidas las partículas, mientras que la adhesión es una propiedad interfacial y una medida de las fuerzas que mantienen las partículas unidas a otro material. La mayor causa de la pegajosidad en polvos amorfos de zumos es la acción plastificante del agua en la superficie, que da lugar a la adhesión y cohesión (Boonyai et al., 2004).

Este fenómeno depende no solo de las propiedades de los materiales sino también de las condiciones aplicadas en el secado. La evaporación rápida en el secado por atomización produce partículas en estado amorfo que presentan una temperatura de transición vítrea (T_g) baja. T_g es una medida de un fenómeno de transición de fase, donde un material pseudo-líquido pegajoso (gomoso) se transforma en un material pseudo-sólido en estado vítreo (Dolinsky et al., 2000).

La transición ocurre a lo largo de un rango de temperaturas entre la temperatura de transición vítrea inicial (T_g onset) y la final (T_g endset). Este intervalo varía entre 10 y 30 °C. Imaginemos un material pseudo-líquido (pegajoso) que se está moviendo hacia el estado pseudo-sólido vítreo (no pegajoso). Cuando la temperatura en la superficie de una gota atomizada (T_d) es mucho mayor que la T_g , esta gota presenta una fuerza cohesiva baja (fluidez alta) comparada con la fuerza adhesiva en la interfase gota-equipo. Cuando la temperatura está cercana a la T_g final la fuerza cohesiva del material aumentará sustancialmente debido a la menor fluidez. Cuando la temperatura del material cae por debajo de la temperatura vítrea inicial se completa la transición y se obtiene un material vítreo. Puesto que la transición vítrea ocurre en un rango de temperatura, es necesaria una escala de tiempo para completar el proceso. Resulta razonable establecer una temperatura de compensación que ofrezca una escala de tiempo suficientemente larga que permita la transición. Un valor de 10 °C de compensación de temperatura permite un tiempo suficiente para conseguir un estado seguro de no adhesión (Boonyai et al., 2004).

El alto contenido en azúcares de bajo peso molecular y ácidos orgánicos disminuye la temperatura de transición vítrea (T_g) por debajo de la temperatura

de preparación del producto (T_p), incluso a la temperatura de salida del secado. Esto conlleva a la existencia de un estado pseudo-líquido de material amorfo, que es responsable de la cohesión interpartículas y de la adhesión de las partículas a las paredes del cilindro de atomización. Cuanto mayor sea esta diferencia de temperatura ($\Delta T = T_p - T_g$) mayor será el grado de pegajosidad (Boonyai et al., 2004).

Una solución a este problema de pegajosidad es el uso de cilindros de pulverización de doble pared o el uso de aire seco para enfriar. Otra solución al problema es la utilización de productos ayudantes de secado. Estos ayudantes de secado son productos envolventes o encapsuladores que mezclados con la muestra líquida evitan la pegajosidad y aglomeración del producto obtenido (Boonyai et al., 2004).

Los encapsulantes comunes utilizados en la industria incluyen los carbohidratos, las gomas y los ésteres de celulosa. Los ayudantes de secado más ampliamente utilizados para obtener polvos del zumo de fruta son productos de almidón parcialmente hidrolizados. Estos polímeros de la D-glucosa tienen un sabor neutro, color blanco, carecen de olor, son fácilmente digeridos y son bien tolerados. Se clasifican generalmente según su grado de hidrólisis, expresado como equivalente de dextrosa (DE). Las maltodextrinas tienen un DE de menos de 20, según la agencia alimentaria de los Estados Unidos, mientras que los polímeros de glúcidos con DE mayores de 20 se consideran como jarabes de glucosa. Aun cuando se ha investigado mucho sobre el proceso de secado por atomización, todavía sigue siendo un proceso con algunas incertidumbres y dificultades. Una razón es la alta influencia en el comportamiento de secado de las características de los materiales y otro es la compleja dinámica de fluidos en el secador por atomización (Mujumdar, 1995).

La formulación en polvo está ampliamente extendida en el campo de la alimentación. Podemos encontrar una amplia gama de productos alimenticios en polvo, algunos de ellos podrían ser café soluble, cacao, papillas para bebés, queso, leche, pigmentos y muchos más. El secado por atomización se utiliza también para secar productos químicos-farmacéuticos, latex, caucho, polvos de cerámica, detergentes y otros productos (Mujumdar, 1995).

Tabla 2
Tamaño de partículas obtenidas mediante secado por atomización

Producto	Tamaño
Leche	30-250 μm
Café	80-400 μm
Pigmentos	10-200 μm
Productos farmacéuticos	5-50 μm
Otros productos químicos	10-1000 μm

Fuente: Mujumdar (1995).

Obtener zumos en polvo es muy atractivo desde el punto de vista industrial, es un sector con gran proyección, encontrándose muchas aplicaciones tanto en el sector de la alimentación como en el de productos nutraceúticos y de cosmética. Entre las industrias que comercializan zumos en polvo podemos destacar a Diana Natural (Antrain, Francia). Esta empresa está especializada en obtener frutas y vegetales en polvo para su uso en golosinas, yogures, bebidas funcionales, bebidas instantáneas (Mujumdar, 1995).

1.1.8. Utilización de diferentes vehículos para producir cambios físicos en el producto.

Los aditivos que han sido utilizados para producir cambios físicos en el producto y reducir el depósito en la pared y los problemas de manejo del producto, incluye al aire, gases comprimidos para producir espumas, alginatos, proteínas de soya, monoestearatos de glicerol, gomas naturales, sacarosa, jarabes de maíz y dextrinas. Bohm y Bornegg (1931) sugirieron el uso de cantidades pequeñas de gomas solubles en agua tales como goma arábica, goma de alquitira y agar-agar. Ellos, encontraron que 2% de goma arábica, con base del contenido de sólidos solubles totales de la alimentación, da un producto de baja higroscopicidad. Perech (1946) uso sales de carboximetilcelulosa y sugirió que 2% de sal de sodio fue la más apropiada para producción de jugo de frutas cítricas. Eddy (1950) utilizo 1% de metilcelulosa como vehículo de secado, para el jugo de naranja. El monoestearato de glicerol en la proporción de 1% del contenido de sólidos totales del jugo de naranja fue utilizado por (Strashun 1951).

Durante la segunda guerra mundial el polvo de jugo de limón secado por aspersión fue producido conteniendo 20% de sólidos de jugo de limón y 80% de

sólidos de jarabe de maíz (Strashun y Talburt, 1954 Tressler, 1956) el producto reconstituido poseía un sabor de buen sabor y color contenido 25% de sólidos de jugo de naranja y 75% de jarabe de maíz. Leche desnatada fue usada como vehículo para amplia variedad de jugos de frutas por Coulter y Breene (1966). El producto obtuvo buenas características físicas, pero hubo varias limitaciones en su uso. La adición de pequeñas cantidades de aditivos como maltodextrinas o gomas arábicas es recomendable en jugos, que se desean secar, estas cantidades no excediendo los límites operacionales de equipo (puede aumentar la viscosidad y afectar negativamente el funcionamiento) o alterar el sabor. La malto dextrina es actualmente el aditivo más usado para obtener jugos de frutas en polvo, puesto que satisface las demandas y es razonablemente barata. (Bhandari, et al., 1997; Bhandari, et al., 1993; Dib Taxi, et al., 2000, Figueiredo, 1998; Ribeiro, 1999).

En 1974, Kalil y Sial estudiaron el efecto de la concentración de un aditivo específico y de la velocidad de la atomización sobre el color en el secado por aspersión del jugo de mango, y demostraron que a velocidad de la atomización (40.000-50.000 rpm) tenía poco efecto en el color, aunque un aumento en la concentración de los aditivos (alginatos de sodio y monoestearato de glicerina) produjo un efecto negativo en el color del producto (Figueiredo, 1998).

➤ **Malto Dextrina.**

La maltodextrina (MD) es un polisacárido con un peso molecular promedio de 1800 g/mol (Pedroza et al., 2000, Lopera et al., 2009), no edulcorante, con un aporte nutricional de 4 Cal/g, obtenido de la hidrólisis parcial, ácida y/o enzimática del almidón de papa, arroz o maíz. Ha sido reconocida por la FDA como sustancia GRAS (generally recognized as safe). Su composición química consiste en unidades de D-glucosa unidas con enlaces $\alpha(1-4)$ y con un bajo número de enlaces $\alpha(1,6)$ en posición aleatoria (Avaltroni et al., 2004, Lopera et al., 2009). Se caracteriza por tener entre 2 y 20 equivalentes de dextrosa (DE).

Se ha determinado que para microencapsulación son más efectivas las MD con 10-20 equivalentes de dextrosa. La aplicación de la MD en el proceso de encapsulación está asociada a la baja viscosidad, a altos contenidos de

sólidos, buena solubilidad, capacidad de formar películas y bajo costo (Madene et al., 2006; Lopera et al., 2009).

Las maltodextrinas son solubles en agua y protegen el ingrediente encapsulado de la oxidación y están disponibles en diferentes pesos moleculares que proporcionan diferentes densidades de pared alrededor de los materiales sensibles (Ersus y Yurdagel 2007). Se utilizan principalmente en los materiales que son difíciles de secar como los jugos de frutas, aromas y edulcorante, para reducir la viscosidad y los problemas de aglomeración durante el almacenamiento, con lo que mejora la estabilidad del producto (Gabas et al., 2007); son inodoras, incoloras y además permiten la formación de polvos de libre flujo sin enmascarar el sabor original (García et al., 2004).

Entre los productos secados por aspersión con maltodextrinas tenemos: jugo de maracuyá (temperatura de entrada de 155°C y MD 12% p/v) (Ramírez et al., 2003), jugo de sandía con MD 9DE (Quek et al., 2007), jugo de mango con MD 20DE (Cano et al., 2005 y Rivas 2010).

1.1.9. Conceptos involucrados en la caracterización de alimentos en polvo

1.1.9.1. Estabilidad de los productos en polvo

Son muchas las variables que pueden afectar la estabilidad de los productos en polvo durante el almacenamiento entre los que tenemos las condiciones del proceso de secado, la temperatura de conservación, el material y las condiciones de empaque, incluyendo su permeabilidad a gases y vapor de agua, constituyentes del producto como su humedad y contenido en grasas. El tiempo de conservación de los productos en polvo puede variar acorde al producto en polvo obtenido, Rodríguez-Huezo et al., (2007) reportó la estabilidad de un producto en polvo durante un periodo de 5 semanas a 4°C al mantener a estas condiciones una viabilidad del *Bifidobacterium bifidum* de $6,0 \times 10^{10}$ ufc g⁻¹. Goncalves et al., (2014) logró la conservación de la yema de huevo secada por aspersión por un periodo de 180 días al evitar la oxidación de los lípidos y conservación del color adicionando ácido anacárdico. Por su parte

Jiménez-Aguilar et al. (2011) al evaluar la estabilidad del arándano secado por aspersión como fuente de antocianinas almacenado a 4°C durante 4 semanas encontró una baja degradación en el contenido de fenoles (10%), antocianinas (7%) y actividad antioxidante (15%) (Gabas et al., 2007).

1.1.9.2. Clasificación de los productos en polvo de acuerdo al tamaño, forma y manejo de las partículas

Algunas características individuales de las partículas son importantes para determinar las propiedades del producto (Davies et al., 1984). Estas incluyen el tamaño de partícula, forma, superficie, densidad, dureza, propiedades de sorción, etc. El término tamaño referido a un producto en polvo o material particulado es relativo, sin embargo el tamaño se utiliza a menudo para clasificar, categorizar o caracterizar un producto en polvo (Goncalves et al., 2014)

Se ha descrito que para categorizar un material particulado como producto en polvo, sus partículas más grandes no deben presentar un tamaño superior a 1 mm y el 50% de éstas deberán presentar un tamaño inferior al tamaño medio. Intentando estandarizar la nomenclatura relativa a las partículas en términos concretos, en la práctica también es común hablar de polvo fino o grueso (Goncalves et al., 2014).

La selección de una característica relevante con relación a la morfología de las partículas de un producto al comenzar un análisis o medida, a menudo representa un problema. En la práctica, las partículas que lo forman raramente tendrán una forma esférica. En general, éstas pueden estar compactadas, alargadas, ensanchadas y, además en algunos casos pueden presentar forma aplanada o puntiaguda. Esta variabilidad abarca desde una alta irregularidad, como en el caso de especias y azúcares, una esfericidad intermedia como en almidón y levaduras, hasta formas cristalinas bien definidas, como en el caso de azúcares granulados y sal. Considerando los aspectos mencionados anteriormente, en la tabla 3 se

describen definiciones generales relacionadas con la forma de las partículas (Goncalves et al., 2014).

Igualmente, la tabla 4 y la figura 10, muestran una equivalencia aproximada de una partícula irregular dependiendo de diferentes propiedades y definiciones estadísticas. No obstante, existen variadas aproximaciones que intentan describir el tamaño y forma de las partículas con relación a la esfericidad, como las propuestas por Parfitt y Sing (1976) y Allen (1997).

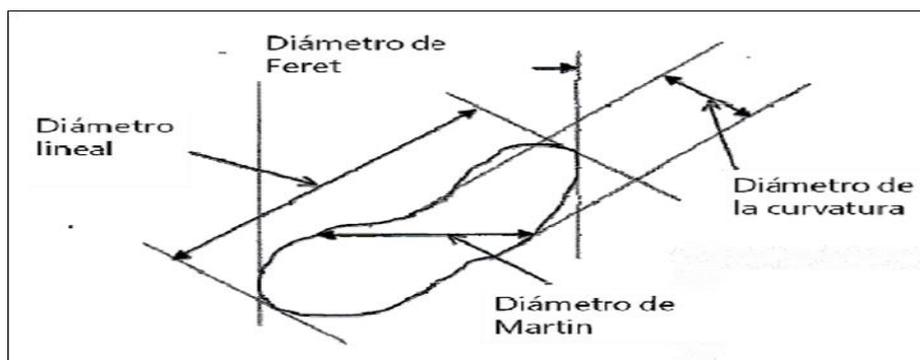


Figura 10: Definición de diámetros estadísticos para caracterización de partículas de productos en polvo. (Barbosa-Canovas et al., 2005)

Tabla 3

Definiciones generales de la forma de las partículas.

Nombre	Descripción De La Forma
Acicular	Forma de aguja
Angular	Irregularmente poliédrica
Cristalina	Desarrolla libremente forma geométrica en un medio fluido
Dendrítica	Forma cristalina ramificada
Fibrosa	Forma de placas
Escamosa	Forma de plato
Granular	Forma irregular aproximadamente equidimensional
Irregular	Carente de simetría
Modular	Irregularmente redondeada
Esférica	Forma de globo

Fuente: Barbosa-Cánovas et al., 2005.

Tabla 4
Definición de diámetros estadísticos para caracterización de partículas de productos en polvo.

Símbolo	Nombre	Definición
x_F	Diámetro de Feret	Distancia entre dos tangentes en lados opuestos a la partícula
x_M	Diámetro de Martin	Longitud de la línea que divide la imagen de la partícula
x_{SH}	Diámetro de la curvatura	Ancho de las partículas obtenido con un ocular de corte de imagen
x_{CH}	Diámetro lineal	Diámetro máximo entre dos límites de la partícula

Fuente: Barbosa-Cánovas et al., 2005.

Sin embargo, el método más directo de evaluación de la morfología en un producto en polvo es la microscopía. Tanto la microscopía óptica como la electrónica son usadas muy a menudo debido a su intervalo de resolución. El uso de microscopía óptica permite analizar productos en un límite de tamaño de aproximadamente entre 50 y 150 μm . Sin embargo, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) la resolución suele ser proporcional a la longitud de onda del barrido utilizado (Barbosa-Cánovas et al., 2005).

1.1.9.3. Aspectos fisicoquímicos relacionados con la estabilidad de los productos en polvo.

Estado físico del sistema y su relación con la estabilidad de los productos en polvo:

Como todos los cambios de estado, la transición vítrea se caracteriza por una variación muy importante en la movilidad molecular del sistema que afecta a sus propiedades físicas, fundamentalmente a las propiedades mecánicas y difusionales. Así, la velocidad de las reacciones enzimáticas y químicas controladas por fenómenos de difusión, ha demostrado ser extremadamente lenta por debajo de la T_g , debido a la alta viscosidad del sistema ($>10^{12}$ Pas) (Levine y Slade, 1986; Roos, 1995a). Por otra parte, el paso de vítreo a gomoso implica la pérdida del carácter crujiente de muchos alimentos o el apelmazamiento de productos pulverulentos

(Collares et al., 2004; Silva, et al., 2006; Telis y Martínez-Navarrete, 2009).

En lo que se refiere a materiales porosos como es el caso de los productos en polvo, durante la ocurrencia del proceso de evaporación, la red de la matriz seca amorfa que se va formando en la interacción con el ambiente, debe ser capaz de mantener esta estructura porosa característica. Si la temperatura a la que se encuentra sometido el producto es superior a su T_g , la viscosidad del material sólido puede no ser suficiente para soportar la estructura dando lugar al “colapso” o apelmazamiento (To y Flink, 1978; Tsourouflis et al., 1976).

El colapso en un polvo amorfo es un fenómeno dependiente del tiempo que se evidencia cuando el material adquiere una adherencia particular, resultando en una pérdida de funcionalidad y calidad (Aguilera et al., 1995). El colapso da lugar al cambio en la estructura del producto debido a la migración de solutos hacia la superficie de las partículas generando desde pequeños y ligeros agregados, los cuales pueden romperse fácilmente, hasta nudos muy fuertes que necesitan acción mecánica para ser dispersados. Raramente este fenómeno es deseable, como ocurre durante la producción de aglomerados o comprimidos como detergentes, fertilizantes o medicinas (Barbosa-Cánovas et al., 2005). En la mayoría de los casos, la aglomeración se ha considerado como un gran problema que afecta a la calidad del producto y rendimiento durante las operaciones de procesado, especialmente en el secado y la manipulación. En el caso de productos en polvo, el término más comúnmente utilizado para explicar el mecanismo de colapso o apelmazamiento es “humidity caking” (apelmazamiento por humedad), el cual puede ser clasificado como de tipo químico “chemical caking” o de tipo flujo plástico “plastic-flow caking” de acuerdo a sus características particulares. El primero está causado por reacciones químicas en las que un componente se modifica o se genera y el segundo cuando las partículas exceden un valor umbral y se pegan unas a otras (Jayasundera et al., 2011).

Aguilera et al. (1995) establecen para el mecanismo de apelmazamiento por humedad en alimentos en polvo cuatro estados diferentes: formación de puentes “bridging”, aglomeración “agglomeration”, compactación “compaction” y licuado “liquefaction”. La formación de puentes ocurre como resultado de la deformación superficial y la aparición de puntos de contacto pegajosos entre las partículas “sticky”, sin una disminución cuantificable en la porosidad del sistema. La adherencia “attraction” sin puentes materiales se debe principalmente a las fuerzas electrostáticas y de van der Waals, especialmente en partículas muy finas de 10 micras o menores (Adhikari et al., 2001). La aglomeración es un estado posterior que implica una consolidación irreversible de los puentes, mientras que se mantiene la alta porosidad del sistema particulado, resultando en grupos de partículas con integridad estructural y mayor tamaño “caked” (Schubert, 1981).

Durante la compactación ocurre una reducción de los espacios entre partículas y la deformación de los agregados formados bajo presión lleva a una pérdida en la integridad del sistema como resultado del engrosamiento de los puentes interpartícula ya formados. El licuado es el estado final del humidity caking, en donde los puentes interpartícula desaparecen debido al alto contenido en agua. Este estado usualmente involucra la solubilización de las fracciones de bajo peso molecular. En cualquiera de los pasos, los aglomerados pueden ser pocos o numerosos, de diferentes tamaños o diferentes grados de dureza. El grado del colapso aumenta a medida que la viscosidad disminuye por debajo de 107 Pas, lo que ocurre por encima de la Tg. Los alimentos ricos en azúcares, normalmente presentan alta susceptibilidad al colapso, condición que se encuentra fuertemente relacionada con sus bajos valores de Tg, motivando a la búsqueda de alternativas para contrarrestar estos fenómenos indeseables, como se ha comentado en la figura N° 11.

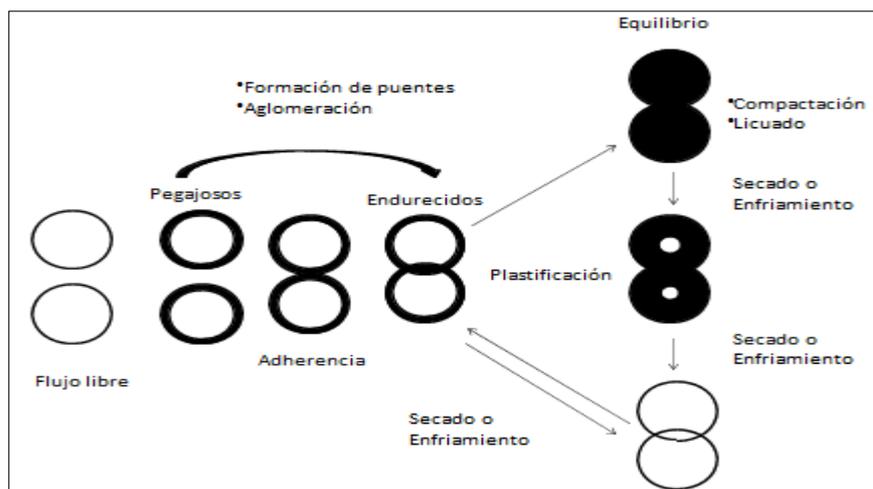


Figura 11: Esquema del desarrollo del fenómeno de colapso por efecto de la humedad en alimentos en polvo (Barbosa- Cánovas et al., 2005).

Los problemas de aglomeración durante la obtención de productos en polvo con alto contenido de azúcares como zumos de fruta, miel y algunos derivados del almidón han sido estudiados por algunos autores, deduciendo que en el caso de zumos de fruta liofilizados, éstos pueden ser susceptibles al colapso en un intervalo amplio de temperatura de almacenamiento que abarca desde los 5 °C a 60 °C en función de su composición (Brennan et al., 1971; Bellows y King, 1973; Karatas y Esin, 1990; Bhandari et al., 1993; Bhandari et al., 1997; Fitzpatrick et al., 2007; Telis y Martínez-Navarrete, 2009).

La influencia de las características superficiales de las partículas en los fenómenos de colapso no ha sido aún claramente descrita para alimentos en polvo. Algunos trabajos orientan sobre las implicaciones las características del material en los cambios de estado relacionados con el colapso (Roos et al., 1996; Bhandari y Howes, 1999; Adhikari et al., 2004; Boonyai, 2004; Papadakis, 2004; Liu et al., 2006; Fitzpatrick et al., 2007; Ronkart et al., 2007). Otras publicaciones ofrecen información sobre la cinética de estos fenómenos en este tipo de productos (Haque y Roos, 2005; Miao y Roos, 2006; Elmonsef et al., 2007; Saragoni et al., 2007).

La evaluación del efecto del tiempo en el estado físico de la matriz amorfa es una tarea difícil debido a que existen muchos factores tanto

internos, los propios del producto, como externos, propios del ambiente, que intervienen durante los procesos deteriorativos. Dado que el fenómeno de colapso es atribuido a la viscosidad de la matriz amorfa, que cambia bruscamente al pasar de estado vítreo a gomoso, el cambio en las propiedades mecánicas del producto en polvo podría relacionarse con la diferencia entre la temperatura de almacenamiento y la Tg del producto. Basado en este planteamiento, se han evaluado algunos modelos cinéticos que resultan ser apropiados para explicar este comportamiento (Aguilera et al., 1995; Roos, 1995a; Barbosa-Cánovas et al., 2005; Saragoni et al., 2007; Telis y Martínez-Navarrete, 2009).

Esta contracción estructural que ocurre como consecuencia del colapso en los productos en polvo induce a que se presenten dificultades con relación a la retención de aromas u otros compuestos de importancia, entre otros aspectos. Por otra parte, también pueden verse favorecidos los cambios ocurridos en el color que, al igual que los cambios en las propiedades mecánicas de este tipo de productos, son determinantes de cara a su aceptación por parte del consumidor. Diferentes autores han estudiado el efecto de distintas condiciones de almacenamiento en relación a los cambios de color sufridos en los productos en polvo analizados (Ahmed et al., 2000; Nourian et al., 2003; Garrote, 2008; Pua et al. 2008; Yan et al., 2008; Telis y Martínez-Navarrete, 2009).

1.1.10. Reconstitución de alimentos en polvo

Con el fin de aprovechar la variedad de compuestos esenciales presentes en las frutas, los extractos y jugos que se obtienen de ellas se utilizan cada vez más en la industria farmacéutica y de alimentos para la fabricación de un gran número de productos. No obstante, la industria requiere de alta disponibilidad de materia prima y materiales inocuos que garanticen el mantenimiento de las cuotas de producción y la rentabilidad en los costes. Para el desarrollo y preparación de nuevos productos en la industria alimentaria es necesaria la reconstitución de la gran variedad de ingredientes que se encuentran disponibles en forma de polvo. Con el fin de mantener la eficiencia de los procesos de producción es esencial una rápida y completa humectación de estos

recursos, ya sea en medio acuoso o en otro tipo de solvente y esta capacidad se describe a menudo como un atributo esencial de la calidad (Schuck, 1999).

Con relación a los productos en polvo, se conoce que la rehidratación involucra cuatro condiciones diferentes: la habilidad para humectarse “wetability”, la capacidad para sumergirse “sinkability”, la agilidad para dispersarse en partículas independientes en el solvente “dispersibility” y finalmente la solubilización “solubility”, que determinará la homogeneidad en el material reconstituido (Freudig et al., 1999). Sin embargo, actualmente, existe una carencia de métodos disponibles para la determinación de estas etapas. Algunos autores han propuesto métodos para estudiar la rehidratación de lácteos en polvo, sugiriendo que para este tipo de productos no es posible caracterizar el proceso de rehidratación en base a la humectabilidad (Freudig et al., 1999; Davenel et al. 2002). El uso de métodos reológicos también se ha descrito sin éxito en cuanto a la aproximación a escala industrial de los resultados obtenidos, debido a que el grado de agitación aplicado al producto es muy diferente de los utilizados en la práctica a escala de planta industrial (Ennis, 1998; Gaiani, 2006).

Tal como en el caso de los fenómenos de sorción, la morfología de las partículas juega un papel determinante en lo que a la capacidad de rehidratación se refiere. En el caso de productos liofilizados, por ejemplo, la forma irregular de las partículas confiere una mayor disposición de superficie para la adsorción de agua que en productos obtenidos mediante secado por atomización, los cuales presentan superficies menos rugosas y de mayor esfericidad (Mosquera et al., 2009b).

1.2. Polvos deshidratados de frutas

1.2.1. Propiedades de los polvos instantáneos

Los polvos deshidratados de frutas, con humedades entre el 3% y el 4% (bh), son utilizados en la industria de dulces, caramelos blandos, repostería, alimentos para niños, industrias de saborizantes de alimentos, heladería, productos lácteos, bebidas, entre otros usos (Jaya y Das, 2003).

La producción de jugos de fruta se clasifica entre jugos cítricos y no cítricos. Los primeros, están conformados especialmente por carbohidratos (aproximadamente el 60% de los sólidos son monosacáridos o disacáridos). Esta composición es el principal factor responsable de las dificultades que se presenta durante las operaciones de deshidratación de los jugos cítricos concentrados. El ácido cítrico se concentra durante el secado, y se constituye en un criterio de calidad. Los jugos de fruta no cítrica, tienen principalmente carbohidratos, siendo el mayor porcentaje de azúcar reductor. Hay presencia de ácidos orgánicos entre 0.5% y 1% (Mafart, 1998).

Un producto instantáneo es que requiere muy poco esfuerzo para reconstruirse. El proceso de disección o disolución de un polvo se divide en 4 fases, y el comportamiento de sus propiedades, físicas asociadas con esas etapas, conforma el concepto de propiedades instantáneas (Freuding et al. 1999; H. Schubert, 1993). En la primera etapa conocida como remojo o humectación, el líquido penetra dentro de los poros de las partículas de polvo; en la segunda, las partículas se sumergen debajo de las superficies del líquido; en la tercera se dispersan con una pequeña energía de agitación y en la etapa final las partículas forman la solución si son solubles en el líquido o pertenecen en suspensión (Schubert, 1987). La secuencia durante la reconstrucción de un alimento en polvo y la facilidad para que ocurra el proceso, depende en gran parte de la naturaleza del producto. Los atributos tales como la humectabilidad, la dispersabilidad y la solubilidad son usadas para caracterizar a los polvos como instantáneos. Para que un polvo exhiba buenas características de reconstrucción y para que sea llamado instantáneo, se requiere un equilibrio apropiado entre estas propiedades. Los factores que influyen sobre estas propiedades son los tamaños y densidad de las partículas y las propiedades de superficie. Las partículas no se mojan con facilidad si entre ellas y el líquido hay una elevada tensión superficial (Lewis, 1993).

1.2.2. Las frutas como ingredientes naturales en la producción de alimentos en polvo.

Las frutas resultan ser alimentos atractivos debido a su color, forma, olor, contenido en minerales, vitaminas y otros componentes beneficiosos para la salud. Éstas se localizan en el segundo piso de la pirámide de alimentos, es decir, que se recomienda la ingesta de 2 piezas de fruta en niños y 4 piezas en el adulto al día. A pesar de que en la clasificación general por grupos, las verduras y frutas están en grupos diferentes, los nutrientes que contienen son similares, aunque en el caso de las frutas el contenido en hidratos de carbono es más elevado y ello las convierte en alimentos un poco más energéticos. En su mayoría, las frutas son alimentos de bajo valor calórico, ya que casi el 80% de su composición es agua. Además contienen fibra dietética que nos aporta múltiples beneficios como por ejemplo contra el estreñimiento, la diverticulosis, arteriosclerosis y la diabetes mellitus. La fruta contiene múltiples micronutrientes y fitoquímicos que actúan sinérgicamente como antioxidantes y parece que son sustancias protectoras contra el cáncer, demostrado en estudios epidemiológicos en el caso de cáncer de próstata y cáncer de colon (Roussos et al., 2009).

1.2.3. Humectabilidad

Es la capacidad que tienen las partículas de adsorber agua sobre la superficie, dando así inicio a la reconstrucción del jugo (Brenna et al., 1998). También puede definirse como la facilidad que tiene el polvo de empaparse con un líquido por efecto de fuerzas capilares que controlan la velocidad de la etapa (Freudig et al., 1999). Esta propiedad depende en gran parte del tamaño de las partículas; si son partículas grandes forman poros grandes. La alta porosidad, pero sin exceder la porosidad crítica, y los pequeños valores del ángulo de contacto entre la superficie del poro y la de penetración en el agua, también contribuyen a mejorar la humectabilidad del polvo (Freudig et al., 1999). Las partículas pequeñas, que ofrecen una gran relación área/masa, no se humedecen individualmente, sino que forman grumos quedando cubiertas por una capa superficial mojada, la cual reduce la velocidad con la que el agua penetra hacia el interior de las partículas del grumo. Increíblemente el tamaño de las partículas y/o aglomeramientos, se puede reducir la tendencia a la formación de grumos (Brennan et al., 1998).

La composición de la superficie de los polvos juega también un papel importante durante el proceso de remojo, ya que la presencia de algún componente hidrofóbico deteriora la humectabilidad del producto. Si las partículas se disuelven en el líquido y estas tienen poros grandes, aumentan la velocidad de humectación en la mayoría de los casos. Al mismo tiempo, si la viscosidad del líquido aumenta considerablemente por la disolución de las partículas, puede haber un efecto negativo sobre el tiempo de humectabilidad a pesar de tener poros grandes. Cuando hay una velocidad de humectabilidad lenta, puede haber hinchamiento de las partículas y tener una curva de humectabilidad que tiende a cero (H. Schubert, 1993). Así mismo, si se disminuye el ángulo de contacto con la adición de agentes humectantes, se disminuye la tensión superficial y se mejora la humectabilidad.

La segunda etapa de la reconstrucción corresponde al hundimiento de las partículas por debajo de la superficie del líquido. La facilidad de hundirse dentro del agua, depende principalmente de la masa, tamaño y de la densidad de las partículas y no propiamente de la facilidad de remojo. Las partículas grandes y densas generalmente son más rápidas para sumergirse que las livianas, pero la presencia de aire dentro de ellas pueden afectar su capacidad de hundimiento (Barbosa-Cánovas et al., 2005). La tasa de humectación es el paso que limita la velocidad de dilución de sustancias pulverulentas (Lewis, 1993).

El trabajo de Kim et al. (2002), demostró que el contenido de azúcar (sacarosa) en el polvo tiene mayor influencia sobre las partículas instantáneas que el contenido de grasa mostrando la humectabilidad no necesariamente lleva a una alta solubilidad (Kim et al., 2002).

Diversos estudios han demostrado la relación entre las propiedades físicas, químicas y la composición de la superficie de los polvos con las propiedades de instantaneidad de un polvo. Los resultados para una mezcla de polvo de cacao y azúcar, indican buenas propiedades instantáneas para tamaños de partículas $> 0.4\text{mm}$, mientras que para partículas $< 0.2\text{mm}$ esta propiedad no es buena; los valores de dispersabilidad obtenidos están entre el 50% y el 95%; la humectabilidad entre 10 y 22 segundos (Shittu y Lawal, 2007).

El método estático para medir la humectabilidad de un polvo en laboratorio es adecuado si las partículas tienen una densidad aparente mayor que la del agua, de tal manera que la capacidad del hundimiento al fondo del líquido sea buena. Ha sido utilizado frecuentemente para medir esta propiedad (Freuding et al., 1999; Fuchs et al., 2006; Kim et al., 2002).

1.2.4. Solubilidad

La solubilidad es la velocidad y el grado en que los componentes de las partículas de polvo se disuelven en el agua. Los factores que afectan la solubilidad de los sólidos en líquidos son las fuerzas intermoleculares entre el soluto y el solvente y la temperatura. El efecto de la temperatura se puede predecir basándose en el principio de Le Chatelier. Si bajo condiciones de equilibrio el calor total de disolución es exotérmico, la solubilidad disminuye con el aumento de temperatura y en forma inversa, si es endotérmico, la solución aumenta con el aumento de temperatura. La agitación y la pulverización no aumentan la solubilidad de un sólido en un líquido, solo acelera la llegada del punto de saturación. La solubilidad de equilibrio a temperatura constante de una sustancia, es la solubilidad de su forma más estable en equilibrio con su solución y es la forma en que se obtiene el más alto punto de fusión (Mortimer, 1993).

La literatura reporta trabajos que demuestran que la solubilidad de un polvo instantáneo está directamente relacionada con su microestructura. Las formas cristalinas y amorfas de las superficies de los polvos presentan diferencias en los tamaños y forma de las partículas de los polvos presentan diferencias en los tamaños y forma de las partículas, las propiedades químicas, su estabilidad química, la solubilidad en el agua y la higroscopicidad (Cano-Chauca et al., 2005). A mayor grado de superficies amorfas, se incrementa la solubilidad de los polvos en agua y a mayor presencia del estado cristalino, se disminuye su solubilidad ya que le confiere una mayor organización de las partículas (Gombas et al., 2003). Los sólidos amorfos tienen una mayor solubilidad y velocidad de disolución, que la del estado cristalino (Yu, 2001).

Varias investigaciones han establecido correlaciones entre la duración y la severidad del proceso de secado con la velocidad y el grado de rehidratación,

indicando que hay una rehidratación más rápida y completa rehidratación con la disminución de tiempo de secado. Esto se explica por un menos encogimiento durante el secado rápido de sólidos y por lo tanto por la presencia de paredes intercelulares definidas vacías que promueven un incremento en la recta de rehidratación (McMinn y Magee, 1997). La solubilidad tiene que ver con las propiedades sensoriales ya que afecta la percepción del sabor. Las bebidas de polvo de fruta deben ser totalmente solubles a diferencia de bebidas como el cacao que contiene sólidos insolubles, el azúcar y la humedad del polvo de cacao afecta las características del polvo instantáneo (Shittu y Lawal, 2007).

1.2.5. Color

El color es un importante atributo de la calidad de los alimentos deshidratados, y un indicador del proceso mismo, además de ser uno de los atributos organolépticos de mayor impacto sobre la decisión de los consumidores de adquirir un producto (Avila y Silva, 1999). En la mayoría de los productos alimenticios deshidratados se presentan reacciones de pardeamiento no enzimático, las cuales muestran una curva máxima a humedades intermedias, debido al doble papel que juegan el agua, al actuar como solvente y como producto de la reacción y por lo tanto como inhibidor. Para bajos valores de actividad de agua a_w , el agua no tiene adecuada movilidad, constituyéndose en un factor limitante. La adición de agua, promueve la reacción debido a que cuando está en mayor proporción en un material, adquiere capacidad de actuar como solvente. Para valores altos valores de a_w , el agua diluye los reactantes, inhibiendo la reacción de pardeamiento. Si bien, el punto máximo de pardeamiento depende del producto, los jugos de frutas concentrados y los productos de humedad intermedia son los más susceptibles al pardeamiento no enzimático. Para diferentes alimentos, entre ellos las frutas deshidratadas, la velocidad de pardeamiento a una determinada temperatura aumenta cuando se incrementa el contenido de agua por encima de un máximo, el cual depende de cada producto (Karel, 1975). El pardeamiento enzimático tiene baja posibilidad de ocurrir durante tratamientos térmico ya que las enzimas responsables se desnaturalizan a altas temperaturas (Murat y Onur, 2000).

Las reacciones de pardeamiento no solo son un factor que afecta la calidad de los productos deshidratados, sino que también afecta sus propiedades nutricionales, ya que se disminuye la digestibilidad de las proteínas y hay pérdida de aminoácidos esenciales (Murat y Onur, 2000). Los tratamientos térmicos generalmente llevan a cambios en el color de la superficie del producto y estos siguen una cinética de primer orden (Nindo et al., 2003). La reacción de Maillard depende de la temperatura y del tiempo que dura el tratamiento térmico (Ho et al., 2002).

Se han realizado trabajos para determinar la influencia del sistema del secado sobre el color de las muestras obtenidas. Silva y Ignatiadis hicieron una revisión de trabajos sobre degradación del color por tratamientos térmicos y la cinética para algunas frutas y vegetales, encontrando que la mayoría de los reportes indican que son de primer y cero orden. El color de un producto se puede especificar con tres coordenadas obtenidas con el colorímetro. El sistema que utiliza la escala CIELAB, que define L^* , a^* y B^* , es el que se emplea con mayor frecuencia para medir color en alimentos. L^* mide la luminosidad, b^* indica el cambio de color de azul a amarillo, y a^* indica el cambio de verde a rojo (Avila y Silva, 1999).

La diferencia de color total ΔE entre el patrón (pulpa) y el polvo final obtenido, se calcula mediante la expresión (Jaya y Das, 2003).

$$\Delta E = \sqrt{(L_O^* - L_P^*)^2 + (a_O^* - a_P^*)^2 + (b_O^* - b_P^*)^2}$$

Donde:

L_O^* , a_O^* y b_O^* son los valores de L^* , a^* b^* del patrón y L_P^* , a_P^* y b_P^* son los del polvo.

1.2.6. Vitamina C

El valor nutricional de la Vitamina C o ácido ascórbico (AsA) es de gran importancia en la dieta humana ya que contribuye a mantener el colágeno, disminuir los daños por estrés, es un antioxidante y participa en las biosíntesis de aminoácidos. La mayor fuente de vitaminas C son las frutas y los vegetales, siendo más abundante en vegetales de hojas, los cítricos y algunas frutas tropicales (Yahia et al., 2001).

La vitamina C es la más sensitiva de las vitaminas que se encuentra en los alimentos y su estabilidad varía en función de las condiciones ambientales tales como el pH, la concentración de trazas de iones metálicos y de oxígeno, la temperatura. También se ve afectada por el tipo de procesos de deshidratación, el régimen tiempo-temperatura empleados, la intensidad de energía térmica, encontrándose que la mayoría retención de vitamina C se da cuando se seca a bajas temperaturas y cortes tiempos. Por este motivo, se usa la evaluación del ácido ascórbico retenido como un método para definir el mejor sistema de secado (Nindo et al., 2003). La destrucción de las vitaminas, al igual que los microorganismos, sigue una relación lineal logarítmica anaeróbica y aeróbica del ácido ascórbico en alimentos con baja humedad ha mostrado que es altamente sensitiva a la actividad del agua, ya que la recta de las reacciones se incrementa en función exponencial para rango a_w de 0.1 a 0.8 (Robertson, 1993).

La vitamina C es más estable a la acción del calor a medida que el pH del medio sea más ácido. La degradación de vitamina C en muestras pulseadas se debe en gran parte a la oxidación que se presenta por la incorporación de aire durante el despulpado; adicionalmente la vitamina C puede perderse por disolución. La oxidación no se produce en medio ácido, pero se cataliza por la luz, esto explica que durante el almacenamiento de jugos ácidos de frutas deshidratados es posible que la degradación del ácido ascórbico dependa de la temperatura y de la humedad, siendo menor a medida que la humedad es menor (Badui, 1999)

Se han desarrollado diferentes trabajos de investigación mediante los cuales se ha evaluado la estabilidad de la vitamina C asociada a diferentes sistemas de secado. En grosellas de la Indica secadas al vacío se alcanzó un % de retención del 64% - 96% y con vapor sobrecalentado a baja presión la retención fue del 93% - 96% (Methakhup et al., 2005). La menor pérdida de vitamina C en

espárragos se asoció con los métodos de secado que utilizan aire caliente a 60°C y niveles de energía de microondas de 2W/g, sin embargo para todos los sistemas de secado reportan pérdidas de vitaminas C en comparación con el material fresco (Nindo et al., 2003) se reportan pérdidas del 13% durante el almacenamiento en frutas cítricas mínimamente procesadas (Piga et al., 2002). Igualmente, para frutas china (litchis) mínimamente procesadas y sacadas al vacío (Singh y Nath, 2007).

1.3. El coco (*Cocos nucifera*)

1.3.1. Aspectos generales

Esta planta pertenece al género y especie *cocos nucifera* L, a la familia: *Arecaceae*. El coco es un arbusto o árbol, donde la altura de la palma depende mucho de las condiciones ecológicas, edad de la planta y variedad de la misma, frecuentemente alcanza alturas de 20 a 25 metros. Esta palma presenta hojas pinnadas formadas por un pecíolo que casi circunda el tronco, la copa de la palma está constituida generalmente por 30 hojas, con longitudes que oscilan entre 1,5 a 6 metros. Cada hoja del cocotero presenta alrededor de 200 a 300 folíolos con una longitud de 50 a 70 cm (Medardo, 2009).

En condiciones ambientales favorables un coco adulto gigante puede emitir de 12 a 14 hojas por año, mientras que el enano puede emitir 18 hojas en el mismo período. La edad promedio de la hoja es de alrededor de 5 años. El fruto es una drupa en la que el exocarpo y mesocarpo constituyen el tejido fibroso que rodea a la nuez formada por el endocarpo, el endospermo con el embrión y el agua. El exocarpo presenta un grosor de aproximadamente 4-5 cm. El endocarpo dispone de 3 orificios, 2 cerrados y el otro frente a la raicilla del embrión. El fruto por lo general demora 12 meses en formarse completamente, teniendo un peso final de aproximadamente 1-1,5 kilos (Ramírez, 2008).

El cocotero posee un número cromosómico de $2n = 32$. Mide de 12 a 25 m de alto, siendo su tallo esbelto y estipitoso crece más o menos torcido; a menudo es

más ancho en la base, donde puede tener alrededor de 80 cm de diámetro; la porción superior del tronco raramente supera los 30 cm de diámetro (Granados y López, 2002).

1.3.2. Taxonomía

El género *Cocos* pertenece a la familia de las Palmas, tribu Ceroxilinae.

El cocotero es un género monotípico cuya especie es *nucifera*, con variedades botánicas. Otros géneros relacionados son *Elaeis*, *Acroiomia*, *Attalea*, *Arecastrum*, *Butia*, *Jubaea*, *Maximiliana*; de las cuales *Elaeis* es el representante económico de mayor importancia.

Según Robles (1989), la clasificación del cocotero es la siguiente:

- Nombre común: coco, coconut, cocoterio, cucu, inajai, jatá, pupunharaha.
- Reino: Vegetal
- División: Tracheaophyta
- Subdivisión: Pteropsidae
- Clase: Angiospermae
- Subclase: Monocotiledoneae
- Orden: Arecales
- Familia: Palmaceae
- Tribu: Ceroxilinae
- Género: *Cocos*
- Especie: *nucifera* L.
- Nombre científico: *Cocos nucifera* L.

Esta familia incluye unos 200 géneros y 2,450 especies distribuidas en la región tropical, algunas de estas especies se extienden en áreas subtropicales en ambos hemisferios. Además de ser un grupo diverso y ecológicamente importante, los componentes de la familia *Arecaceae* son útiles al hombre. Por ejemplo, son de gran importancia económica la palma africana aceitera (*Elaeis guineensis*) y la datilera (*Phoenix dactylifera*) (Borchsenius y Moraes, 2006).

1.3.3. Descripción botánica

El sistema radical del cocotero está compuesto de dos partes bien diferenciadas: el bulbo radical y raíces.

- **Bulbo radical:** Bajo el nivel del suelo, el tronco conserva la forma de un cono, pero ahora en forma invertido, esto es el bulbo radial, de unos 30 centímetros de espesor, de toda su superficie parten millones de raíces adventicias principales que tienen la particularidad de guardar de una manera irregular la dirección que tenían al salir del bulbo (Robles, 1985).
- **Raíces:** Estas son poco profundas, en gran cantidad y de algunos metros de longitud. Estas raíces principales se encuentran en la parte subterránea del estípite, cuya profundidad no pasa de 50 centímetros. La absorción de agua y de los nutrientes tiene efecto a través de una zona de pocos centímetros de longitud.
- **Tronco:** Es una palmera monoica de tronco único, con frecuencia inclinado, de 10-20m de altura y de 50cm de grosor en la base.
- **Hojas:** Sus hojas se agrupan en el ápice formando un penacho. Los pecíolos de 90 a 150 cm de largo se disponen en forma envolvente dando la estructura fibrosa al tallo. Las frondas de las hojas tienen una longitud de 1.8 a 6 m; son pinnadas con folíolos de 60 a 90 cm de largo (Loria, 1993).
- **Flor:** Posee inflorescencias paniculadas que nacen en las axilas de las hojas inferiores, protegidas por una bráctea llamada espata de hasta 70cm de longitud y se desarrolla en 3 o 4 meses
- **Fruto:** El fruto es una drupa de tres caras, de 20 a 30 cm de diámetro, que pesa alrededor de 1.5 Kg, con epicarpio brillante, mesocarpio fibroso de color castaño a rojizo y endocarpio lignificado o “nuez” que encierra una sola semilla. Los frutos requieren de 9 a 10 meses para madurar. El endospermo o reserva alimenticia de la semilla está formado por una porción carnosa o albuminosa y un jugo dulce, denominados respectivamente como carne y agua de coco. El endospermo carnoso seco se utiliza para producir la copra (pulpa seca de coco), de la cual se extrae el aceite de coco (Quero, 1994).

- **Semillas:** (De este fruto no se obtiene semilla) su propagación: Los cocos frescos de la planta se entierran hasta la mitad con las cascara en un suelo húmedo. Si se mantiene una humedad constante estos comienzan a brotar en dos o tres meses, siendo al principio su crecimiento bastante lento hasta después de la maduración de la palma.

El embrión se encuentra localizado en el saco embrionario cerca del micrópilo y su diferenciación comienza antes de la diferenciación de las células del endospermo sólido. Forma una cavidad en que se aloja al digerir los tejidos que rodean el endospermo durante su desarrollo. El embrión maduro está constituido por un cotiledón que envuelve la plumula y es de forma más o menos cilíndrica. La plumula tiene una zona central meristemática protegida por los primordios foliares. Opuesta a la plumula se encuentra la radícula (Robles, 1985).

1.3.4. Propiedades nutricionales y composición del agua de coco

FAO (2006) informa que el coco es un fruto tropical de sabor muy agradable y además muy nutritivo ya que contiene una gran cantidad de sales minerales y numerosas propiedades que cuidan nuestro cuerpo.

Aguilera y Romero (2001) aseguran que el agua de coco tierno (de 7 a 8 meses) tiene una concentración de sólidos totales, en sus primeras fases desarrollo, aproximadamente de 2,5 g/100 ml, que aumenta gradualmente a medida que madura el coco, alcanzando un máximo de 6 g/100mL al llegar al séptimo mes, aproximadamente, y luego disminuye. Afirma que el agua de coco maduro no es una fuente económica de carbohidratos, que la concentración de los mismos es pequeña (alrededor del 2%), y que además, contiene cantidades de otras materias orgánicas e inorgánicas.

El coco fresco sin abrir es útil por 2 meses, después de abierto debe ser consumido antes de 5 días. Almacenado a 10 grados centígrados se mantiene hasta 5 meses y congelado más de un año. El inconveniente está en la variabilidad de su composición química relacionada con la maduración del fruto (Medardo, 2009).

Meléndez y Valenzuela (2004) informan en un estudio de bebidas hidratantes, encontró que existe un menor nivel de reposición de fluidos en deportistas, al comparar agua pura con agua de coco o la bebida deportiva. No encontró diferencia significativa al comparar el agua pura, el agua de coco y la bebida deportiva, en la producción de orina y la conservación de líquido, por lo que descartó que al ingerir agua de coco se provoca un efecto diurético. También afirma que el agua de coco se podría implementar como un fluido hidratante, sin temor a perder fluidos excesivos por medio de la orina, por su contenido de electrolitos (Na^+ y K^+), por su sabor dulce y agradable para muchos, lo que estimula la ingesta voluntaria y previene la deshidratación. Por sus propiedades saludables y por su composición química muy equilibrada, producen una solución isotónica natural con sabor muy agradable. Es muy importante que los electrolitos, como el sodio y el potasio estén presentes en la composición de las bebidas isotónicas, para facilitar la recuperación de las pérdidas de sodio y potasio a través de la orina y de la piel. El agua de coco posee estos componentes, los electrolitos y el agua en soluciones isotónicas son más rápidamente absorbidos que en otras situaciones, recuperando las pérdidas de estos nutrientes rápidamente y es comercialmente la única bebida isotónica natural disponible.

Arancon (1998) afirma que el agua de coco que también corresponde al endospermo de la fruta, constituye el 21,6% del total de la nuez y la cantidad de agua que puede ser extraída varía de 133 ml/coco a 524 ml/coco.

A continuación, en la tabla 5 se muestra el contenido nutricional del agua de coco para 100 ml.

Tabla 5
Contenido nutricional del agua de coco para 100 ml.

Componentes	Cantidad
Energía (Kcal)	20,00
Proteínas (g)	0,1
Carbohidratos	5,5
Lípido (g)	0,05
sodio (g)	25,00
Potasio (mg)	160,00
Cloro (mg)	20,00
Calcio (mg)	5,00
Fosforo (mg)	0,4
Magnesio (mg)	0,45

Fuente: El cultivo de coco. FAO, 1977.

1.4. El mango (*Mangífera indica*)

1.4.1. Aspectos generales

El mango es una fruta tropical obtenida del árbol del mismo nombre, árbol de la familia de las Anacardiáceas. Tiene forma ovalada o esférica, con piel no comestible y color variable entre amarillo, verdoso y rojo intenso. La pulpa es pegajosa de color amarillo anaranjado, y tiene un hueso duro y aplanado en su interior. Su tamaño varía entre 5-20 cm de longitud y 300-400 g de peso (Prada, et al., 2015).

Los frutos verdes son ricos en vitamina C y contienen una cantidad moderada de provitamina A, mientras que los mangos maduros son fuente importante de provitamina A (principalmente en forma de betacarotenos), siendo moderado su aporte de vitamina C. Concretamente, un mango de 300 g de peso aporta el 70% de la cantidad diaria recomendada de vitamina A, y con 37 mg por cada 100 g de porción comestible de vitamina C, un mango de tamaño medio (300 g) cubre el 185% de las necesidades diarias de esta vitamina. También es una fuente importante de vitamina E y folatos y aporta, en menor medida, otras vitaminas como B2 y niacina. La vitamina A es esencial para el mantenimiento de los tejidos epiteliales (piel y mucosas). Además, los betacarotenos y las vitaminas C y E actúan como potentes antioxidantes que neutralizan los radicales libres, moléculas responsables del envejecimiento de las células, que

previenen el cáncer e impiden la oxidación de las lipoproteínas LDL-colesterol, protegiendo así frente a la arteriosclerosis (Prada, et al., 2015).

Entre los minerales del mango destacan el potasio y el magnesio, aunque también aportan pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio. El mango también contiene fibra soluble (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos. En su composición destaca igualmente la presencia de una sustancia denominada mangiferina, que en animales de experimentación parece ejercer una acción inmunomoduladora, antiviral y antitumoral (Prada, et al., 2015).

1.4.2. Taxonomía

Según Mora et al., (2002), la clasificación taxonómica el mango se ubica de la siguiente manera:

- Clase: Dicotiledóneas
- Subclase: Rosidae
- Orden: Sapindales
- Suborden: Anacardiineae
- Familia: Anacardiaceae
- Género: Mangifera
- Especie: Indica

1.4.3. Descripción botánica

- Hojas: Las hojas son lanceoladas de 15 a 40 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho, con un intenso color rojo al inicio de su crecimiento en algunas variedades que pasa a verde y luego a verde oscuro en su madurez (Mora *et al.*, 2002).
- Flores: Se dan en panículas terminales ramificadas, un árbol puede tener de 2000 a 4000 panículas las cuales pueden poseer entre 400 y 5000 flores cada una; la mayoría son masculinas o estaminadas y unas pocas flores perfectas. La polinización es básicamente cruzada, realizada principalmente por insectos, especialmente moscas (dipteros), las abejas tienen relativa poca importancia en la polinización. Se considera normal que el cuaje sea de 0.1% de las flores. En

nuestro país se obtienen floraciones entre octubre y mayo, con un pico entre diciembre y enero (la mayor parte inducida). La floración naturalmente está condicionada por el clima, principalmente por los factores temperatura y precipitación, además del origen de la variedad utilizada, el manejo que recibe la misma y la madurez del tejido a florecer (hojas y yemas) (Mora et al., 2002).

- Fruto: El fruto es una drupa, de tamaño variable que va de 100 hasta más de 1500 S. Su color va de amarillo hasta rojo o morado, pasando por distintos grados de coloración dependiendo de la variedad. La fruta tarda de 100 a 120 días, en términos generales, de floración a cosecha (Mora et al., 2002).

1.4.4. Propiedades funcionales y composición del mango

El valor alimenticio del mango, en general, es muy apreciado (Galán-Saúco, 1999). El mango es una fruta rica en agua, azúcares, fibra, minerales y vitaminas (Martínez, 2006).

Por su riqueza en ácidos (málico, palmítico, p-cumárico y mirístico), vitamina C (un mango de unos 200 g proporcionara unos 56 mg de vitamina C aproximadamente lo que representa casi el 60 % de la dosis diaria recomendada), y especialmente, por su alto contenido en vitamina A; el mango constituye una buena fuente de antioxidantes; lo que otorga un poder defensivo contra la degradación de las células. Los mangos ejercen una función anticancerígena muy efectiva otorgada tanto por estas vitaminas como por su riqueza en flavonoides, entre los que destaca la quercetina y el camferol. Además, estos componentes guardan una estrecha relación con la reducción de los niveles de colesterol y la disminución de la hipertensión (Martínez, 2006).

Además de las vitaminas A y C, el mango es rico en vitaminas del grupo B, entre las que se encuentran el niacina (Vitamina B3) necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso, la salud de la piel y el metabolismo de las grasas, y sobre todo, en piridoxina (vitamina B6) cuya importancia es trascendental para la síntesis de los aminoácidos y el metabolismo de las grasas, así como la salud del cabello, de la piel o el equilibrio de los líquidos en el

organismo. El mango contiene bastante triptófano, un aminoácido con propiedades relajantes. Junto con la vitamina B, posibilitará que tengamos un sueño más tranquilo y, al mismo tiempo nos hará sentirnos más felices, dado que, a partir del triptófano, se produce la hormona serotonina, un neurotransmisor conocido habitualmente como "hormona de la felicidad" la cual suprime los efectos de la depresión (Martínez, 2006).

Tabla 6

Resumen de los componentes nutricionales característicos del mango (cantidades dadas para 100 g de pulpa fresca).

COMPONENTE	CONTENIDO
Agua	81,7 g
Energía	65kcal
Grasa	0,45 g
Proteínas	0,51 g
Hidratos de carbono	17 g
Fibra	1,8 g
Potasio	156 mg
Fosforo	11 mg
Hierro	0,13 mg
Sodio	0 mg
Magnesio	9 mg
Calcio	10 mg
Cobre	0,11 mg
Cinc	0,04 mg
Selenio	0,6 mcg
Vitamina C	27,7 mg
Vitamina A	3,894 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0,058 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,057 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0,58 mg
Vitamina B6 (Piridoxina)	0,134 mg
Vitamina E	0,100mg
Ácido Fólico	14 mg

Fuente: USDA, 2006

1.5. La Stevia rebaudiana Bertoni (Eupatorium rebaudianum)

1.5.1. Aspectos generales

Esta planta es originaria de Paraguay y descubierta en 1887: fue descrita y clasificada en 1889 por el botánico suizo Moisés Santiago Bertoni, momento a

partir del cual recibió el nombre científico de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Los indios guaraníes ya la utilizaban desde tiempos precolombinos, endulzando sus comidas y bebidas, la llamaron “ka’a-hée”, que significa “hierba dulce”. Existen más de 300 variedades de *Stevia* en la selva Paraguayo-Brasileira, pero la *Stevia rebaudiana* Bertoni es la única con propiedades endulzantes gracias a su principio activo, denominado “esteviósido” descrito en 1921 por la Unión Internacional de Química (Ministerio De Agricultura y Ganadería. 1996).

Según Martínez (2002), la hoja de *Stevia* en su estado natural, posee gran cantidad de nutrientes, que en orden de concentración son:

- Más del 50%: carbohidratos de fácil asimilación.
- Más del 10%: fibras, polipéptidos (proteínas vegetales).
- Más del 1%: lípidos, potasio.
- Entre el 0.3 y 1%: calcio, magnesio y fósforo.
- Menos del 0.01%: cromo, cobalto, hierro, manganeso, selenio, silicio, zinc.
- Indicios de ácido ascórbico, aluminio, beta caroteno C, estaño, riboflavina, vitamina B1.
- Varios aceites esenciales.

Entre los glucósidos, se encuentra en mayor proporción el esteviósido generalmente entre 5 a 10% del peso de la hoja y en menor medida, del orden de 2 a 3% rebaudiósidos A, B, C, D, E, dulcósido A y B y steviolbiosido (Totté et al., 2000; Brandle et al., 2002; Geuns, 2003; Totté et al., 2003; Brandle, 2005).

De esta manera puede verse que el producto industrial extraído de la *Stevia* es en realidad una combinación de varios glucósidos, cuyas cantidades varían en función a las variedades, de los climas y los terrenos; pero es el esteviósido (Fórmula: $C_{38} H_{60} O_{18}$) el principal y más abundante componente (Totté et al., 2000).

La *Stevia* en su forma natural es 10 a 15 veces más dulce que el azúcar común de mesa, mientras que los extractos de *Stevia* tienen un potencial endulzante de 100 a 300 veces mayor que la del azúcar. El extracto en su forma líquida tiene un poder endulzante aproximadamente 70 veces mayor que la sacarosa, mientras

que los extractos refinados de Stevia, llamados esteviósidos (polvo blanco conteniendo 85-95% de esteviósido) son 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa (Brandle, 2005).

En cuanto a las aprobaciones necesarias para comercializar la Stevia, se conoce que el 18 de septiembre de 1995 la FDA (Food and Drug Administration) anunció que la Stevia podía venderse y consumirse como suplemento dietético y no como aditivo alimenticio (endulzante). Años más tarde, también determinaron que la Stevia en su forma líquida podía ser vendida como producto para el cuidado de la piel (Gregersen et al., 2004).

Con respecto a la toxicidad de la Stevia, los investigadores Akashi y Yokoyama (1975) establecieron que la dosis de Stevia por vía oral que se requiere para la mortalidad a 50% de los sujetos (ratones), es de 15 g/kg de peso corporal, es decir, si se traslada esto a humanos, un adulto que pesa 60 kg debe consumir 900 g de esteviósidos, lo que equivale a consumir aproximadamente 225 kg de azúcar de caña. Se puede deducir con amplia seguridad que difícilmente un humano va a consumir una cantidad similar para llegar a la toxicidad.

En Argentina y Colombia su uso está avalado tanto por la Liga Argentina de Protección al Diabético como por la Federación Diabetológica colombiana, respectivamente (Secretaría de Agricultura, 2003).

1.5.2. Taxonomía

Según Martínez (2002), la clasificación taxonómica de la estevia (*Eupatorium rebaudianum* Bertoni) es la siguiente:

- Reino: Vegetal
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliopyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Asterales
- Familia: Asteraceae
- Género: Stevia Especie

- Stevia: rebaudiana Bertoni
- Nombres comunes: Estevia, CAÑA JHEÑE= dulce

1.5.3. Descripción botánica

La Stevia pertenece a la familia Asteraceae es una planta herbácea perenne, tallo erecto, subleñoso, pubescente; durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones, tornándose multicaule después del primer ciclo vegetativo, llegando a producir hasta 20 tallos en tres a cuatro años; puede alcanzar hasta 90 cm de altura en su hábitat natural y en los trópicos puede llegar a tener alturas superiores a 100 cm (Jaramillo, 2009).

La raíz es, pivotante, filiforme, y no profundiza, distribuyéndose cerca de la superficie. La *S. rebaudiana* tiene hojas elípticas, ovales o lanceoladas, algo pubescentes; presentan disposición opuesta en sus estados juveniles, y alternas cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica, previa a la floración (Bonilla et al., 2007).

La flor es hermafrodita, pequeña y blanquecina; su corola es tubular, pentalobulada, en capítulos pequeños terminales o axilares, agrupados en panículas corimbosas (Shock, 1982).

La planta es autoincompatible (protandria), por lo que la polinización es entomófila; se dice que es de tipo esporofítico y clasificada como apomíctica obligatoria (Monteiro, 1982).

El fruto es un aquenio que puede ser claro (estéril) u oscuro (fértil) y es diseminado por el viento. Se clasifica como una planta de día corto, situando el fotoperíodo crítico de 12 a 13 horas según el ecotipo (Monteiro, 1980).

Existen otras especies como: *Stevia eupatoria*, *S. obata*, *S. plummerae*, *S. salicifolia*, *S. serrata*. En Ecuador se han determinado *S. anisostemma* y *S. bertholdii* en Chimborazo e Imbabura: *S. crenata*; en Loja *S. bertholdii*; en Pichincha, *S. anisostemma*, *S. crenata*, *S. dianthoidea*., en Tungurahua *S. tunguraguensis* (Valencia, et al., 2000).

Cabe señalar que *Stevia rebaudiana* cuenta con más de 144 variedades a nivel mundial, destacando a Morita 2; además esta especie presenta numerosos

ecotipos; también la variedad Ariete es actualmente muy cultivada debido a su mayor edulcorancia (Taiariol y Molina, 2010).

La variedad Morita 2 fue desarrollada en Japón por Toyosigue Morita, la ventaja de esta variedad es que presenta mayores rendimientos de hoja seca y mejor contenido químico que las otras variedades (Soejarto et al., 1983).

Otro investigador, Mitsuhashi (1975) seleccionó 28 ecotipos diferentes basándose principalmente en sus características morfológicas y determinó que el contenido de estevioso en hojas varió entre 2.07 y 18.34%.

Sumida (1980) describió una serie de experimentos para relacionar varias características de la planta con la heredabilidad en 22 variedades de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Se observaron 11 características morfológicas y seis características de contenido; de éstas 17 características, solamente el peso seco de hojas mostró una baja correlación con la heredabilidad. Este investigador concluyó que las características morfológicas y de contenido, principalmente de principios activos, tienen efecto seleccionador evidente.

1.5.4. Propiedades nutricionales Composición de la Stevia

Según diversas fuentes la *Stevia* en su forma natural es 15 veces más dulce que el azúcar de mesa y su extracto rico en steviósido y rebaudiósido unas 200 veces más. Por otra parte su ingesta no afecta a los niveles de azúcar sanguíneo sino que los regula (Estevia, 2007).

Entre las conclusiones de la segunda reunión internacional de la *Stevia* (Asunción, Paraguay, 2006) se presentaron públicamente los resultados de los estudios requeridos por el Joint FAO/WHO Expert Comité on Food Aditives (JECFA), con objeto de lograr el status definitivo de los Steviol glucósidos, e iniciar las gestiones posteriores que permitan la apertura de la comercialización internacional de la *Stevia* en los países que aun hoy no está autorizada. Por otra parte, se presentaron por parte de científicos de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) las nuevas perspectivas muy prometedoras de los componentes de la *Stevia* en el tratamiento de la diabetes tipo-2, resultados que también se están constatando en afectados por esta enfermedad en España e incluso con casos del

tipo-1. También se está avanzando en identificar sus propiedades como antiséptico bucal y antiinflamatorio. Y en Japón está muy extendido su uso, incluso como mejorante del suelo, plantas y animales. Durante el año 2007 se ha conseguido que la FAO y la OMS, ante las determinaciones de inocuidad, incluyan a la Stevia en una lista temporal, como paso previo para el definitivo pasaje a su “Codex Alimentarius” De hecho el JECFA ya admitió la ingesta de hasta dos miligramos por kg y día de glicósidos de Steviol (calculados como Steviol), cantidad muy alta que abre una vía clara para el reconocimiento generalizado (Estevia, 2007).

El consumo de stevia a largo plazo es seguro en humanos y su consumo influye de manera favorable en los niveles de glucosa en sangre de los diabéticos y en los de presión arterial de los hipertensos. A si mismo su consumo no modifica otros parámetros (lípidos, función renal y hepática). Hasta el momento EEUU autoriza su comercialización en herboristerías y está bastante extendido su cultivo y se consume legalmente desde hace muchos años, en Japón, Corea del Sur, China, así como en gran parte de Latinoamérica (Brasil, Colombia, Argentina, Perú) y sobre todo en Paraguay, país originario de esta planta. En Europa no se admite su venta, aunque en Alemania su consumo es tolerado, siendo uno de los principales importadores y exportadores de Stevia del mundo (Estevia, 2007).

CAPITULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

Todo el trabajo de investigación desde el proceso de preparación de las diluciones y el atomizado se realizó en el laboratorio de operaciones unitarias, los análisis fisicoquímicos del producto en polvo se realizó en el laboratorio de bromatología y la selección de la mejor muestra con la evaluación sensorial en el laboratorio de análisis sensorial de la Escuela de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco (UNHEVAL-H), durante los meses de junio a septiembre del 2017.

2.2. Materia prima, insumos y reactivos

a. Materia prima

- Mango variedad magdalena river (*Mangífera indica*) de Huánuco.
- Coco de la variedad enano verde (*Cocos nucifera*) de Pucallpa.

b. Insumos

- Stevia en polvo
- Maltodextrina 10

c. Reactivo

- Fenolftaleina al 1% indicador
- Hidróxido de sodio (0.1N)

2.3. Metodología de investigación

En la figura 12, se aprecia la metodología de elaboración de la bebida instantánea de pulpa de mango con agua de coco edulcorado con estevia.

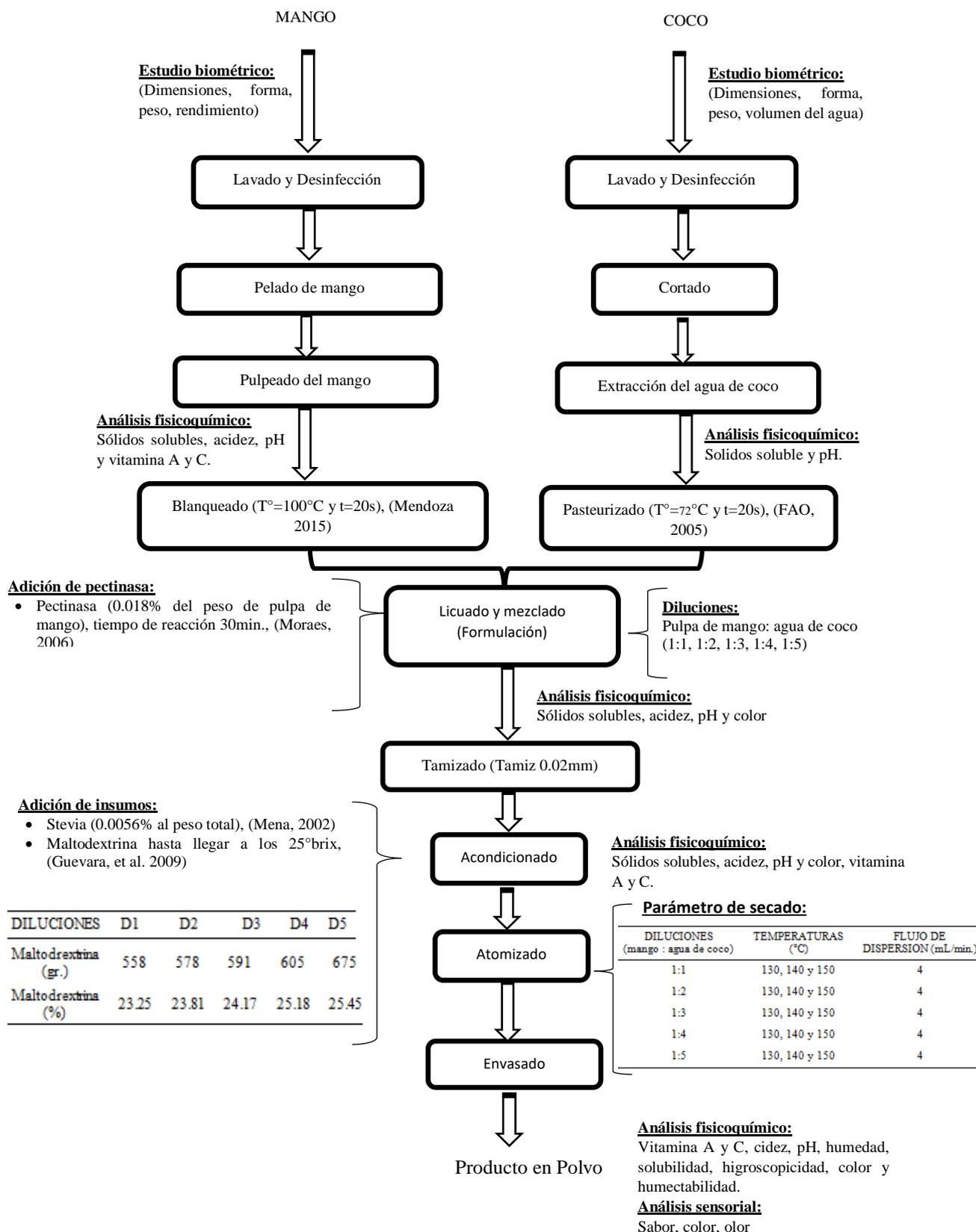


Figura 12: Proceso de elaboración de la mezcla de mango y agua de coco

Fuente: Elaboración propia

2.3.1. Descripción del proceso

- **Obtención de la materia prima:** La materia prima, como el mango se adquirió en el mercado “Huayayco” de la ciudad de Huánuco y el coco en el mercado “La Micaela” de la ciudad de Pucallpa, los cuales se trasladaron en óptimas condiciones a los laboratorios de la UNHEVAL-H para sus respectivas caracterizaciones biométricas y fisicoquímicas y para su posterior procesamiento.

Estudio biométrico: Se tomó las características físicas de la materia prima tales como:

Diámetro, forma, volumen de agua de coco, peso y porcentaje de pulpa de mango, para cada ocasión se analizaron 5 muestras, sacando de esto un promedio final.

- **Lavado y desinfectado:** Para el lavado del mango y coco se utilizó agua tratada, que tenía un promedio de cloro del 200ppm para eliminar contaminantes físicos, químicos y microbiológicos. El lavado se hizo de forma manual, colocándose como protección guantes quirúrgicos. La desinfección para ambos casos se realizó con agua a 200ppm de hipolorito de sodio sumergiendo por 15min a temperatura ambiente, luego se realizó un enjuague por aspersión con agua ozonizada.
- **Selección del mango:** Se seleccionó a los mangos de la variedad Magdalena River por su aspecto, color (forma visual) y aroma adecuado.
- **Pulpeado del mango:** El mango con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable se peló, se retiró la pepa y se cortó en trozos pequeños (Anexo 40), para facilitar la operación de licuado o pulpeado y posteriormente se tamizó en una malla que tuvo orificios de 0.5mm para eliminar parte de las fibras y filamentos del mango. A la pulpa refinada obtenida se hicieron las siguientes evaluaciones:

Sólidos solubles: Para medir los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Atago de un alcance de (0% a 45%), se

coloca 3 gotas de muestra en el equipo y se procede a tomar lectura anotando los resultados obtenidos.

Acidez: se determinó por el método de titulación con hidróxido de sodio a 0.1N utilizando como indicador fenoltaleina al 1%; Para determinar la acidez titulable se tomó 10mL de muestra y se enrrazó a 100mL con agua destilada, posteriormente se colocó 3 gotas de fenoltaleina y se tituló con hidróxido de sodio hasta virar el cambio de color a rosado tenue, se anotó el gasto obtenido para luego hacer los cálculos respectivos mediante la siguiente formula:

$$Ac_{Ac. \text{ M\`alico}} = \frac{V * N * meq_{Ac. \text{ M\`alico}} * 100}{M}$$

Donde:

Meq = miliequivalente del acido predominante (ac. M\`alico)

N=normalidad del hdroxido de sodio

V=volumen en mL gastado del hidróxido de sodio en la titulación

M=cantidad de muestra (mL)

pH: Para medir el pH se utilizó un peachímetro digital marca SI Analytics, se coloca 50mL de muestra en un vaso precipitado, se coloca el bulbo y se procede con la lectura respectiva, se tomó nota del resultado obtenido.

Cenizas: Fue calculado por el método AOAC 940.26/00. (Anexo 1)

Vitamina C: Fue determinado Método volumétrico del 2.6-dicloroindofenol de la AOAC 967.21. Seguido por Encina (2006). (Anexo 2)

Vitamina A: Fue determinado por cromatografía líquida en HPLC. (Anexo 3)

Carbohidratos: Fue Método del fenol-sulfúrico (Dubois et al, 1956) (Anexo 4)

Proteínas: Fue determinado por el método AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total). (Anexo 5)

- **Selección del coco:** Los cocos de la variedad enano verde fueron seleccionados según su edad, de 6-9 meses, recomendado por la FAO (año 2007) que menciona que a esa edad los cocos cumplen las características organolépticas y contienen todos los principios activos.
- **Extracción del agua de coco:** Para la extracción de agua de coco se utilizó un cuchillo tipo “hacha” al cual se le desinfectó con alcohol y flameado para evitar contaminación cruzada; luego se hizo cortes en la parte superior del coco extrayendo el agua de coco con todas las medidas preventivas de higiene en un vaso de precipitación de 1000mL tapado con un material filtrante para atrapar restos de la casaca del fruto (Anexo 41).

Los análisis fisicoquímicos practicados en agua de coco fueron los siguientes:

Sólidos solubles: Para medir los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Atago de un alcance de (0% a 45%), se coloca 3 gotas de muestra en el equipo y se procede a tomar lectura anotando los resultados obtenidos.

pH: Para medir el pH se utilizó un pHímetro digital marca SI Analytics, se coloca 50mL de muestra en un vaso precipitado, se coloca el bulbo y se procede con la lectura respectiva, se tomó nota del resultado obtenido.

- **Adición de pectinasa, licuado y/o mezclado:** La enzima pectinasa se adicionó (0.018%) de acuerdo al peso de mango, después de licuado se dejó que reaccione la enzima por un periodo de 30min (Moraes, 2006), a una temperatura de 20°C y un rango de pH de 3 a 8 (García y Chafía, 2015) .

Para mezclar y licuar se realizó en una licuadora marca Oster de 4 velocidades con la finalidad de homogeneizar el agua de coco y mango en las proporciones establecidas en la tabla 7.

Para determinar la mejor mezcla de pulpa de mango y agua de coco se tomó como base lo establecido por la Norma General Del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (Codex Stan 247-2005) donde indica una relación de 1:3 (p:v). La misma que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7
Formulaciones de diluciones de mago y agua de coco.

Mezcla	Dilucion		Pectinasa	Análisis físicoquímicos
	Mango	: Agua de coco		
Mezcla 1	1	: 1	0.018%	
Mezcla 2	1	: 2	0.018%	Sólidos
Mezcla 3	1	: 3	0.018%	solubles,
Mezcla 4	1	: 4	0.018%	acidez y ph .
Mezcla 5	1	: 5	0.018%	

Fuente: Elaboración propia

- **Tamizado:** Se realizó en un tamiz de 0.02 mm de abertura para eliminar partículas groseras, fibra del mango o cuerpos extraños de la dilución, de esta forma evitar la caramelización y obstrucción en la boquilla del atomizador (Anexo 43).
- **Análisis físicoquímico:** con la finalidad de verificar los cambios que ocurren antes de adicionar los insumos se realizó el análisis físicoquímico tales como:

Sólidos solubles: Para medir los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Atago de un alcance de (0% a 45%), se coloca 3 gotas de muestra en el equipo y se procede a tomar lectura anotando los resultados obtenidos.

Acidez: se determinó por el método de titulación con hidróxido de sodio a 0.1N utilizando como indicador fenoltaleina al 1%; Para determinar la acidez titulable se tomó 10mL de muestra y se enrasó a 100mL con agua destilada, posteriormente se colocó 3 gotas de fenoltaleina y se tituló con hidróxido de sodio hasta virar el cambio de color a rosado tenue, se anotó el gasto obtenido para luego hacer los cálculos respectivos mediante la siguiente fórmula:

$$Ac_{Ac. \text{ M\u00e1lico}} = \frac{V * N * meq_{Ac. \text{ M\u00e1lico}} * 100}{M}$$

Donde:

meq=miliequivalente del acido predominante (ac. M\u00e1lico).

N=normalidad del hidroxido de sodio.

V=volumen en mL gastado del hidr\u00f3xido de sodio en la titulaci\u00f3n.

M=cantidad de muestra (mL).

pH: Para medir el pH se utiliz\u00f3 un peach\u00edmetro digital marca SI Analytics, se coloca 50mL de muestra en un vaso precipitado, se coloca el bulbo y se procede con la lectura respectiva, se tom\u00f3 nota del resultado obtenido.

Color: se a determinado por color\u00edmetro digital determinando el L^* , a^* , b^* , c^* y h^* se llev\u00f3 a cabo en un Color\u00edmetro marca Lovibond utilizando un \u00e1ngulo de observaci\u00f3n de 10° , un iluminante est\u00e1ndar D65 y longitud de onda de 390.

Para determinar de diferencia de color entre la muestra inicial antes del atomizado y el producto final despu\u00e9s del atomizado se utiliz\u00f3 la siguiente f\u00f3rmula de Hunter-Scotfield (Lui et al., 2014):

$$\Delta E = [(L_o^* - L^*) + (a_o^* - a^*) + (b_o^* - b^*)]^2$$

Donde:

L_o^*, a_o^*, b_o^* es los datos iniciales

L^*, a^*, b^* es los datos finales.

- **Adici\u00f3n de insumos:** Los insumos como: la maltodextrina se adiciona hasta lograr 25% de s\u00f3lidos solubles se adicion\u00f3 a cada diluci\u00f3n practicada (5 diluciones) con la finalidad de encapsular las caracteristas fisicoqu\u00edmico y sensoriales del producto de este forma se facilit\u00f3 y se evit\u00f3 la adherencia del polvo a la c\u00e1mara de secado y finalmente se agreg\u00f3 el edulcorante estevia en polvo para acentuar el sabor dulce del producto final, la cantidad

adicionada se detallan en la tabla 8, según las recomendaciones de Mena, (2002) y Londoño et al., (2008) (Anexo 42).

Tabla 8
Adición de maltodextrina en las diluciones.

DILUCIONES	D1	D2	D3	D4	D5
Maltodextrina (gr.)	558	578	591	605	675
Maltodextrina (%)	23.25	23.81	24.17	25.18	25.45
Adición de estevia (gr)	0,5544	0,5734	0,5544	0,4798	0,4680

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis fisicoquímico:** con la finalidad de verificar los cambios que ocurren después de adicionar los insumos se realizó el análisis fisicoquímico tales como:

Sólidos solubles: Para medir los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Atago de un alcance de (0% a 45%), se coloca 3 gotas de muestra en el equipo y se procede a tomar lectura anotando los resultados obtenidos.

Acidez: se determinó por el método de titulación con hidróxido de sodio a 0.1N utilizando como indicador fenoltaleina al 1%; Para determinar la acidez titulable se tomó 10mL de muestra y se enrrazó a 100mL con agua destilada, posteriormente se colocó 3 gotas de fenoltaleina y se tituló con hidróxido de sodio hasta virar el cambio de color a rosado tenue, se anotó el gasto obtenido para luego hacer los cálculos respectivos mediante la siguiente formula:

$$Ac_{Ac. M\acute{a}lico} = \frac{V * N * meq_{Ac. M\acute{a}lico} * 100}{M}$$

Donde:

Meq = miliequivalente del acido predominante (ac. málico)

N=normalidad del hidroxido de sodio

V=volumen en mL gastado del hidróxido de sodio en la titulación

M=cantidad de muestra (mL)

pH: Para medir el pH se utilizó un peachímetro digital marca SI Analytics, se coloca 50mL de muestra en un vaso precipitado, se coloca el bulbo y se procede con la lectura respectiva, se tomó nota del resultado obtenido.

Color: se a determinado por colorímetro digital determinando el L^* , a^* , b^* , c^* y h^* se llevó a cabo en un Colorímetro marca Lovibond utilizando un ángulo de observación de 10° , un iluminante estándar D65 y longitud de onda de 390.

Para determinar de diferencia de color entre la muestra inicial antes del atomizado y el producto final después del atomizado se utilizó la siguiente fórmula de Hunter-Scotfield (Lui et al., 2014):

$$\Delta E = [(L_o^* - L^*) + (a_o^* - a^*) + (b_o^* - b^*)]^{1/2}$$

Donde:

L_o^*, a_o^*, b_o^* es los datos iniciales

L^*, a^*, b^* es los datos finales.

Cenizas: Fue calculado por el método AOAC 940.26/00. (Anexo 1)

Vitamina C: Fue determinado Método volumétrico del 2,6-dicloroindofenol de la AOAC 967.21. Seguido por Encina (2006). (Anexo 2)

Vitamina A: Fue determinado por cromatografía líquida en HPLC. (Anexo 3)

Carbohidratos: Fue Método del fenol-sulfúrico (Dubois et al, 1956) (Anexo 4)

Proteínas: Fue determinado por el método AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total). (Anexo 5)

- **Atomizado:** en esta etapa las formulaciones preparadas se sometieron a secado por aspersión, empleando un atomizador marca LabPlant modelo SD-Basic, controlando la temperatura de entrada del aire caliente en 130°C, 149°C y 150°C, una velocidad de aspersión 4mL/min y una temperatura de salida de 75°C, estos parámetros se muestran en la tabla 9, de acuerdo a pre-ensayos e investigaciones realizadas por Guevara, et al. (2009), Cortes (2009), Hernández (2010) y Rodríguez, et al. (2007) (Anexo 44 y 45).

Tabla 9
Condiciones de secado por aspersión.

Tratamiento	Factores		Análisis físicoquímicos	Análisis Sensorial
	Mezcla de agua de coco y mango	Temperatura de entrada de secado		
1	1:1	130		
2	1:1	140		
3	1:1	150		
4	1:2	130		
5	1:2	140	Acidez, ph,	
6	1:2	150	humedad,	
7	1:3	130	solubilidad,	Sabor,
8	1:3	140	higroscopicidad,	color,
9	1:3	150	rendimiento,	olor
10	1:4	130	color,	
11	1:4	140	humectabilidad,	
12	1:4	150	vitamina C y A.	
13	1:5	130		
14	1:5	140		
15	1:5	150		

Fuente: Elaboración propia

- **Envasado:** el producto en polvo obtenido del proceso de atomizado fue envasado a condiciones atmosféricas en paquetes de papel aluminio para generar una barrera a aromas, a la luz solar y gases exteriores, luego embalado en bolsas zizof, manteniéndose en estas condiciones a temperatura ambiente hasta su posterior evaluación.

2.3.2. Análisis del producto en polvo:

a). Análisis físicoquímicos: Los análisis físicoquímicos que se realizaron a todos los productos obtenidos después del proceso de atomización son los siguientes (Anexo 47):

- **Acidez:** se determinó por el método de titulación con hidróxido de sodio a 0.1N utilizando como indicador fenoltaleina al 1%; para lo cual se diluyó 4g aproximadamente de muestra en polvo en 15mL de agua para lograr un brix de 25° similar a la muestra inicial antes de ser atomizado. Para determinar la acidez titulable se tomó 10mL de muestra rehidratada y se enrrazó a 100mL con agua destilada, posteriormente se colocó 3 gotas de fenoltaleina y se tituló con hidróxido de sodio hasta virar el cambio de color a rosado tenue, se anotó el gasto obtenido para luego hacer los cálculos respectivos mediante la siguiente formula:

$$Ac_{Ac. Málico} = \frac{V * N * meq_{Ac. Málico} * 100}{M}$$

Donde:

Meq = miliequivalente del acido predominante (ac. Málico)

N=normalidad del hdroxido de sodio

V=volumen en mL gastado del hidróxido de sodio en la titulación

M=cantidad de muestra (mL)

- **pH:** Para medir el pH se utilizó con peachímetro digital marca SI Analytics, se tomó nota del resultado obtenido.
- **Humedad:** El contenido de humedad de las muestras en polvo se determinó empleando el método de balanza de rayos infrarrojos, para ello se colocó 2gr de muestra en el plato de la balanza del equipo infrarrojo a una temperatura de 105°C, se esperó de 10-15min para tener el resultado.
- **Solubilidad:** La solubilidad (SD) o fracción másica de sólidos solubles respecto a los totales según Mimouni et al., 2009 consistió en la cuantificación, por una parte, el contenido en sólidos totales (ST) y, por otra, los sólidos solubles (SS) de cada muestra rehidratada. Para ello se

adicionó 1 g de muestra a 9 mL de agua destilada en un vaso de precipitación, a 20°C y bajo agitación magnética constante a 750 rpm (OVAN, BasicMagMix) durante 5 min. En ese momento, para la determinación de los ST, una parte del rehidratado ($mRh1$) se secó en estufa bajo vacío (Vacioterm, J.P. Selecta) a 60°C y con presión <100mm Hg durante 24 h, para obtener el peso seco ($mRh1s$). Para la determinación de los SS, otra parte de la muestra rehidratada ($mRh2$) fue centrifugada (GYROZEN 123GR) a 10.000 rpm durante 10 minutos a 4°C. Todo el sobrenadante obtenido se filtró con papel filtro Whatman n°1, y todo el filtrado obtenido se secó ($mRh2fs$) en las mismas condiciones descritas para los ST. Para la determinación de los sólidos totales se aplicó la siguiente fórmula:

$$SD = \frac{SS}{ST} = \frac{m_{Rh}^{1s}/m_{Rh}^1}{m_{Rh}^{2s}/m_{Rh}^2}$$

Donde cada término de la ecuación se explica en el párrafo inmediatamente superior a ella.

- Color: para la medición del color (L^* , a^* , b^* , C^* y H^*) la muestra del producto atomizado se rehidrató de 4g aproximadamente en 15mL de agua destilada teniendo un brix de 25° similar a la muestra inicial antes de ser atomizado, la determinación del color se llevó a cabo en un Colorímetro marca Lovibond utilizando un ángulo de observación de 10°, un iluminante estándar D65 y longitud de onda de 390.

Para determinar de diferencia de color entre la muestra inicial antes del atomizado y el producto final después del atomizado se utilizó la siguiente fórmula de Hunter-Scotfield (Lui et al., 2014):

$$\Delta E = [(L_o^* - L^*) + (a_o^* - a^*) + (b_o^* - b^*)]^{1/2}$$

Donde:

L_o^* , a_o^* , b_o^* es los datos iniciales

L^* , a^* , b^* es los datos finales.

- Rendimiento: el rendimiento del producto obtenido (mango y agua de coco edulcorado con estevia en polvo) se determinó mediante la relación porcentual entre los sólidos del producto en polvo recuperado y los sólidos aportados en la alimentación (Fazaeli et al., 2012).

$$\eta_{m.s} = \frac{m^p * (1 - X_w^p b. h)}{m * (1 - X_w b. h)}$$

Donde:

$\eta_{m.s}$ =Rendimiento

m^p =Masa (g) de polvo obtenido.

m = Masa (g) de producto que entra al atomizador.

$X_w^p b. h$ =Humedad del producto en polvo (g agua/g polvo obtenido).

$X_w b. h$ =Humedad del producto que entra al atomizador (g agua/ g producto que entra al atomizador)

- Humectabilidad: método estatico o test de Freudig modificado y descrito por (Freudig et al., 1999; Kim et al., 2002). Se determina el tiempo necesario para que se sumerja la última partícula de polvo. Se coloca 1g de polvo en una lámina que cubre un reservorio de 100mL de agua a 20°C, de 50mm de ancho. Se retira la lámina y se pone el polvo en contacto con la superficie del agua. Se mide el tiempo en segundos requeridos para que se sumera la ultima partícula de polvo de la superfeicie.

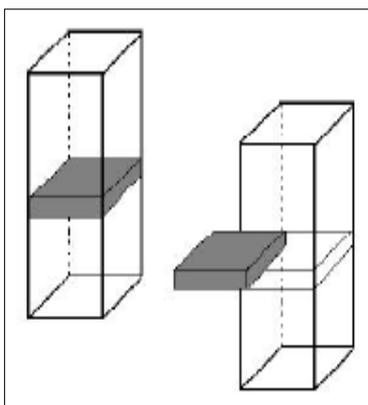


Figura 13: Esquema del dispositivo para medir humectabilidad.

- Higroscopicidad: Se siguió la metodología de Cai y Corke (2000), colocando 1,5 g de muestra en un ambiente creado por una disolución saturada de Na₂SO₄ (81% de humedad relativa), a 25°C durante 7 días, en un desecador cerrado herméticamente. La diferencia de peso en ese tiempo delimitó la cantidad de agua ganada por la muestra. Los resultados se expresaron como g de agua ganada/100 g de sólidos secos, según la ecuación (1).

El contenido en agua del polvo obtenido después de la liofilización y la atomización (X_w , g de agua/g de muestra) se determinó por el método gravimétrico en estufa a vacío (A.O.A.C., 1990) a 60°C a una presión <100 mm Hg hasta peso constante (Vaciotem, J.P. Selecta, España). En este método se asume que la pérdida de peso de la muestra en cuestión, se corresponde con el agua presente. Por el mismo método se determinó el contenido en agua de los solutos estabilizantes.

$$\%HG = \frac{m_1 - m_2}{\frac{m_3}{1 - X_w}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

m_1 = masa de la placa más la muestra hidratada (g);

m_2 = masa de la placa más la muestra inicial (g);

m_3 = masa de muestra inicial (g);

X_w = humedad de la muestra inicial (g de agua/g de muestra)

- b). Análisis sensorial:** Para la evaluación sensorial (color, sabor y olor) del producto obtenido se utilizó el método discriminativo o de diferencia mediante la prueba de ordenamiento, usando jueces semi-entrenados que en número fueron 10 jueces en 3 secciones, quienes utilizaron como herramienta de trabajo sus sentidos evaluando según el formato del Anexo 35. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un ANVA del diseño de bloques completamente al azar (DBCA) de la prueba estadística no paramétrica de Friedman, siendo bloques los jueces y de existir diferencia significativa entre los tratamientos se sometió, a la prueba de medias de tukey a un nivel de

significancia del 0,05%. Al mejor tratamiento elegido se sometió a la evaluación químico proximal o de wendee.

Para la elaboración de las muestras a ser analizadas sensorialmente se rehidrató el producto en polvo con agua tratada a 25°brix grados brix que presentaba la dilución antes de ser sometida al secado (tabla 7).

El ensayo se efectuó con 10 jueces semi-entrenados, los resultados fueron tabulados y analizados aplicando una prueba de Friedman, con un nivel de significancia del 0,05% y un test de comparaciones múltiples, con el objetivo de determinar la diferencia significativa entre los tratamientos.

- c). **Análisis proximal:** Los análisis que se realizaron al producto (pulpa de mango con agua de coco edulcorado con estevia) aceptado como el mejor por los jueces después de la evaluación sensorial fueron los siguientes:

Cenizas: Fue calculado por el método AOAC 940.26/00 (Anexo 1).

Vitamina C: Fue determinado Método volumétrico del 2,6-dicloroindofenol de la AOAC 967.21. Seguido por Encina (2006) (Anexo 2).

Vitamina A: Fue determinado por cromatografía líquida en HPLC (Anexo 3).

Carbohidratos: Fue Método del fenol-sulfúrico (Dubois et al, 1956) (Anexo 4).

Proteínas: Fue determinado por el método AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total) (Anexo 5).

2.4. Análisis estadístico para la evaluación fisicoquímica.

Para elegir el mejor tratamiento practicado (mezcla y temperatura de entrada de secado) se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial factorial 5X3X3 siendo factores y niveles los siguientes:

Factores:

M: mezclas de pulpa de mango y agua de coco.

T: temperatura de secado por atomización.

Niveles:

M: 5 niveles de pulpa de mango con agua de coco (1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5)

T: 3 niveles de temperatura °C de entrada (130°C, 140°C y 150°C)

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: $5 \times 3 \times 3 = 45$

➤ Prueba de Hipótesis

Se aprobará la hipótesis para cada característica fisicoquímica de la siguiente manera:

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en las características fisicoquímicas (pH, acidez, humedad, solubilidad, rendimiento, higroscopicidad, humectabilidad, color) obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en las características fisicoquímicas (pH, acidez, humedad, solubilidad, rendimiento, higroscopicidad, humectabilidad, color) obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Se establecerán los criterios de aceptación o rechazo:

Si el valor “p” del parámetro “F” >0.05 , se acepta Ho.

Si el valor “p” del parámetro “F” <0.05 , se rechaza Ho.

Para determinar la existencia de diferencias significativas de las pruebas fisicoquímicas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0,05%.

Tabla 10
Esquema de diseño completamente al azar.

CLAVES	TRATAMIENTOS	
	Mezcla de agua de coco y mango	Temperatura de entrada de secado
A		T1 (130 °C)
B	M1 (1:1)	T2 (140 °C)
C		T3 (150 °C)
D		T1 (130 °C)
E	M2 (1:2)	T2 (140 °C)
F		T3 (150 °C)
G		T1 (130 °C)
H	M3 (1:3)	T2 (140 °C)
I		T3 (150 °C)
J		T1 (130 °C)
K	M4 (1:4)	T2 (140 °C)
L		T3 (150 °C)
M		T1 (130 °C)
N	M5 (1:5)	T2 (140 °C)
O		T3 (150 °C)

Fuente: elaboración propia

2.5. Análisis estadístico para la evaluación sensorial.

Este análisis se realizó por una prueba de ordenamiento y para analizar los resultados se aplicaron la prueba no paramétrica de Friedman y Test de comparación media LSD con un nivel de significancia del 0,05%.

Se probarán las hipótesis para cada atributo sensorial (color, sabor y olor) de la siguiente manera:

H₀: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en las características sensoriales (color, sabor y olor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

H_a: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en las características sensoriales (color, sabor y olor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Se acepta la hipótesis nula (H_0) si “ p ” > 0.05 .

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicará la prueba de diferencia mínima significativa ($DMSF_{\alpha}$).

$$DMSF_{\alpha} = Q(\alpha, K) \sqrt{\frac{n * k * (k + 1)}{12}}$$

Donde:

$Q(\alpha, K)$ = valor encontrado en la tabla de Tukey con jueces y grado de libertad de tratamientos

n =numero de jueces

k =numero de tratamientos

Tabla 11

Diferencia de los tratamientos (resultado de ponderación de los jueces tabulados de menor a mayor).

Ponderaciones	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
L	A-L= Δ	B-L= Δ	C-L= Δ	D-L= Δ	E-L= Δ	F-L= Δ	G-L= Δ	H-L= Δ	I-L= Δ	J-L= Δ	K-L= Δ	0
K	A-K= Δ	B-K= Δ	C-K= Δ	D-K= Δ	E-K= Δ	F-K= Δ	G-K= Δ	H-K= Δ	I-K= Δ	J-K= Δ	0	0
J	A-J= Δ	B-J= Δ	C-J= Δ	D-J= Δ	E-J= Δ	F-J= Δ	G-J= Δ	H-J= Δ	I-J= Δ	0	0	0
I	A-I= Δ	B-I= Δ	C-I= Δ	D-I= Δ	E-I= Δ	F-I= Δ	G-I= Δ	H-I= Δ	0	0	0	0
H	A-L= Δ	B-L= Δ	C-L= Δ	D-L= Δ	E-L= Δ	F-L= Δ	G-L= Δ	0	0	0	0	0
G	A-G= Δ	B-G= Δ	C-G= Δ	D-G= Δ	E-G= Δ	F-G= Δ	0	0	0	0	0	0
F	A-F= Δ	B-F= Δ	C-F= Δ	D-F= Δ	E-F= Δ	0	0	0	0	0	0	0
E	A-E= Δ	B-E= Δ	C-E= Δ	D-E= Δ	0	0	0	0	0	0	0	0
D	A-D= Δ	B-D= Δ	C-D= Δ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	A-C= Δ	B-C= Δ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	A-B= Δ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Esta prueba cuenta con un parámetro “ $DMSF_{\alpha}$ ”, el cual está regido por un valor “ D ”, que sirve para la toma de decisiones:

Si el valor “ $DMSF_{\alpha}$ ” $> \Delta$, se acepta H_0 .

Si el valor “ $DMSF_{\alpha}$ ” $< \Delta$, se rechaza H_0 .

2.5.1. Sistema de variables.

2.5.1.1. Variables independientes.

- Relación de pulpa de mango con agua de coco (1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5) y % maltodextrina (hasta completar los 25 brix en cada dilución).
- Temperatura de entrada (130°C, 140°C y 150°C).

2.5.1.2. Variables dependientes.

- a) Características físicoquímicas (acidez, pH, color, humedad, solubilidad, higroscopicidad y humectabilidad)
- b) Características sensoriales (sabor, color y olor).

CAPATULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la materia prima

3.1.1. Características biométricas del mango y coco.

En la tabla 12 se detalla las características biométricas del mango y coco (forma, dimensiones, peso, volumen de agua) promedio de 5 muestras (Anexo 6 y 9).

Tabla 12:
Características biométricas del mango y coco.

Características		Mango	Coco
Forma		Ovoide	Ovoide
Dimensiones (cm)	Diámetro mayor	19,692	47,39
	Diámetro menor	10,896	33,824
Peso (g)		299,736	1334,992
Peso de pulpa de mango (g)		205,684	-
Porcentaje de pulpa (%)		68,830	-
Volumen de agua (ml)		-	420,5

Fuente: elaboración propia

Según Forero et al., (2006) Su tamaño varía entre 5-20 cm de longitud y 175.3 ± 30.2 g de peso y Prada, et al., (2015) pesa entre 0,177 a 0,202 Kg y un rendimiento de 67,2%, menciona que los principales residuos del mango es cáscara y pepas, lo que se asemeja a los resultados obtenidos, se recalca que el tamaño y peso del fruto puede variar por los factores climáticos y tipo de suelo.

Según Ramírez (2008), el fruto por lo general demora 12 meses en formarse completamente, teniendo un peso final de aproximadamente 1-1,5 kilos de 20 a 30 cm de diámetro. (Arancon, 1998) afirma que la cantidad de agua que puede ser extraída varía de 133 ml/coco a 524 ml/coco, los datos obtenidos se encuentran dentro de lo mencionado por los autores, al igual que el mango el tamaño y peso de los frutos están ligados a los factores climáticos, tipo de suelo y estación.

3.1.2. Caracterización fisicoquímica del mango y coco

La caracterización fisicoquímica del mango variedad Magdalena river y del coco variedad enano verde se detalla en la tabla 13, resultados obtenidos de 5 mangos y 5 cocos (Anexo 7 y 10).

En la tabla 14, se puede apreciar la composición nutricional del mango magdalena river este fue calculado por el laboratorio “CERPER” (Anexo 8).

Tabla 13

Composición fisicoquímica del mango variedad Magdalena river y del coco variedad enano verde.

Características fisicoquímicas	Mango magdalena river	Coco enano verde
Sólidos solubles (%)	13,818	5,03
Ph	4,442	4,332
Acidez (%p/p) (ac. málico)	0,41	-
Humedad (%p/p)	81,93	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 14

Composición nutricional del mango variedad Magdalena river.

Composición nutricional	Cantidad promedio
*cenizas (g/100g)	0,31 ± 0,10
*vitamina A (UI/100g)	2,156 ± 0,06
*vitamina C (Mg/100g)	35,00 ± 0,09
*proteína (G/100g)*N*6,25	0,48 ± 0,07
*carbohidratos (g/100g)	15 ± 0,09
*energía calórica total (Kcal/100g)	61,00 ± 0,04

Fuente: Informe CERPER, 2017.

Los resultados obtenidos de mango tanto fisicoquímico y nutricional, están por debajo de lo reportado por Mendoza (2015) y se encuentra por encima de lo reportado por Lui et al (2014) y Forero et al., (2006), cuyas variaciones puede deberse a las condiciones edáficas y atmosféricas que fue cultivada la fruta donde diversos investigadores reportan pequeñas diferencias como:

- Mendoza (2015) reporta sólidos solubles $16,00 \pm 0,09$ %, humedad de $82,00 \pm 0,15$ %, vitamina C de $35,00 \pm 0,09$ mg/100 g, pH $4,42 \pm 0,53$ y acidez $0,41 \pm 0,08$ % (p/p) en la variedad magdalena river.
- Prada, et al. (2015) sólidos solubles $14,0 \pm 0,12$ g/100g, pH $4,46 \pm 0,47$ y acidez $0,320$ %(p/p) en la variedad de mango hilacha.
- Liu et al. (2013) reporta contenidos en sólidos solubles $13,4\%$ a $17,9\%$, pH $3,95$ a $5,58$ y acidez $0,14\%$ a $0,76\%$ (p/p), en distintas variedades de mango.
- Forero et al. (2006) reporta valores de sólidos solubles entre 8 y 14 %, pH $3,93 \pm 0,26$ y acidez $0,32 \pm 0,10$ % (p/p).

El termino vitamina C comprende la suma de ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico. Al igual que otras frutas, el contenido en vitamina C en los mangos difiere debido a las variaciones del genotipo, los factores climáticos, las prácticas agrícolas y la fase de maduración, presentándose una gran variación en el contenido de ácido ascórbico que va desde $9,79$ a 186 mg por 100 g de pulpa de mango (Ribeiro y Schieber 2010). Robles-Sánchez et al. (2013) reporta un contenido de vitamina C de 34 mg/100 g en pulpa de mango Kent, valor que está acorde con el obtenido en la presente investigación, aunque por debajo del valor reportado por Moreiras et al. (2001) de 37 mg/100 g.

Los resultados obtenidos del agua de coco con respecto los grados brix se encuentran dentro de lo especificado por Rolle y el pH dentro de lo mencionado por Pérez; se detalla los resultados obtenidos de cada autor, Según Pérez y Aragón (2010), los grados brix $5,9 \pm 0,5$ y pH $4,7 \pm 0,5$ y Rolle (2007) grados brix $5-6,5$ y pH $5-5,4$.

3.2. Caracterización de las diluciones de pulpa de mango y agua de coco (producto antes y después del tamizado).

En la tabla 15 se detallan las características fisicoquímicas de la bebida antes de ser sometida al tamizado, este dato se obtuvo del promedio de tres repeticiones (Anexo 11).

Tabla 15
Caracterización de la formulación de la bebida antes del tamizado (dilución).

Características	Dilución promedio				
	D1	D2	D3	D4	D5
Sólidos solubles (%)	10,5	8,1	7,3	7,1	6,9
Ph	6,5	6,99	7,25	7,39	7,51
Acidez (%P/P)	0,32	0,27	0,23	0,19	0,17

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16 se detallan las características fisicoquímicas de la bebida antes de ser sometida al tamizado, después de los 30 minutos de reposo en una temperatura de 20°C con la enzima pectinasa que fue dicionado en su propio pH a cada dilución basándose en las recomendaciones de Garcia y Chafla (2015), datos obtenidos del promedio de tres repeticiones (Anexo 12).

Tabla 16
Caracterización de la formulación de la bebida después del tamizado (dilución).

Características	Dilución promedio					
	D1	D2	D3	D4	D5	
Sólidos solubles (%)	9,60	7,80	6,70	6,50	6,20	
Ph	6,51	6,98	7,25	7,40	7,52	
Acidez (%p/p)	0,30	0,28	0,23	0,19	0,17	
Color	L *	39,1	37,0	29,2	26,9	20,1
	A *	7,50	6,30	5,90	4,70	4,30
	B *	16,3	32,1	28,6	21,7	22,1
	C *	15,3	26,1	24,0	20,1	20,5
	H *	65,2	78,9	78,34	77,78	78,99

Fuente: elaboración propia

Según Rincon (2007), al adicionar pectinasa se generan cambios en los sólidos solubles teniendo resultados menores en los solidos solubles después de adicionar la enzima, mientras que en el pH y la acidez no existe cambios significativos, en nuestros análisis realizados se obtienen los mismos resultados, también se tiene que considerar los sólidos arrastrados por el tamizado ya que se obtuvo gran cantidad de pulpa después de este proceso, existiendo la posibilidad que la enzima no a reaccionado de forma adecuada.

3.3. Caracterización de las diluciones (producto antes del secado por atomización).

En la tabla 17 se detallan las características fisicoquímicas y el valor nutricional de la bebida antes de ser sometida al secado por atomización, este dato se obtuvo del promedio de tres repeticiones (Anexo 13 y 14).

Tabla 17
Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución).

Características fisicoquímicas y valor nutricional	RESULTADOS POR DILUCIÓN					
	D1	D2	D3	D4	D5	
Pulpa de mango (kg)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
% pulpa de mango	50	33,33	25	20	16,67	
Agua de coco (lt)	4,5	9,0	13,5	18	22,5	
% agua de coco	50	66,67	75	80	83,33	
Ph	6,65	7,38	7,46	7,49	7,76	
Acidez (%P/P)	0,3	0,156	0,144	0,138	0,12	
Adición de maltodextrina (gr) a 9 lt por dilución	558	578	591	605	675	
Adición de Pectinasa (gr)	0,8210	0,8012	0,8198	0,8124	0,8036	
Adición de estevia (gr)	0,5544	0,5734	0,5544	0,4798	0,4680	
Sólidos solubles (%) después de la adición de maltodextrina	25,1	24,8	25	24,9	24,7	
Porcentaje de maltodextrina (%)	23,25	23,81	24,17	25,18	25,45	
Humedad (%)	74,9	76,1	74,98	75,2	76,5	
**cenizas (g/100g)	0,41 ± 0,10	0,39 ± 0,10	0,36 ± 0,10	0,32 ± 0,10	0,30 ± 0,10	
**vitamina A (UI/100g)	0,951 ± 0,06	0,931 ± 0,06	0,851 ± 0,06	0,821 ± 0,06	0,801 ± 0,06	
**vitamina C (Mg/100g)	36,00 ± 0,09	33,00 ± 0,09	30,00 ± 0,09	28,00 ± 0,09	25,00 ± 0,09	
**proteína (G/100g)*N*6,25	0,49± 0,07	0,46± 0,07	0,41± 0,07	0,39± 0,07	0,31± 0,07	
**carbohidratos (g/100g)	23 ± 0,09	20 ± 0,09	19 ± 0,09	16 ± 0,09	13 ± 0,09	
**energía calórica total (Kcal/100g)	78,00 ± 0,04	74,00 ± 0,04	68,00 ± 0,04	62,00 ± 0,04	56,00 ± 0,04	
Color	L *	42,7	31,7	41,3	43,0	46,3
	a*	7,0	5,8	5,2	4,3	3,8
	b*	15,7	29,4	27,6	20,5	21,4
	C*	17,2	30,0	28,1	21,0	21,8
	h*	65,9	78,8	79,4	78,2	80,0

Fuente: elaboración propia y **CERPER

Silva, et al. (2008) reportó una bebida a base de agua de coco con jugo de acerola (entre 20% a 30% de fruta) con un pH de (3,415), acidez titularle de 0,463 (%P/P) y solidos solubles de 10% a 12%, según el análisis de Carvalho, et al. (2005) de una

bebida a base de agua de coco con cajuína (jugo de marañón o casho) en una solución de 25% de fruta y 85% de agua de coco reporta un pH de acidez de 0,241(%P/P) y sólidos solubles de 10% a 14%, mientras Brito, et al (2004). reporta un pH de 3,0 a 3,2 de una bebida de agua de coco y jugo de maracuyá (20% de fruta y 80% de agua de coco), los resultados en dichos trabajos presentan diferencias a lo encontrada en esta investigación, debido la influencia del tipo de fruta, el proceso de elaboración en las diluciones preparadas y tipo de ácido presente en cada fruta, también es muy diferente a los sólidos solubles después de la adición de la maltodextrina esta adición es necesaria ya que en los procesos de deshidratación mediante secado por aspersión se requiere el uso de elevados porcentajes de maltodextrina (MD) para que actúe como agente encapsulante favoreciendo la protección de los nutrientes del producto y evitar además la adhesión de las partículas sólidas a las paredes de la cámara de secado.

Al analizar la diferencia de color antes y después de adicionar maltodextrina se tiene una variación de color total de ($\Delta E = 5,19$) y una diferencia promedio de luminosidad de ($\Delta L^* = 10,55$), investigadores como Caprino et al. 2012, Ahmed et al., 2010 observaron los mas altos valores de L^* , al adicionar maltodextrina en la obtención de polvos de mango y batata morada mediante el secado en spray respectivamente, a este fenómeno lo explica Mendoza 2015, la maltodextrina es un polímero blanco que al mezclarse con los jugos de frutas hace que los colores se vuelvan opacos es por ello que se tienen diferencia.

En la Figura 14 se puede observar que a mayor cantidad de maltodextrina mayores son los resultados de la luminosidad, cuan mayor es la luminosidad significa que se asemeja mas al color blanco lo que sucede al adicionar maltodextina, debido a su color blanco.

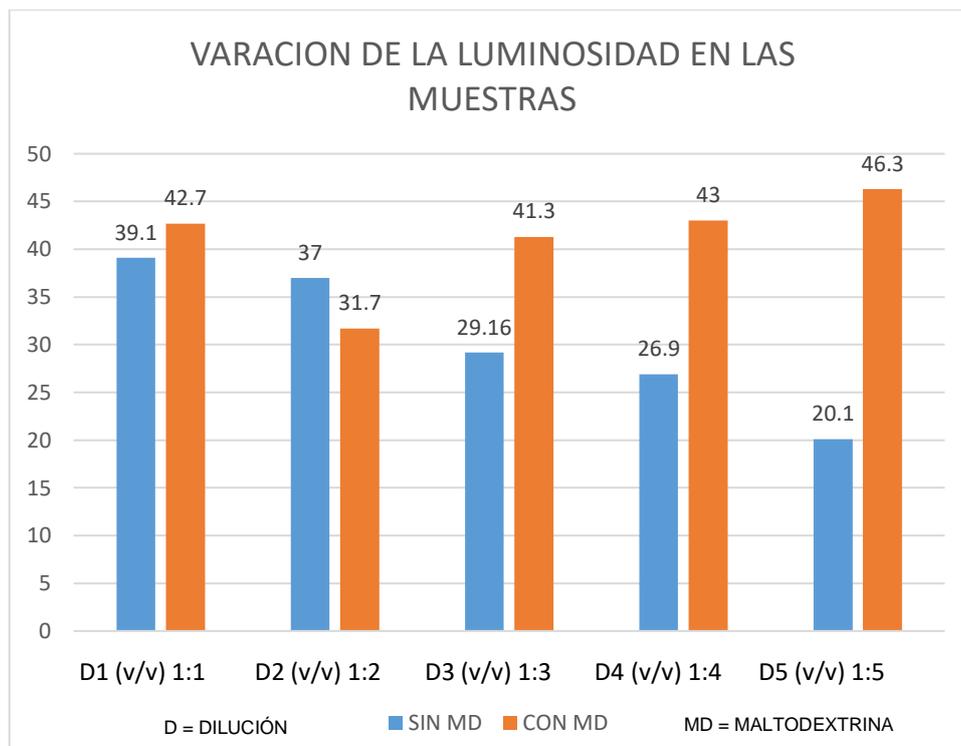


Figura 14: Comportamiento de la luminosidad al adicionar maltodextrina.

3.4. Caracterización del producto después del secado por atomización.

En la tabla 18 se detallan los promedios de los resultados de las características fisicoquímicas del producto después de ser sometida al secado por atomización (Anexo 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27 y 29).

Tabla 18

Caracterización fisicoquímica de la bebida atomizada.

TRATAMIENTOS			PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS											
Dilución	Tempera de entrada (°C)	Tempera de salida (°C)	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Solubilidad (%)	Rendimiento (%)	Higroscopicidad (%)	Humectabilidad (ts)	Color				
										L *	a*	b*	C*	h*
D1	130	75	7,08	0,299	8,36±0,02	74,23	20,08	17,24	12,68	34,2	5,4	28,0	27,4	80,9
	140	75	7,20	0,363	7,65±0,05	73,61	28,35	16,17	10,8	34,6	5,3	27,6	27,1	76,9
	150	75	6,65	0,276	6,87±0,09	82,15	40,15	14,85	10,52	32,1	4,9	26,4	26,8	79,8
D2	130	75	7,20	0,243	6,33±0,01	81,55	24,90	15,97	9,10	36,3	4,5	26,6	26,1	80,8
	140	75	7,24	0,12	5,38±0,05	90,14	23,15	15,57	10,17	38,8	3,1	25,0	25,2	82,9
	150	75	7,28	0,126	5,83±0,05	92,14	30,78	13,06	13,25	29,9	4,6	25,6	26,0	79,8
D3	130	75	6,76	0,132	6,012±0,1	90,14	27,20	15,29	7,09	42,1	2,1	21,2	19,4	82,7
	140	75	6,69	0,126	4,35±0,05	91,89	32,32	13,28	8,82	34,5	1,6	18,5	18,5	85,1
	150	75	7,37	0,132	5,40±0,05	93,12	45,76	12,79	9,75	31,3	1,3	19,3	24,9	80,5
D4	130	75	6,68	0,138	5,95±0,1	91,12	26,76	14,02	9,36	38,2	-0,9	21,2	21,2	90,9
	140	75	6,81	0,162	5,93±0,08	93,65	30,44	13,05	9,60	39,3	2,9	20,0	20,2	81,7
	150	75	6,98	0,15	3,38±0,09	91,25	64,05	12,98	14,57	43,5	4,0	20,8	21,2	79,1
D5	130	75	7,01	0,12	4,70±0,09	92,16	30,29	13,96	12,74	39,5	1,1	20,2	20,7	81,7
	140	75	6,98	0,126	5,05±0,1	96,25	41,85	13,07	14,84	42,8	2,6	20,7	20,9	82,8
	150	75	7,4	0,114	4,34±0,09	94,25	82,20	12,91	12,29	45,4	3,1	21,7	21,9	81,9
Promedio			7.01	0.176	5,70±0.07	88.51	36.62	14.282	11.04	37.51	3.06	22.93	23.2	81.7

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Evaluación de pH y acidez.

Al comparar los resultados de la tabla 17 y 18 observamos variaciones leves en los parámetros analizados (pH y acidez) se evidencia mayor conservación del pH y acidez en las diluciones con mayor porcentajes de malto dextrina, debido a que encapsula y protege de los daños que puedan causar la exposición a las altas temperaturas, esto lo se constata con las investigaciones realizadas por Sotomayor (2000) que reportó comportamiento similares al utilizar dextrina para el liofilizar de pulpa de camu-camu. Aldhikari et al., (2004) menciona que la maltodextrina demostró ser muy buen encapsulante para los azúcares y ácidos orgánicos de bajo peso molecular, Alvares y Velis 2015, en la obtención de betaninas de beterraga señalan que el efecto de la temperatura de secado nos da diferentes valores de acidez sobre el polvo atomizado encontrando un mayor valor a 130°C, seguido de 140° C y sigue bajando a 150°C, el mismo comportamiento evidencian con respecto al porcentaje de maltodextrina encuentran un mayor valor a 10%, seguido de 15% y esta disminuye a medida que se aumenta el % de maltodextrina.

Según el análisis estadístico se concluye que no se tiene diferencia significativa en los tratamientos ni en la mezcla con respecto al pH, siembargo se tiene diferencia significativa en las mezclas (dilución uno presenta diferencia significativa) con respecto a la acidez más no en el tratamiento, esta diferencia en la acidez en las mezclas se debe por la cantidad de pulpa de mango en las diluciones y la cantidad de matodextrina añadida (Anexo 16 y 18).

3.4.2. Evaluación de la humedad.

La humedad presentó diferencia ente los datos del producto antes de atomizar como se observa en la tabla 17 y 18, estas variaciones o diferencias son racionales debido a la eliminación de gran parte del contenido de agua en el producto. Es así como se evidencia que el contenido de humedad pasó de un promedio de 75,536% a un promedio de $5,70 \pm 0.07\%$ en el producto en polvo; con respecto a los tratamientos de temperatura de entrada para el secado estadísticamente no se evidencia diferencia significativa (Anexo 20), siembargo en las mezclas si se evidencia diferencia significativa presentando mayor

humedad (7,63%), Mendosa (2015), en sus análisis realizados en la bebida de pulpa de mango y lactosuero menciona que obtiene mayor humedad en las diluciones con mayor cantidad de pulpa de mango y deduce que se puede deber a la mayor cantidad de azúcares pertenecientes de la pulpa de fruta y menor contenido de maltodextrina presentes en la mezcla uno, los mismo resultados que se evidencian en esta investigación.

Se observa que la humedad del producto en polvo disminuye a medida que aumenta la maltodextrina donde se evidencia la variación de 7,63% a 5,71%, los resultados obtenidos son avalados por los siguientes autores:

- Mishra et al. (2013), que reporta el incremento en la concentración de maltodextrina disminuye significativamente la humedad del producto en polvo obtenido a partir de jugo de grosella de amla (5,6% a 3,8% con valores de 5 a 9% de maltodextrina),
- Abadio et al., (2004) concluye que la adición de maltodextrina a la alimentación antes del secado, aumenta el contenido de sólidos totales y reduce la cantidad de agua disponible para la evaporación.
- Efectos similares fueron reportados por Krishnaiah et al. (2012), Fang y Bhandari (2012), Bustos-Garza et al. (2013) y Pang et al. (2014).

También se debe hacer mención que las diluciones contienen 50% a 16.67% de pulpa de fruta, esto puede generar contenidos mas altos de humedad en las primeras muestras debido a que contienen mayor cantidad de azúcares, Boonyai et al., (2004) hace mención que el alto contenido en azúcares de bajo peso molecular y ácidos orgánicos disminuye la temperatura de transición vítrea (Tg) por debajo de la temperatura de preparación del producto (Tp), fenómeno que hace que se genere pegajosidad y unión entre partículas, generando encapsulación a una cierta cantidad de agua, por ello recomienda utilizar encapsulantes para evitar este problema (Anexo 46).

En cuanto a la temperatura de entrada del producto se observa una variación de 6,28% a 5,16% (ver tabla 18), cuando se aumentó las temperaturas de entrada de 130°C a 150°C lo que explican:

- Mendoza (2015), durante el aumento de temperatura se incrementa las tasas de transferencia de masa y de calor, esto hace que se elimine mayor cantidad de humedad.
- Caliskan y Dirim (2013) reportaron resultados consistentes, en donde el aumento en las temperaturas de entrada y salida, disminuía el contenido de humedad del producto debido a que la alta temperatura de operación conllevaba a elevados valores de transferencia de calor.
- Krishnaiah et al. (2012) también encontró que para el polvo del extracto de *Morinda citrifolia* obtenido mediante secado por aspersión, la humedad disminuía con el aumento en las temperaturas de entrada y salida del proceso, atribuyendo esto igualmente a unas mayores tasas de transferencia de calor, proporcionando así una mayor fuerza impulsora para la evaporación de la humedad.
- Resultados similares fueron descritos por Quek et al. (2007); Kha et al. (2010); Jiménez-Aguilar et al. (2011); Fazaeli et al. (2012); Solval et al. (2012); Sahin-Nadeem et al. (2013); Igual et al. (2014).

El efecto del aumento de temperatura y maltodextrina también se evidenció durante el proceso de obtención de guayaba en polvo mediante secado por aspersión Patil et al. (2014) encontró que el aumento de la temperatura de entrada y la concentración de maltodextrina, disminuían significativamente la humedad del producto obtenido.

3.4.3. Evaluación de la solubilidad.

La solubilidad con respecto a las mezclas presenta una diferencia en la mezcla cinco significativa (Anexo 22), la solubilidad del producto aumentó en la medida que se incrementaba la concentración de maltodextrina esto es posible que se deba a que la maltodextrina tiene alta solubilidad, el producto en polvo al tener mayor cantidad de maltodextrina será más soluble; esta afirmación es explicado por (López et al., 2008), este oligosacárido es de alta solubilidad, por su gran número de grupos OH los cuales le permiten formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, hidratándose y formando moléculas esféricas al mezclarse.

Gombas et al., (2003) y Yu, (2001) afirman que los valores un poco mayores de la solubilidad en polvos secados por aspersion podrían ser un indicador de un mayor contenido de maltodextrina y menor cantidad de fibra no soluble que en los polvos obtenidos por otros sistemas de secado o a un mayor grado de superficies amorfas pues los solidos amorfos tienen una mayor solubilidad y velocidad de disolución, esto es similar lo que ocurre en el resultado obtenida ya que la muestra cinco tiene menos pulpa de mando por lo tanto menor fibra no soluble a diferencia de las demás diluciones.

Con respecto al factor temperatura de entrada de aire no se evidencia diferencia significativa (Anexo 22) sin embargo, se obtuvo un aumento de 85,84% con una temperatura de entrada 130°C aumenta a 90,58% con una temperatura de entrada 150°C, este fenómeno lo explica Mendoza (2015) a una elevada temperatura de entrada del aire (150°C) propicia la pérdida de humedad y por ende puede darse una rápida formación de la capa externa de las partículas; mayores temperaturas en la superficie de la partícula incrementan a tasa evaporativa, reduciendo la humedad, quedando los puntos activos (proteínas, maltodextrina u otros) de la superficie más expuestos para la solvatación, pudiendo mejorar la solubilidad, los resultados obtenidos por Mendoza fueron a elevadas temperaturas de entrada (150°C) alcanzó la máxima solubilidad (96,062%).

Mujumdar (2006), recalca que son muchos los factores que afectan la solubilidad, tales como las condiciones de procesamiento, la composición, pH, densidad y tamaño de partícula; sin embargo, un aumento no controlado de la temperatura de proceso puede provocar el aumento en la desnaturalización de proteínas, lo que disminuye su solubilidad. Fazaeli et al. (2012) reportó consecuentemente que el incremento en la temperatura de entrada durante el secado por aspersion del jugo de mora negra, aumentaba la solubilidad de estos.

3.4.4. Evaluación del rendimiento.

Los rendimientos del producto se observan en la tabla 18, esta característica presentó diferencia significativa según los resultados estadísticos para las distintas mezclas (Anexo 24) y para el tratamiento de secado (temperaturas de entrada). Se evidencia que en la medida que aumenta la

cantidad de maltodextrina, la temperatura de entrada, incrementa el rendimiento del producto.

Al analizar los resultados obtenidos tenemos que a un porcentaje de malto dextrina de 23,25% se obtiene un rendimiento de 29,53% en la mezcla uno, sin embargo al incrementar a 25,45% se logra incrementar el rendimiento a 51,45% en la mezcla cinco, los resultados concuerdan con lo evidenciado por Peng et al. (2013) que el aumento en la concentración de maltodextrina de un 20% a 30%, incrementaba significativamente el rendimiento de la harina de batata morada, para posteriormente no presentar diferencia significativa cuando se empleaba a una concentración del 40% como agente encapsulante. Los mismos resultados describe Fazaeli et al. (2012), Fang y Bhandari (2012), Sahim et al. (2013) y Bustos-Garza et al. (2013). Por su parte, Caliskan y Dirim (2013) reportaron que al aumentar la concentración de maltodextrina en el proceso de secado, aumenta el rendimiento del producto debido a que la maltodextrina previene la adhesión de las partículas a las paredes del secador. Pero, además, que un aumento en la cantidad de agente encapsulante después de un cierto intervalo no es eficaz en los rendimientos, pero aumenta el costo del proceso. Los resultados obtenidos por Mendoza (2015) son similares la cantidad de malto dextrina al pasar de 20% a 30%, incrementa el rendimiento del producto de un 59,33% a 69,41%; también, Fang y Bhandari (2012) evidenció que el aumento en la concentración de maltodextrina por encima de un 30% no tiene efecto significativo en el incremento del rendimiento del producto obtenido, considerando esta concentración como la cantidad necesaria para un proceso de secado exitoso de zumo de baya.

Las dilución cinco tiene mayor cantidad de maltodextrina (25,45%) y menor cantidad de pulpa (16,67%), por lo tanto esta dilución presenta mayor rendimiento (51,45%), los resultados se justifican con las expresiones de Adhikari et al., (2004) donde señala que la maltodextrina alteran la superficie pegajosa de los azúcares de bajo peso molecular (glucosa, sacarosa y fructosa) y ácidos orgánicos (ácido cítrico, málico y tartárico), elevando su temperatura de transición vítrea (T_g), por lo tanto, reducen la pegajosidad del producto facilitando el secado por atomización. Cai Y., Corke (2000), indican que el incremento de la viscosidad en la alimentación puede originar más sólidos para

pegarse en las paredes de la cámara de secado. Además, los altos contenidos de sólidos en la mezcla, proporcionan un alto contenido de sólidos disponibles, originando así que se peguen al estar en contacto con la pared de cámara de secado, esta afirmación se pudo evidenciar durante el secado de la dilución 1:1 con 23,25% de maltodextrina, donde se observó y se tuvo problemas con apelmazamiento y pegado en las paredes de la cámara de secado (Anexo 46).

Con respecto a las temperaturas de entrada, se evidencia que al aumentar las temperaturas de entrada (130°C a 150°C) se obtiene un aumento de 28,85% a 52,79%, este efecto se debe que se disminuye la humedad de las partículas, evitando que estas se adhieran a las paredes de la cámara de secado, favoreciendo el rendimiento del proceso, los resultados del presente trabajo de investigación son similares a lo reportado por Fazaeli et al. (2012) y Tonon et al. (2008) sobre el rendimiento del producto obtenido al aumentar la temperatura de entrada del aire, atribuyendo esto a una mayor eficiencia en la transferencia de masa y de calor y a la disminución de la probabilidad de que las partículas golpeen las paredes de la cámara de secado cuando se utilizan temperaturas de entrada elevadas.

3.4.5. Evaluación de la higroscopicidad.

La variación en la higroscopicidad tiene una diferencia significativa (Anexo 26) con respecto a las mezclas esto se debe por la diferencia en el contenido de maltodextrina, observándose que a medida que disminuye la pulpa de mango en las diluciones se añade más concentración de maltodextrina en las diluciones para lograr los 25 brix. Con un 23,5% de maltodextrina, se obtiene 16,09% de higroscopicidad y con una concentración de 25,45% de maltodextrina se tiene una higroscopicidad de 13,31%, estos resultados son favorables para la conservación del producto ya que, a menor higroscopicidad, se tiene menor capacidad de absorción de humedad. Mendoza (2015) hace mención durante la obtención de polvo de mango con lactosuero obtiene elevados valores (16,830%) con 20% de maltodextrina y bajos niveles de ésta a una concentración de 30% de maltodextrina (11,575%). Igual et al. (2014) también encontró que la

higroscopicidad del polvo de lulo disminuía con el aumento en la concentración tanto de maltodextrina como de goma arábiga. Resultados similares fueron reportados por Tonon et al. (2008); Moreira et al. (2009), debido a que las diluciones con menos contenido de pulpa de fruta, menor contenido de azúcares y mayor contenido de maltodextrina por ello las muestra cinco tiene menor higroscopicidad este fenómeno lo explica Sapper et al., (2015) en su investigación “medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo” los valores de higroscopicidad son mas altos en las formulaciones con mayor pulpa de fruta (mayor presencia de azúcares), estos resultados similares reportaron Cai, Y; Corke (2000) y Bhusari et al. (2014), en muestras atomizadas de betacianina de *Amaranthus* y pulpa de tamarindo respectivamente.

Los factores de temperatura de entrada no presenta diferencia significativa estadísticamente (Anexo 26), siembargo disminuye la higroscopicidad del producto obtenido, alcanzando un valor de 15,30% para el tratamiento a 130°C de temperatura de entrada este valor disminuye a 13,32% al aumentar la temperatura de entrada a 150°C, los resultados obtenidos son semejantes a los que reporta Mendoza (2015), que en la medida que aumenta la temperatura de entrada y la temperatura de salida, disminuye la higroscopicidad del producto en polvo de mango y lacto suero, alcanzando un valor de 11,93% para el tratamiento a 150°C de temperatura de entrada y 74°C en la temperatura de salida

De los resultados obtenidos se tiene que a mayor cantidad de maltodextrina, menor cantidad de pulpa de mango y temperatura de entrada se obtiene mejores resultados, lo mismo hace mención Mishra et al. (2013) reportó que la concentración de maltodextrina y la temperatura de entrada, tenían un efecto significativo en la higroscopicidad del polvo de amla, la cual disminuyó tanto con el aumento en la concentración de maltodextrina empleada para la encapsulación, como con el aumento en la temperatura de entrada del proceso. Este mismo comportamiento fue reportado por Igual et al. (2014). Sin embargo, en contraposición Tonon et al. (2008) encontró que los valores más bajos en la higroscopicidad del producto se obtenían en la medida que se disminuían las temperaturas del proceso; ante lo cual Mishra et al. (2013) atribuyó el aumento en la higroscopicidad del producto obtenido a altas temperaturas, a un elevado

contenido en carbohidratos en la fruta de amla, lo que se asemeja a los resultados de las diluciones 1 y 2 que tienen menos porcentaje de malto dextrina pero mayor contenido de pulpa de mango.

3.4.6. Evaluación de la humectabilidad

Durante el proceso de humectación, hubo una fracción de partículas que no se sumergió y formaba unas láminas gelatinosas que permanecieron en la superficie. Al pesar esta película se obtiene que representa a menor a 1.5% del peso de la muestra, al realizar la adición maltodextrina a las diluciones también se observa comportamiento similar que con la agitación constante se disuelve por completo, por lo tanto se puede asumir que el problema que se presenta puede ser por la naturaleza de la maltodextrina, según los análisis estadísticos existe diferencia significativa (Anexo 28) la dilución cinco la que contiene mayor cantidad de maltodextrina (25,45%) presentando mayor tiempo de humectación. (Kim et al., 2002), encontraron comportamiento similar con la leche en polvo entera y descremada, y largos tiempos de humectabilidad (superiores a 15min), sugiriendo que el fenómeno se debe a la presencia de proteínas en la superficie, lo mismo hace mención Ceballos, 2008 en el análisis de polvo de guanábana que asume que la superficie que se forma es por parte de la fibra no soluble de la guanábana, el tiempo de humectabilidad del polvo atomizado también puede ser afectado por la naturaleza fina de las partículas del producto por ello la relación de área/masa es mucho mayor, esta condición puede que favorezca a la formación de grumos durante la humectación, formando de esta forma la capa superficial que se menciona, si embargo en contra posición se puede mencionar a Chegini et al., 2008, que obtuvieron tamaños de partículas de 28.09 micrómetros y una humectabilidad de 32.93 segundos para el polvo de jugo de naranja secado por aspersión, Barbosa-Cánovas et al., 2005, indican menores tiempos de humectabilidad (variaciones entre 120 y 4 segundos) con tamaños de partículas menores en leche en polvo secada por atomización.

3.4.7. Evaluación del color

En la tabla 18 se observa el resultado de los parámetros L^* , a^* , b^* , c^* y h^* en función de los factores de estudio, al comparar con los resultados obtenidos de la tabla 17 (resultados del producto antes de atomizar) los parámetros disminuyeron, se puede asumir por el aumento de la temperatura del aire de entrada esta podría afectar pigmentos propios del mango, lo que explicaría la diferencia del producto antes y después de salir del tratamiento de atomizado, para tener datos exactos de las diferencias se utiliza la ecuación de Hunter-Scottiel (Lui et al., 2014), donde se obtiene mayor diferencia en el color en la dilución tres con una temperatura de entrada 150°C y 130°C , con la ecuación se calcula una diferencia de color de ($E \Delta=4,71$).

La luminosidad (L^*) de la muestra presentó diferencia significativa (Anexo 30) en cuanto a las mezclas, a la medida que disminuye la concentración de pulpa, la luminosidad del producto aumenta, variando de 33,65 a 42,58. La adición de la maltodextrina para llegar a los 25 brix requeridos hace que cada dilución tenga diferente concentración de maltodextrina, este es un polímero de color blanco por lo que al estar en mayor concentración en un producto aumenta el valor de L^* . Caliskan y Dirim (2013) reportaron que el aumento tanto en la concentración de maltodextrina como en las temperaturas de entrada (L^*) del polvo de zumaque. Peng et al. (2013) encontró que la luminosidad del polvo de batata se incrementa significativamente con el aumento en la concentración de maltodextrina durante el proceso de secado por atomización. En cuanto a temperatura de secado se evidencia diferencia significativa estadísticamente, pero se puede observar que a medida que se aumenta la temperatura el valor de L^* baja de 38,07 a 36,45 lo mismo reporta Misra et al. (2013) al analizar el polvo de amla obtenido mediante secado por atomización, encontró que su luminosidad se veía significativamente afectada, aumentando la temperatura para una misma concentración de maltodextrina, en la medida que se incrementaba la temperatura de entrada del proceso. Resultados consistentes fueron reportados por Ahmed et al. (2010) y Jiménez, et al. (2011). sin embargo, en contraposición se encontró que el aumento en la temperatura de proceso, disminuía el valor de L^* , lo cual lo atribuyó a reacciones de pardeamiento no enzimático durante el secado por pulverización.

Los resultados obtenidos en esta investigación presentan diferencia significativa con respecto a los rojo/verde (a^*) (Anexo 31), las 5 mezclas tienen diferente cantidad de jugo de fruta que aumenta la concentración de maltodextrina disminuye el a^* de 5,19 a 3,06 obteniendo mejores resultados en la muestra número uno, lo mismo se reportó Sahin-Nadeem et al. (2013) que el incremento en la concentración del material encapsulante, disminuía los valores de a^* , Según Caliskan y Dirim (2013) encontraron que cuando se aumenta la concentración de maltodextrina en el jugo de zumaque y las temperaturas de entrada, los valores de a^* decrece significativamente.

El valor amarillo/azul (b^*) presenta diferencia significativa (Anexo 32), donde en la medida que aumentan la concentración de maltodextrina disminuye el b^* . Este comportamiento se puede deber a una disminución en proporción de pulpa de mango al aumento la concentración de maltodextrina, lo que conlleva a una disminución en la cantidad de pigmentos (carotenos) presentes en el producto. Al aumentar la maltodextrina de 23,25% a 25,45%, el valor de b^* varía de 27,35 a 22,93 mientras que al incrementar el temperatura de entrada, de 130°C a 150°C, el valor de b^* disminuye de 23,47 a 22,77, lo que se explica a altas temperaturas de entrada (150°C) podrían tener un efecto degradativo sobre los pigmentos, razón por la cual disminuye el valor de b^* . La estructura química de los carotenoides es muy susceptible a la destrucción por el calor y a la oxidación; además, puede experimentar una isomerización durante el procesamiento térmico (Damodaran et al. 2008). Grabowski et al. (2008) reportan similarmente un decrecimiento significativo en el contenido de beta-carotenos en el polvo de batata obtenido mediante secado por aspersión, causado por la isomerización de la molécula. Mendoza (2015) concluye que los carotenoides son fácilmente isomerizados por el calor, los ácidos y la luz, en general, los carotenoides presentan una configuración trans y cuando son sometidos al calentamiento, la molécula se puede transformar a su configuración cis, típicamente en la posición 9, 13 y 15 de los átomos de carbono. Además, los procesos de deshidratación pueden contribuir a la degradación oxidativa debido a la exposición al oxígeno y un aumento en la relación masa: superficie (Von Elbe y Wathesen 1996); aclarando, que dependiendo del tratamiento térmico, la configuración trans de los beta-carotenos es más propensa a la isomerización que a la degradación

(Chandler y Schwartz 1998). Resultados consistentes son reportados por Candela-Cadillo et al. (2005); Solval et al. (2012).

Peng et al. (2013) reportaron que el valor C^* era significativamente más bajos con la adición del agente encapsulante, que sin éste. Similarmente, Quek et al. (2007) Evidenció que la adición de maltodextrina en un 10% al jugo de sandía, disminuía el atractivo color rojo – naranja del producto en polvo obtenido por aspersión; esta afirmación es similar a los resultados obtenidos para el valor de C^* ; en la investigación se evidencia que medida que aumentan la concentración de maltodextrina (23,25% a 25,45%) el valor de C^* disminuye de 27,11 a 21,17 lo cual se debe a que la adición de maltodextrina reduce la intensidad del color por su naturaleza de color blanca y espesa; lo mismo concluye Caliskan y Dirim (2013) reportaron que el aumento en la concentración de maltodextrina, las temperaturas de entrada y salida del proceso de secado, disminuía el valor de C^* . Un efecto contrario se observa que a la medida que aumenta la temperatura de entrada (130°C a 150°C), el parámetro C^* aumenta de 22,94 a 24,18, el valor del chroma presenta diferencia significativa (Anexo 33).

Según el análisis estadístico, existe diferencia significativa en el tono o matriz (H) (Anexo 34); se evidencia que medida que aumentan la concentración de maltodextrina (23,25% a 25,45%) el tono h^* aumenta de 79,20° a 82,14°. Esto explica Mendoza (2015) debido a la disminución del b^* al aumentar la concentración de maltodextrina, ya que el b^* es el cociente por lo tanto es inversamente proporcional a h^* . Por otro lado, el parámetro h^* disminuye al incrementarse la temperatura de proceso (130°C a 150°C) de 83,43° a 80,24°. Las altas temperaturas de entrada del aire caliente tienen un efecto degradativo sobre la pigmentación del producto, lo que hace que disminuya b^* aumentando el ángulo. Similarmente, Misra et al. (2013) encontró que el incremento en la temperatura de entrada del proceso originaba el aumento en la pérdida del enrojecimiento de las muestras, resultando bajos valores de a^*/b^* y elevados valores del ángulo tono, debido probablemente a una rápida oxidación de los pigmentos. Congruentemente, Misra et al. (2013) reportó que en general, todos

los atributos de color del polvo de amla fueron significativamente afectados por la maltodextrina y la temperatura de entrada del proceso.

3.5. Evaluación sensorial (sabor, color y olor) de la bebida instantánea atomizada de mango y agua de coco edulcorado con estevia

Los resultados de la prueba de ordenamiento se analizaron mediante la prueba no paramétricas de Friedman y Test de comparación de media LSD (Diferencia Media Significativa con un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$)).

En el tabla 19, 20 y 21 se presentan los resultados obtenidos en la valoración sensorial de los productos rehidratados; la calificación de 15 corresponde al tratamiento de mayor preferencia (Anexo 35, 36, 37, 38 y 48).

Tabla 19
Prueba de preferencia del sabor.

Jueces / tratamientos	Mango : agua de coco (v : v) 1 : 1			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 2			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 3			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 4			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 5		
	130°C	140°C	150°C												
	Cod: 202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	11	10	9	6	12	14	15	13	7	8	5	3	2	1	4
2	8	7	10	12	11	15	13	14	9	5	3	1	4	6	2
3	6	5	8	12	10	13	14	15	9	4	11	2	1	3	7
4	10	8	7	11	12	14	13	15	6	5	3	4	1	9	2
5	8	9	11	6	14	13	10	14	12	4	3	5	1	2	7
6	12	9	11	8	15	10	14	13	1	3	5	2	4	6	7
7	11	15	12	9	7	10	13	14	8	5	4	3	1	2	6
8	12	10	6	8	9	11	15	14	13	4	2	3	1	7	5
9	10	8	9	11	13	15	14	12	7	4	6	5	2	1	3
10	9	10	7	11	8	13	15	14	12	6	3	2	4	1	5
Total	97	91	90	94	111	128	136	*138	84	48	45	30	21	38	48

Fuente: elaboración propia

Tabla 20
Prueba de preferencia del color.

Jueces / tratamientos	Mango : agua de coco (v : v) 1 : 1			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 2			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 3			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 4			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 5		
	130°C	140°C	150°C												
	Cod: 202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	13	14	15	11	7	6	9	12	5	10	2	8	4	1	3
2	14	15	13	12	5	8	4	2	3	7	10	9	11	6	1
3	15	12	13	14	10	11	9	7	8	4	2	6	5	3	1
4	15	13	14	7	11	8	9	10	12	2	1	5	3	6	4
5	15	14	11	13	10	9	7	8	12	4	5	6	2	3	1
6	14	15	13	10	11	12	8	9	7	4	3	5	1	6	2
7	15	13	14	8	10	11	9	6	12	7	4	5	3	1	2
8	14	15	13	11	9	10	12	8	7	5	6	1	3	2	4
9	15	14	13	10	12	9	7	11	8	6	4	5	3	2	1
10	14	13	15	11	10	8	9	12	7	6	5	4	2	3	1
Total	*144	138	134	107	95	92	83	85	81	55	42	54	37	33	20

Fuente: elaboración propia

Tabla 21
Prueba de preferencia del olor.

Jueces / tratamientos	Mango : agua de coco (v : v) 1 : 1			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 2			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 3			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 4			Mango : agua de coco (v : v) 1 : 5		
	130°C	140°C	150°C												
	Cod: 202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	4	12	9	11	10	13	15	14	5	8	6	7	1	3	2
2	12	10	8	9	11	14	13	15	7	5	6	4	1	2	3
3	11	9	10	8	13	14	12	15	6	7	4	3	2	1	5
4	9	6	7	5	1	12	10	11	8	3	4	2	14	13	15
5	7	5	6	14	9	13	12	15	3	1	2	4	8	11	10
6	4	6	5	11	10	12	15	13	14	3	1	8	2	9	7
7	11	8	6	9	15	13	12	14	10	5	7	2	3	4	1
8	14	9	15	8	11	10	13	12	7	6	4	5	1	2	3
9	7	10	9	11	14	13	12	15	8	6	5	3	4	1	2
10	6	5	13	8	9	12	14	15	11	10	7	1	3	2	4
Total	85	80	88	94	103	126	128	*139	79	54	46	39	39	48	52

Fuente: elaboración propia

El análisis de Friedman, determinó que la bebida de mayor aceptabilidad con respecto al sabor es la mezcla tres (1:3) y atomizado a una temperatura de entrada de 140°C y salida de 75°C a un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$), se toma en cuenta las observaciones realizadas por los jueces semi-entrenados, que las diluciones de 1:1 y 1:2 tenía mucho sabor a mango y no se sentía el sabor de agua de coco, lo contrario ocurre en las diluciones 1:4 y 1:5 que el sabor es muy insípido, esto se debe por la baja cantidad de mango que contiene.

El análisis de Friedman, determinó la bebida de mayor aceptabilidad en cuanto al color es la mezcla numero uno (1:1) y atomizado a una temperatura de entrada de 130°C y salida de 75°C a un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$), se toma en cuenta las observaciones realizadas por los jueces semi-entrenados, que las demás muestras tienen menos color, esto se debe al efecto de la temperatura de entrada, cantidad de pulpa de mango y maltodextrina.

El análisis de Friedman, determinó que la bebida de mayor aceptabilidad con respecto al olor es la mezcla tres (1:3) con 24,17% de maltodextrina y atomizado a una temperatura de entrada de 140°C y salida de 75°C a un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$), se toma en cuenta las observaciones realizadas por los jueces semi-entrenados, que las diluciones de 1:1 y 1:2 tenía un olor muy fuerte y dulce y empalagoso a mango, lo contrario ocurre en las diluciones 1:4 y 1:5 que el olor no se podía distinguir, esto se debe por la mayor cantidad de agua de coco.

Por los resultados sensoriales se decide que la mejor muestra es la dilución 1:3 con un tratamiento de secado a 140°C con maltodextrina 24,17%, estos resultados fueron similares con lo que obtuvo Mendoza (2015) durante la elaboración de polvo de mango con lactosuero donde concluye que las mejores condiciones de secado obtenidas fueron con 27,5% de maltodextrina, 138,2°C de temperatura de entrada y 69,6°C temperatura de salida, las variaciones de parámetros se asume que puede ser por el tipo de disolvente de la pulpa de mango lactosuero y agua de coco.

3.6. Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento seleccionado por los jueces

Los resultados que se muestran en la tabla 22 es extraído del informe emitido por CERPER SA, 2018 (Anexo 39).

Tabla 22

Composición del producto en polvo del tratamiento 08 (la más aceptada por los jueces).

Parámetros	Unidades	Resultados
Cenizas	G/100g	1,23 ± 0,08
Vitamina A	UI/100g	2,765 ± 0,08
Vitamina C	Mg/100g	92,00 ± 0,06
Proteína	(G/100g)*N*6,25	89,14± 0,10
Carbohidratos	G/100g	71 ± 0,04
Energía Calórica Total	Kcal/100g	242,00 ± 0,09

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio “CERPER”, 2018

El tratamiento seleccionado por los jueces es el número 08 la cual pertenece a la dilución 03 (1 de pulpa de mango y 3 de agua de coco) que fue secado a una temperatura de entrada de 140°C logrando una humedad final de 4,35± 0,05%, los resultados de los análisis de valor nutricional del polvo al ser comparado con los resultados de la tabla 17 se observa que el resultado de vitamina A del producto antes de ser atomizado es 0,851 ± 0,06 UI/100g y de vitamina C es 30,00 ± 0,09 Mg/100g con la tabla 22 resultados del producto atomizado vitamina A es 2,765 ± 0,08 UI/100g y de vitamina C es 92,00 ± 0,06 Mg/100g, los valores encontrados en la bebida atomizada son superiores a la bebida de ingreso, debido al efecto de la atomización que eleva la concentración de los solutos lo que implica un mayor contenido en las muestras atomizadas afirmación que se respalda con los resultados de:

- Murja, 2014 en el estudio del secado por atomización de la pulpa de guayaba (*psidium guajaval*) del ecotipo rosado, donde obtuvo los resultados del contenido de vitamina C de la guayaba del ecotipo rosado en estado fresco se encontró 76,97±1,13 mg/100 g y en polvo 233,07±18,10 mg/100 g.
- Concha, et al., 2002 en el estudio de obtención de polvo de papaya de monte (*carica pubescens*) por atomización donde obtuvo los resultados del contenido de vitamina C de la fruta fresca es 31,00 mg/100g y en polvo 386,25mg/100g.

Los resultados demuestran que es un producto con alto contenido de vitaminas y nutrientes, este resultado le da un valor comercial al producto, debido a que los consumidores en los últimos años están en la búsqueda constante de alimentos que contengan contenidos elevados de vitaminas.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

- El contenido de vitamina A y C del mango $2,156 \pm 0,06$ UI/100g y $35,00 \pm 0,09$ Mg/100g respectivamente, de la bebida a base de pulpa de mango y agua de coco edulcorada con estevia antes del atomizado el contenido de vitamina A es $0,851 \pm 0,06$ UI/100g y vitamina C es $30,00 \pm 0,09$ mg/100g y del producto en polvo el contenido de vitamina A fue de $2,765 \pm 0,08$ UI/100g y vitamina C fue de $92,0 \pm 0,06$ mg/100g.
- Los parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango de la variedad magdalena river (*Mangífera indica*) con agua de coco de la variedad enano verde (*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia, la dilución óptima fue de 1:3 (mango en mL: agua de coco en mL), con un 24,17% de maltodextrina y atomizado a una temperatura de entrada de 140°C y temperatura de salida de 75°C, parámetros que fueron determinados mediante los resultados fisicoquímicos (Acidez, pH, humedad, solubilidad, higroscopicidad, humectabilidad y color) y análisis sensoriales (color, sabor y olor).
- La temperatura de secado (130 °C, 140 °C y 150 °C) no presenta influencia significativa en las características fisicoquímicas (Acidez, pH, humedad, solubilidad, higroscopicidad, humectabilidad y color) y sensoriales (color, olor y sabor), sin embargo, las diluciones o mezclas de mango y agua de coco (1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5) si influyen en las características fisicoquímicas y sensoriales.
- Las características fisicoquímicas del mango, acidez de 0,41 a base del ácido málico, solidos solubles 13,818%, humedad 81,93% y pH 4,442 y del coco pH 4,33 y solidos solubles 5,03%.
- La evaluación fisicoquímicas del producto en polvo y seleccionado por los jueces, se tiene como resultados: acidez 0,126 acido málico, pH 6,69, humedad $4,35 \pm 0,05$ %, solubilidad 91,89%, higroscopicidad 13,28%, rendimiento 32,32% humectabilidad 8,82 s y color (L* 34,5) (a* 1,6) (b*18,5) (C* 18,5) y (h* 85,1) del producto obtenido, siendo los resultados expresados del tratamiento elegido por los jueces.
- Las temperaturas 130 °C, 140 °C y 150 °C de la dilución 1:1 y temperatura 130°C de la dilución 1:2 presentan problemas durante el secado por atomización, se

evidencia adherencia en las paredes del atomizador lo cual produjo caramelo en la cámara de secado y colorante, generando diminutas cantidades de polvo en la tolva de recepción.

4.2. Recomendaciones

- Se requiere estudiar el comportamiento de las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida de mango con agua de coco edulcorado con estevia por liofilización, para poder concluir cual es la técnica de secado que conserva mayor sus características.
- Deben evaluarse con mayor profundidad el tratamiento enzimático para la bebida de mango con agua de coco edulcorado con estevia antes del secado por atomizado, con el fin de mejorar rendimientos del secado y de tal forma poder facilitar el proceso tecnológico y evitar problemas presentados en la investigación (adherencia en las paredes del atomizador, la formación de caramelo y colorante en la cámara de secado).
- Se requiere profundizar en las técnicas de evaluación (la rehidratación en polvos) de las propiedades de polvo de frutas, para poder definir normas para el control de estos productos; hasta el momento no hay un método exacto para determinar la rehidratación en polvo, por ello solo se calcula humectabilidad y solubilidad.
- Se recomienda Instalar un filtro receptor por la salida del aire de desecho del atomizador ya que se genera grandes pérdidas durante el proceso de secado por atomización, de esta forma se estaría recuperando más producto y se tendría mejores rendimientos.
- Emplear otros tipos de agentes encapsulantes para evaluar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y nutritivas del producto, y así definir el mejor agente para el proceso de secado de la bebida de mango con agua de coco.
- Evaluar el proceso de secado de diferentes formulaciones a base de otras frutas con agua de coco con el fin de diversificar la disponibilidad de sabores a los consumidores del producto.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V., Oliveira, V.M. (2004). *Physical properties of powdered pineapple (Ananas comosus) juice—effect of malt dextrin concentration and atomization speed*. Journal of Food Engineering 64:285-287.
- Adhikari, B. Howes, Bhandari, Troung, (2004). *Effect of addition of maltodextrina on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling*. Journal of Food Engineering. 62: 53-68p.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R. And Truong, V. (2001). *Stickiness in foods: mechanisms and test methods- a review*. International Journal of Food Properties. 4: 1-33.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R. and Truong, V. (2001). *Stickiness in foods: mechanisms and test methods- a review*. International Journal of Food Properties. 4: 1-33.
- Aguilera & Romero (2001). *Estudio de prefactibilidad para una bebida hidratante de agua de coco*. Tesis para obtener el grado de Ingeniera en Alimentos. Departamento de Biotecnología. 157 p.
- Aguilera, J.M., Del Valle, J.M. And Karel, M. (1995). *Caking phenomena in amorphus food powders*. Trends in Food Science and Technology, 6, 149 – 155
- Ahmed, J., Shivhare, U.S. and Raghavan, G.S.V. (2000). *Rheological characteristics and kinetics of colour degradation of green chilli puree*. Journal of Food Engineering, 44 (4), 239-244.
- Akashi, H. And Yokoyama, Y. (1975). *Dried-Leaf Extracts of Stevia. Toxicological Tests*. Shokuin Kogyo. 18(20):34-43.
- Allen, T. (1997). *Particle Size Measurement*. Chapman and Hall, London. Aoac. Official Methods of Analysis. (15th ed.). Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemists.

- Alvídrez, A.; González, B., Jiménez, Z. (2002). Facultad De Salud Pública Y Nutrición Universidad Autónoma de Nuevo León (México). *Revista Salud pública y nutrición*. Vol 3 No.3 Julio-septiembre.
- Arancon (1998). *Estudios sobre la dulzura del agua de coco entre seis variedades*. Malasia. 155 p.
- Avaltroni, F.; Bouquerand, P. & Normand, V. (2004). *Maltodextrin molecular weight distribution influence on the glass transition temperature and viscosity in aqueous solutions*. *Carbohyd Polym* 58 (3): 323-324.
- Avila, M.; Silva, C. (1999). *Modelling kinetics of thermal degradation of color in peach puree*. *Journal of Food Engineering* 39, 161-166.
- Badui, S. (1999). *Química de los alimentos* (Tercera ed.). Mexico: Addison Wesley Logman.
- Barbosa, G.; Ortega, E.; Juliano, P. & Yan, H. (2005). *Food powders: physical properties, processing and functionality*. Kluwer Academic/Plenum Publisher New York, N.Y. 372.
- Bellows, R.; & King, C. (1973). *Freeze-drying of aqueous solutions: maximum allowable operating temperature*. *Cryobiology*, 9 (6) 559-561.
- Bhandari, B.; Datta, N.; Howes, T. (1997). *Problems Associated with Spray Drying of Sugar-Rich Foods*. *Drying Technology*, 15 (2), pp. 671-684.
- Bhandari, B.; Senoussi, A.; Dumoulin, E. & Lebert, A. (1993). *Spray drying of concentrated fruit juices*. *Drying Technology*, 11(5), 1081-1092.
- Bhandari, R.; Datta, N.; Crooks, R.; Howes, T. & Rigby, S. (1997). *A semiempirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry the sugar-rich foods*. *Drying Technology*, 15 (10), 2509-2525.
- Bhusari, S.; Muzaffar, K.; Kumar, P. (2014). *Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder*. *Powder Technology*, 266: 354-364.
- Bohm, C. y Bornegg, C. (1931). *Process for the preparation of a 1-olefin polymer* U.S. Patent 1,800, 501.

- Bonilla C., Carmen R.; Sánchez O., Manuel S. & Perlaza, F. (2007). *Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada y fenología de estevia en condiciones del Valle del Cauca*. Acta Agronómica vol. 56 (3): 131-134.
- Boonyai, P., Bhandari, B., Howes, T. (2004). *Stickiness measurements techniques for food powders: a review*. Powder Technology 145, 34-46.
- Borchsenius, F.; Moraes, R. (2006). *Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae)*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Botánica Económica de los Andes Centrales: 412-433.
- Brandle, J.; Richman, A. Swanson & B. Chapman (2002). *Leaf ESTs from Stevia rebaudiana: a resource for gene discovery in diterpene synthesis*. Plant Mol. Biol. 50, 613-622.
- Brandle, Jim. (2005). *Stevia, Nature's natural low calorie sweetener*. En: http://res2.agr.ca/London/faq/stevia_e.htm; consulta: junio 2005.
- Brennan, J. Herrera, J., & Jowitt, R. (1971). *A study of some of the factors affecting the spray-drying of concentrated orange juice on a laboratory scale*. Journal of Food Technology, 6, 295-307
- Brennan, J.; Butters, J., Cowell, N., & Lilley, A. (1998). *Las operaciones de la Ingeniería de Alimentos* (J. B. Gonsales, Trans. Tercera ed.) Zaragoza: Acribia.
- Brito, I.; Faro, Z.; Melo Filho, S. (2004). *Néctar de maracujá elaborado con água de coco seco (Cocos nucifera L.)*. In: congreso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos, 19.
- Bustos-Garza, C. Yáñez-Fernández, J., Barragán-Huerta, B.E. (2013). *Thermal and pH stability of spray-dried encapsulated astaxanthin oleoresin from Haematococcus pluvialis using several encapsulation wall materials*. Food Research International 54:641–649.
- Bustos-Garza, C. Yáñez-Fernández, J., Barragán-Huerta, B.E. (2013). *Thermal and pH stability of spray-dried encapsulated astaxanthin oleoresin from Haematococcus pluvialis using several encapsulation wall materials*. Food Research International 54:641–649.

- Cai, Y.; Corke, H. (2000). *Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments*. Journal of Food Science, 65(6):1248-1252.
- Caliskan, G., Nur, D. S. (2013). *The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract*. Food and Bioproducts Processing 91:539-548.
- Caliskan, G., Nur, Dirim. S. (2013). *The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract*. Food and Bioproducts Processing 91:539-548.
- Candelas-Cadillo, M.G., Alanís-Guzmán, M.G., Bautista-Justo, M., Del Río-Olague, F., García-Díaz, C. (2005). *Lycopene content in spray-dried tomato juice*. Revista Mexicana de Ingeniería Química 4:299-307.
- Cano M., Stringheta, C., Ramos M., Cal-Vidal, J. (2005). *Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization*. Innovative Food Science and Emerging Technologies 6:420-428.
- Caprino, O., J. Tang, C. Nindo, S. Salablani, J. Powers Y J. Fellman (2012). *Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (philippine carabo var)*, power, Journal of food engineering 111:135-148.
- Carvalho M., Maia A., Figueiredo W., Brito S., Garruti S. (2005). *Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado*, Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(4): 813-818, out.-dez.
- Ceballos Peñaloza Adela María (2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidrato de fruta*. Tesis de grado Magister en Ingeniería Química-Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Chandler, L. A., Schwartz, S. J. (1988). *Isomerization and losses of trans- β -carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36:129-133.
- Chegini, G. R., Ghobadian, B. (2005). *Effect of spray-drying condition on physical properties of orange juice powder*. Drying Technol. 23:657-668.

- Chu, J. Ch.; Stout, L. E.; Busche, R. M. (1951), *Spray Drying of Santomers*. *Chemical Engineering Progress*, 47(81), pp. 29-38.
- Collares, P., Finzer, D., & Kieckbusch, G. (2004). *Glass transition control of the detachment of food pastes dried over glass plates*. *Journal of Food Engineering* 61, 262 – 267.
citado por Silva, M.A., Saboral, P.J.A. and Kieckbusch, T.G. 2006. Satate diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition, *Journal of Food Engineering* 77, 426 – 432
- Concha Valencia José, Guevara Pérez Américo, Araujo Vargas Miguel, (2002). *Obtención de polvo de papaya demonte (carica pubescens) por atomización*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Ing. en Industrias Alimentaria de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.
- Cortés, C. (2009). *Encapsulación de Lactobacillus casei mediante secado por atomización utilizando aguamiel como agente encapsulante*. Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, México.
- Coulter, S.T.; Brenee, W.M. (1966), *F. diary Sci.* 49, 762.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., Fennema, O. R. (2008). *Fennema's food chemistry, Fourth Edition*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p1158.
- Davenel, P.; Schuck, M. & Brulé, Nmr. (2002). *Relaxometry as a non-invasive tool to characterize milk powders*. *Lait*, 82 465–473
- Davies, A., Dollimore, D., Sass, K., Sims, B. (1984). *The flocculation of quartz powder in guar gum solutions and the effects of surface-treatment*. *Surface Technology*, 21 (3), 273-281.
- Dib Taxi, A.; Santos, B.; Menezes, C., & Grosso, F. (2000). *Efeito da temperatura de secado e da percentagem de encapsulate no rendimento del jugo de camu-camu (Mirciaria dubia)*. In *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnología de Alimentos*, SBCTA, Fortaleza, pp. 6-113.
- Dolinsky, A, Maletskaya, K. y Snezhkin, Y. (2000). *Fruit and vegetable powders production technology on the bases of spray and convective drying methods*. *Drying Technology* 18, 747-758.

- Eddy, C.W. (1950), *A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on a laboratory scale*. U.S. Patent 2,496, 278.
- Elmonsef, A.M.O. and Ross, Y.H. (2007). *Water sorption and time dependent crystallization behavior of freeze-dried lactose-salt mixtures*. LWT - Food Science and Technology, 40(3), 520-528
- Ennis, M.P., O'Sullivan, M.M. and D.M. Mulvihill. (1998). *The hydration behaviour of rennet caseins in calcium chelating salt solution as determined using a rheological approach*, Food Hydrocolloids 812) 451-457.
- Ersus, S., Yurdagel, U. (2007). *Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (Daucuscarota L.) by spray drier*. Journal of Engineering 80:805-812.
- Estevia (2007). *Patrimonio Agroalimentario de la Humanidad*.
- Fang, Z., Bhandari, B. 2012. *Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice*. Food Research International 48:478-483.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (1977). *Los Productos del cocotero*. Brian E. Grimwood. Italia, Rm. 279 p.
- Favaro, C., Santana, A., Monterrey, E., Trindade, M., Netto, F. (2010). *The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate*. Food Hydrocolloids 24(4): 336-340.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi, A., Omid, M. (2012). *Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder*. Food and Bioproducts Processing 90:667-675.
- Figueiredo, R. M. F. (1998). *Caracterización físico-química do suco em pó de acerola (Malpighia puniceifolia, L.)*. FEA/UNICAMP, Campinas.
- Forero Longas, F.; Salamanca Grosso, G.; García Barros, E.; Pulido, A. P.; Castro, D.; L. García; Jiménez, W. (2006). *Parámetros físicoquímicos de los frutos de mango hilacha (Mangifera indica. Var. Magdalena river)*. En: *Propiedades físicoquímicas y sistemas de procesado: productos hortofrutícolas en el desarrollo agroalimentario*. Memorias del II Seminario Hortofrutícola Colombiano y I Congreso Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado. Ibagué Colombia. 348 p

- Freudig, B., Hoge Kamp, S. and Schubert, H. (1999). *Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel*. Chemical Engineering Processing, 38, 525-532.
- Freudig, B., Hoge Kamp, S., Y Schubert, H. (1999). *Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel*. Chemical Engineering and Processing 38, 525-532.
- Fritzpatrick, J.J., Hodnett, M., Twomey, M., Cerqueira, P.S.M., O'Flynn, J. and Ross Y.H. (2007), *Glass transition and the flowability and caking of powders containing amorphous lactose*. Powder Technology, 178, 119-128
- Fuchs, M., Turchiuli, M., Bohin, M., Cuvelier, M., Ordonnaud, C. (2006). *Encapsulated of oil powder using spray drying and fluidized bed agglomeration*. Journal of food engineering 75:27-35.
- Gabas, A., Telis, V., Sobral, P., Telis, J. (2007). *Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder*. Journal food engineering 82:246-252.
- Gaini, C., Banon, S., Scher, J., Scuck, P. and Hardy, J. (2005). *Use of a turbidity sensor to characterize micellar casein powder rehydration: influence of some technological effects*. Journal of Dairy Science, 88, 2700-2706.
- Galán-Saúco, V. (1999). *El cultivo del mango*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 298pp.
- García Cevallos y Chafra Guamán (2015). *Caracterización de pectinasas antárticas y su uso en la clarificación de jugo de manzana* Guayaquil – Ecuador.
- García, C., González, M., Ochoa, L., Medrano, H. (2004). *Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión*. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria 4(4): 262-266.
- Garrote, R.L., Silva, E.R., Roa, R.D. and Bertone, R.A. (2008) *Kinetic parameters of surface color degradation of canned fresh green peas sterilized in rotary retort*. LWT. Food Science and Technology, (41) 408-413.
- Geuns, J. M. (2003). *Stevioside*. Phytochemistry 64, 913-921.

- Gharsallaoui, A., Roudaut, A., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R. (2007). *Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview*. Food Research International 40(9): 1107-1121.
- Gombas, A., Anatal, I., Szaborevesz, P., Marton, S., Y Eros, I. (2003). *Quantitative determination of crystallinity of alpha-lactose monohydrate by near infrared stabilization*. International Journal of Pharmaceutics, 256, 25-32.
- Goncalves A., V.K., Fernandes P., A.L., Rodrigues De F., E., Sales T., M.T., Correia Da C., J.M. (2014). *Effect of anacardic acid on oxidative and color stability of spray dried egg yolk*. LWT - Food Science and Technology 55:466-471.
- Grabowski, J.A., Truong, V.D., Daubert, C.R. 2008. *Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder*. LWT 41:206-216.
- Granados-Sánchez; D.; López-Ríos G. (2002). *Manejo de la Palma de Coco en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, Enero-Junio, año/Vol. 8, N° 001*.
- Gregersen, S.; P. Jeppesen; J. Holst Y K. Hermansen (2004). *Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects*. Metab. Clin. Exp. 53, 73-76.
- Guevara-Breton, N., Lopez-Malo, A., Jimenez-Munguia, M. (2009). *Optimización de la encapsulación de L. casei y L. reuteri con maltodextrina en un secador por atomización*.
- Haque, Md.K. and Ross, Y. H. (2006). *Differences in the physical state and thermal behavior of spray-dried and freeze-dried lactose/protein mixtures*. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 7 (1-2), 62-73
- Heidebach, T., Forst, P., Kulozik, U. (2009). *Microencapsulation of probiotic cells by means of rennet-gelation of milk proteins*. Food Hydrocolloids. 23(7): 1670-1677.
- Ho, J. C., Chou, S. K., Chau, K. J., Mujundar, A. S., Y Hawlader, M. N. A., (2002). *Analytical study of cyclic temperature drying: effect on drying kinetics and product quality*. Journal of Food Engineering, 51(1), 65-75.

- Igual, M., Ramires, S. Mosquera, L. H., Martínez-Navarrete, N. (2014). *Optimization of spray drying conditions for lulo (Solanum quitoense L.) pulp*. Powder Technology 256:233-238.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), (2015). *Documento "Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2015"*, p. 13,21
- Jaramillo, V. A. (2009). *Stevia: Producción y Procesamiento de un Endulzante Alternativo*. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Jaya, S Y Das, H. (2003). *A vacuum drying model for mango pulp*. Drying technology, 21(7),125-134
- Jayasundera, M., B. Adhikari, R. Adhikari And P. Aldred (2011). *The effect of protein types and low molecular weight surfactants on spray drying of sugar-rich foods*. Food Hydrocolloids, 5 (3), 459-469
- Jiménez-Aguilar, D.M., Ortega-Regules, A.E., Lozada-Ramírez, J.D., Pérez-Pérez, M.C.I., Vernon-Carter, E.J., Welte-Chanes, J. (2011). *Color and chemical stability of spraydried blueberry extract using mesquite gum as wall material*. Journal of Food Composition and Analysis 24:889-894.
- Jumah, R. Y. E Iglesias, A.(1997). *Functional properties of dried milk whey*. Food Science and Technology International, 3, pp. 381-383.
- Karatas, S. And Esin, A. (1990). *A laboratory scraped surface drying chamber for spray-drying of tomato paste*. Lebensmittel-Wissenschaft and Technology, 23(4), 354-357.
- Karel, M, (1975). *Stability of low and intermediate moisture*. In F. S. a. Technology (Ed.), Freeze drying and advanced food technology (pp. 643-674). London: Academic Press Inc Ltda.
- Kieviet, F.; Kerkhof, P. J. A. M. (1993), *measurements of particle residence time distributions in a Co-Current spray dryer*. Drying technology, 13 (5-7), pp. 1241-1248.
- Kim, E. H. J., Chen, X. D., Y Pearce, D. (2002). *Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property*. Colloids and surface B: Biointerfaces, 26(3), 197-212.

- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., Nithyanandam, R. (2012). *Microencapsulation of Morinda citrifolia L. extract by spray-drying*. Chemical Engineering Research and Design 90:622- 632.
- Levine, H., And Slade, L. (1986). *A polymer physicochemical approach to the study of comercial starch hydrolysis products (SHPs)*. Carbohydrate Polymers. 6(3), 213-244
- Lewis. M. J (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado* (J. Z. T. y J. P. B. Lera, Trans. Primera en español ed.) Zaragoza: Acribia.
- Liu, F., Wang, Y., Li, R., Bi, K., Liao, X. (2014). *Effects of high hydrostatic pressure and high temperature short time on antioxidant activity, antioxidant compounds and color of mango nectars*. Innovative Food Science and Emerging Technologies 21:35-43.
- Liu, X. Chung, Y., Yang, S., Yousef, A. (2005). *Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized Lactococcus lactis*. Process biochemistry, 40:13-24.
- Lopera, S., Guzmán, C., Castaño, C., Gallardo, C. (2009). *Desarrollo y caracterización de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersión, utilizando goma arábica y maltodextrina como materiales de pared*. Vitae 16(1):55-65.
- López, D., Gómez, M. (2008). *Preparación de microesferas mediante secado por aspersión*. Rev. Cubana Farm. 42(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-5152008000300010&script=sci_arttext. [19 agosto 2014].
- López, O. (2010). *Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión*. Rev Cubana Farm. 44(3):381-389.
- Loria, M. (1993). *Verde palma*. Galería del 4 al 31 de Octubre. Dirección general de Extensión, Departamento de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- M. Sapper, N. Martínez-Navarrete , M. M. Camacho (2015) *medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo*. Grupo de Investigación e Innovación

- Alimentaria (CUINA). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desorby, S. (2006). *Flavour encapsulation and controlled release – a review*. Int. J. Food Sci. Technol. 41(1):1-21.
- Mafart, P. (1998). *Ingeniería industrial* (Vol. I Procesos físicos de conservación). Zaragoza: Editorial Acirbia SA.
- Marshall, W., R. (1971). *Atomization and Spray Drying*, American Institute of Chemical Engineers, New York, Estados Unidos.
- Martin, M., Morales, M., Gallardo, V., Ruiz, M. (2009). *Técnicas de microencapsulación: una propuesta para microencapsular probióticos*. Ars Pharm, 50 (1): 43 – 50.
- Martínez Tomas (2002). *“La hierba dulce. Historia, usos y cultivos de la stevia rebaudiana Bertoni”*. 8 capítulo. Ciencias de la salud.
- Martínez, V. (2006). *Propiedades de los mangos. El mundo de las plantas*. <http://www.botanical-online.com/mangospropiedadesalimentarias.htm>
- Masters, K. (2002) *Spray Drying in practice*. Ed. SprayDryConsult International ApS, Charlottenlund, Denmark.
- Mcminn, W. A. M., Y Magge, T. R. A. (1997). *Physical Characteristics of Dehydrated Potatoes Part II*. Journal of Food Engineering, 33, 49-55.
- Medardo. (2009). *Guía Técnica Cultivo del Coco*, MAG, Programa Nacional de Frutas de El Salvador. 52 p
- Meléndez Y Valenzuela (2004). *Caracterización agronómica y química de diferentes variedades de coco (cocos nucifera l.) para la elaboración de bebidas hidratantes*. Costa Rica. 65 p.
- Mendoza Corvis, Fernando Alonso (2015). *Evaluación de las condiciones de secado por aspersión de un producto a base de lacto suero y pulpa de mango variedad magdalena river (mangífera indica) adicionado con bifidobacterium bifidum*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencias Agroalimentarias con énfasis en Ciencias.

- Methakhup, S., Chiewchan, N., Y Devahastin, S. (2005). *Effects of drying methods and conditions on drying kinetics and quality of Indian gooseberry flake Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 38, 579-587.
- Miao, S. and Roos, Y.H. (2006). *Isothermal study of nonenzymatic browning kinetics in spray-dried and freeze-dried systems at different relative vapor pressure environments. Innovative Food Science and Engineering Technologies*, 7, 182-194
- Ministerio De Agricultura Y Ganadería (1996). *Producción de Ka´a He´e*. Tercera edición. República de Paraguay, Asunción. 35 p.
- Ministerio De Agricultura Y Ganadería (1996). *Producción de Ka´a He´e*. Tercera edición. República de Paraguay, Asunción. 35 p.
- Mishra, P., Mishra, S., Lata, M. Ch. (2013). *Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (Emblica officinalis) juice powder*. *Food and Bioproducts Processing* 21:428-434.
- Mitsuhashi, H. (1975). *Studies on the cultivation of stevia rebaudiana Bertoni*. Determination of stevioside. *Yakugaku Zasshi*-95(1): 127-30.
- Mohamad Alias Khaidatul Hasni Bte (2014). *Physical properties of soursop (annona muricata) powder produced by spray drying*. Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Malaysia Pahang.
- Monteiro, R. (1982). *Estudos taxonómicos em Stevia série Multiaristatae no Brasil*. *Revista Brasileira de Botânica* 5:5-15.
- Monteiro, R., (1980). *Taxonomia e biologia da reproducao da Stevia rebaudiana Bert*. Thesis, Univ. Estadual de Campinas.
- Mora Montero J., Gamboa Porras j., y Elizondo Porras R., (2002). *Guía para el cultivo del Mango Ministerio De Agricultura Y Ganaderia* ISBN: 9968-877-01-8.
- Morales Guzmán J, Medina Torres M.G., Andrade Esquivel E. Guzmán Maldonado S.H., Hernández López, (2010). *Evaluación de los efectos del secado por aspersión sobre los compuestos fitoquímicos-funcionales y características fisicoquímicas en*

encapsulados de zarzamora (rubus spp). XII congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. Guanajuato, Gto.

Moreiras, O., Carvajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, M. (2001). *Tablas de Composición de Alimentos*. Ediciones Pirámide. Madrid.

Mortimer, C. (1993). *Química*. Mexico: Grupo editorial iberoamericana.

Mosquera. L.H., Moraga., G. and Martínez-Navarrete. N. (2009b). *Efecto del proceso de secado (liofilización y atomización) en las isoterms de sorción y transición vítrea de la pulpa de borjón (Borojoa patinoi Cuatr.)*. Libro de memorias del V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Murcia (España).2009.

Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Industrial Drying*. CRC, 3ed. Singapur. p1279.

Mujumdar, S. (1995). *Handbook of industrial drying*. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York. p.p. 263-309.

Murat, O., y Onur, D. (2000). *Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology*. Journal of Food Engineering, 45, 17-24.

Murga Ramirez Esmeralda Gilda, (2014). *Estudio del secado por atomizacion de la pulpa de guayaba (psidium guajaval.) Del ecotipo rosado*. Tesis presentada en opción al Título Académico de Ing. en Industrias Alimentaria de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agrarian de la Selva, Tingo María, Perú

Murúa, B., Beristaín, C., Martínez, F. (2009). *Preparation of starch derivatives using reactive extrusion and evaluation of modified starches as shell materials for encapsulation of flavoring agents by spray drying*. Journal of Food Engineering 91(3): 380–386.

Natalia Rincon (2007). *Evaluar la aplicación de enzima pectinaza aislada del hongo Aspergillus niger durante el proceso de clarificación y fermentación del mosto de vino e uva Vitie labrusca variedad isablla para la obtención de vino tinto*. Universidad De La Salle Facultad De Ingenieria De Alimentos Bogota D.C.

Nindo, C. I., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J., Y Powers J. R. (2003). *Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus*

- (*Asparagus officinalis*, L.). Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 36, 507-516.
- Nonhebel, G., Moss, A. A. H., (1971). *Drying of Solid in the Chemistry Industry*. Butterworth and Co. Ltd, England.
- Nonhebel, G.; Moss, A. A. H. (1971), *Drying solid in the Chemistry Industry*. Butterworth and Co. Ltd., London, England.
- Norma General Del Codex Para Zumos (Jugos) Y Néctares De Frutas (Codex Stan 247-2005)
- Nourian, F., Ramaswamy, H.S. and A.C. Kushalappa. (2003). *Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures*. Journal of Food Engineering, 60, 257-266.
- Pang, S. F., Yusoff, M. M., Gimbin, J. (2014). *Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying of Orthosiphon stamineus extracts*. Food Hydrocolloids 37:159-165.
- Parfitt, G. D., Sing, K.S.W. And Urwin, D. (1975). *The analysis of the nitrogen adsorption isotherms of microporous materials*. Journal of Colloid and Interface Science, 53 2),187-193
- Parize, A., Rozone, T., Costa, I., Fávere, V., Laranjeira, M., Spinelli, A., Longo, E. (2008). *Microencapsulation of the natural urucum pigment with chitosan by spray drying in different solvents*. African Journal of Biotechnology 7(17): 3107-3114.
- Parra, R. (2011). *Microencapsulación de alimentos*. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, 63(2):5669-5684.
- Patil, V., Kumar, Ch. A., Pratap, S. R. 2014. *Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology*. Powder Technology 253:230-236.
- Peng, Z., Li, J., Guan, Y., Zhao, G. 2013. *Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours*. LWT - Food Science and Technology 51:348-355.

- Perech, R. (1946), U.S. Patent 2,393, 561.
- Piga, A., Agabbio, M., Gambella, F., Y Nicoli, M. C. (2002). *Retention of Antioxidant Activity in Minimally Processed Mandarin and Satsuma Fruits*. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 35, 344-347.
- Prada, A.; Alveiro, C.; Tafur, L.; Tapiero, J.; Escobar, J. y Castro, A. (2015). *Revista colombiana de investigaciones Agroindustriales*, ISSN Impreso: 2422-0582 - ISSN electrónico: 2422-44.
- Pua, C.K., Hamid, N. S., Tan, C.P., Mirhosseini, H.r., and Rahman, G.R. (2008). *Storage stability of jackfruit (Artocarpus heterophyllus) powder packanger in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage*. *Journal of Food Engineering*, 89, 419-428.
- Quek, S. Y., Chok, N. K., Swedlund, P. (2007). *The physicochemical properties of spray dried watermelon powders*. *Chem. Eng. Process.* 46:386–392.
- Quero, H. J. (1994). *Flora de Veracruz*. Fascículo No. 81 PALMAE. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 118 pp.
- Ramírez (2008). *Manual técnico del cultivo cocotero. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA)*. Honduras. 50 p.
- Ramírez, V., Rivera, M., Rivas, R., Abud, A., Grajales, L., Ruiz, M., (2003). *Secado por aspersión del jugo de maracuyá (Pasiflora edulis var. flavicarpa)*. División de estudios de postgrados e investigación. Instituto Tecnológico de Mérida. p4.
- Ribeiro, M. S., (1999) *desidratação da polpa de capauçu (Theobroma grandiflorum, L.) por atomização*. DTA /UFRRJ, Seropedica.
- Ribeiro, S. M. R., Schieber, A. (2010). *Bioactive Compounds in Mango (Mangifera indica L.)*. *En: Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. Elsevier Inc., pp. 507-523.
- Rivas, C. (2010). *Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de cherimoya (Annona cherimola Mill)*. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. Mexico. p39.

- Robertson, L. (1993). *Food Packaging. Principles and Practice* (tercera ed.). New York : Marcel Dekker.
- Robles, R. (1989), *Producción de oleaginosas y textiles*. Editorial Limusa-Mexico.
- Robles-Sánchez R. M., M. A. Rojas-Graü, I. Odriozola-Serrano, G. GonzálezAguilar and O. Martin-Belloso (2013) *Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes*. LWT-Food Science and Technology 50:240-246
- Rodríguez-Huezo M. E., Durán-Lugo, R., Prado-Barragán, L. A., Cruz-Sosa, F., Lobato-Calleros, C., Álvarez-Ramírez, J., Vernon-Carter, E. J. (2007). *Pre-selection of protective colloids for enhanced viability of Bifidobacterium bifidum following spray-drying and storage, and evaluation of aguamiel as thermoprotective prebiotic*. Food Research International 40:1299-1306.
- Rolle, R. (2007). *Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada*. Servicios de tecnología de ingeniería agrícola y alimentaria. FAO, Italia 4-10pp.
- Roos, Y.H. (1995a). *Phase transitions in foods*. New York: Academic Press.
- Roos, Y.H. Karel, M. And Kokini, J.L., (1996). *Glass transition in low moisture and frozen foods: effects on shelf life and quality*. Scientific status summary. Food Technology, 50 (11), 95-108.
- Roussos, P.A., Denaxa, N-K. And Damvakaris, T. (2009). *Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds*. Scientia Horticulturae, 119, 138–146.
- Sahin-Nadeem, H., Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., Özdemir, F. (2013). *Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (Salvia fruticosa Miller) by spray drying*. LWT - Food Science and Technology 52:31-38.
- Sahin-Nadeem, H., Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., Özdemir, F. (2013). *Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage*

- (*Salvia fruticosa* Miller) by spray drying. *LWT - Food Science and Technology* 52:31-38.
- Saragoni, P., Aguilera, J.M. and Bouchon, P. (2007). *Changes in particles of coffee powder and extensions to caking*. *Food Chemistry*, 104, 122-126.
- Schubert, H. (1987). *Food particle technology. Part I: properties of particles and particulate food systems*. *Journal of Food Engineering*, 6, 1-32.
- Schubert, H. (1993). *Instantization of powdered food products Int*. *Chemical Engineering* 33, 28-45.
- Schuck, p. (1999). *Appréhension des mécanismes de transfert d'eau lors du séchage par atomisation de bases protéiques laitières et lors de leur réhydratation: effet de l'environnement glucidique et minéral*. Travaux Universitaires-Thèse nouveau doctorat. 204 p. de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. No. 99 NSAR B105.
- Secretaría De Agricultura, Ganadería, Pesca Y Alimentos (2003). *Informe de Productos Regionales: Azúcar*. Argentina.
- Semyonov, D., Ramon, O., Kaplun, Z., Levin, L., Gurevich, N., Shimoni, E. (2010). *Microencapsulation of Lactobacillus paracasei by spray freeze drying*. *Food Research International* 43(1):193-202.
- Shittu, T. A., Y Lawal, M. O. (2007). *Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages*. *Food Chemistry*, 100(1), 91-98.
- Shock, C.C. (1982). *Experimental cultivation of Rebaudi's stevia in California*. Univ. California, Davis Agron. Progr. Rep. 122.
- Simal, S., Femenia, A., Castell-Palou, A. And Rossello, C. (2007). *Water desorption thermodynamic properties of pineapple*. *Journal of Food Engineering*, 80 (4), 1293-1301.
- Singh, S. N., Y Nath, N. (2007). *Changes in qualities of minimally processed litchis: Effect of antibrowning agents, osmo-vacuum drying and moderate vacuum packaging*. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 10, 4-12.

- Snow, R.H. (2003). *Spray Dryers. A guide to performance evaluation*. American Institute of Chemical Engineers. NY.
- Soejarto, D.D., Compadre, C.M., Medon, P.J., Kamath, S.K., And Kinghorn, A.D. (1983). *Potential sweetening agents of plant origin. II. Field search for sweet-tasting Stevia species*. *Econ. Bot.* 37: 71-79.
- Solval, K.M., Sundararajan, S., Alfaro, L., Sathivel, S. (2012). *Development of cantaloupe (Cucumis melo) juice powders using spray drying technology*. *LWT - Food Science and Technology* 46:287-293.
- Soto A, Del Val S. (2002). *Revista de Ciencias Agrarias y Tecnología de los alimentos*, pp. 20: 5-9.
- Sotomayor P. (2000). *Influencia de los encapsulantes y temperatura de secado en la calidad del camu camu (Myrciaria dubia) liofilizado. Trabajo de fin de carrera*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Spiess, L., & Wolf, R. (1983). *The results of the COST 90 Project on water activity*. In R. Jowitt, F. Escher, B. Hallstrom, H. F. Th. Meffert, W. E. L. Spiess, and G. Vos (Eds.). *Physical properties of foods* (pp. 65–91). London and New York
- Strashun (1951) , S.J., U.S. Patent 2,577,155
- Strashun, S.J. y Talburt, W. (1954). *Trends in Food Science & Technology Fd technol* pp. 8, 40.
- Sumida, T. (1980). *Studies on Stevia rebaudiana Bertoni as a new possible crop for sweetening resource in Japan*. *J. Centre Agr. Exp. Stn.* 31:1-71
- Taiariol, D. Y Molina, N. (2010). *Producción de Stevia rebaudiana Bertoni(Ka'a He'ê) en Bella Vista (Corrientes). Análisis técnico y económico de una alternativa sustentable*. Publicación EEAINTA Bella Vista-Argentina. Serie Técnica N° 37:17 pp.
- Telis, V.R.N And Martinez-Navarrete, N. (2009). *Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition and addition of carbohydrate polymers*. *Food Biophysics*, 43, 44–751

- To E.C. And Flink, J.M. 1978. *Collapse, a structural transition in freeze-dried carbohydrates* .1. Evaluation of analytical methods. *Journal of Food Technology*, 13 (6) 551-565
- Tonon, R., Brabet, C., Hubinger, M. 2008. *Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced by spray drying*. *Journal of Food Engineering* 88:411-418.
- Totté, N, L. Charon, M. Rohmer, F. Compernelle, I. Baboeuf Y J. Geuns (2000). *Biosynthesis of the diterpenoid steviol, an entkaurene derivative from Stevia rebaudiana Bertoni, via the methylerythritol phosphate pathway*. *Tetrahedron Letters* 41,6407-6410.
- Totté, N.; W. Van Den Ende; E. Van Damme; F. Compernelle; I. Baboeuf Y J. Geuns. (2003). *Cloning and heterologous expression of early genes in gibberellins and steviol biosynthesis via the methylerythritol phosphate pathway in Stevia rebaudiana Bertoni*. *Can. J. Bot.* 81(5), 517-522.
- Tressler, D.K (1956), *Fd Technol.* Chicago, 10, 119.
- Tsourouflis, S., Flink, J.M. And Karel, M. (1976). *Loss of structure in freeze-dried carbohydrates solutions - effect of temperature, moisture-content and composition*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27(6) 509-519
- USDA, (2006). United States Department of Agriculture. *Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference*, Release 18. http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl
- Valencia, R., N. Pitman, S. León-Yañez & P. M. Jorgensen E. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000*. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Villanueva Arce Ramón, y Yañes Fernández Jorge (2010). *Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de chirimoya (annona cherimola mill)* Instituto Politécnico Nacional-Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología-2010.
- Von Elbe, J.H., Schwartz, S. J. 1996. *Colorants*. In O. R. Fennema (Ed.), *Food chemistry*. New York: Marcel Dekker. P651-722.

- Wandrey, C., Bartkowiak, C., Harding, S. (2010). *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*. http://www.nottingham.ac.uk/ncmh/harding_pdfs/Paper329.pdf. 83-86 p.
- Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M., Y Gonzalez-Aguilar, G. (2001). *Ascorbic Acid Content n Relation to Ascorbic Acid Activity and Polyamine Content in Tomato an Bell Pepper Fruits During Development, Maturation an Senescence*. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 34, 452-457.
- Ye, A., Anema, S., Singh, H. (2007). *Behaviour of homogenized fat globules during the spray drying of whole milk*. *International Dairy Journal* 17(4): 374-382.
- Young, S., Sarda, X., Rosenberg, M. (1993). *Microencapsulating properties of whey proteins with carbohydrates*. *Journal of Dairy Science* 76(10):2878-2885.
- Yu, L. (2001). *Amorphous pharamaceutical salids: Preparation and stabilization*. *International Journal of Pharmaceutics*, 48, 27-42.

ANEXOS

Anexo 1: Determinación de cenizas por el método AOAC 940.26/00

Efectuar el análisis en duplicado, Pesar al 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada (m_0) 2 gramos de muestra homogeneizada (m_1); precalcinarse previamente la muestra en placa calefactora, evitando que se inflame, luego colocar en la mufla e incinerar a 550 °C por 8 horas, hasta cenizas blancas o grisáceas. Preenfriar en la mufla apagada y si no se logran cenizas blancas o grisáceas, humedecerlas con agua destilada, secar en el baño de agua y someter nuevamente a incineración. 6.4 Dejar enfriar en desecador y pesar (m_2)

El porcentaje de cenizas se calcula mediante la fórmula:

$$\% \text{ cenizas totales} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

Dónde:

m_2 : masa en gramos de la cápsula con las cenizas

m_1 : masa en gramos de la cápsula con la muestra

m_0 : masa en gramos de la cápsula vacía

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con 2 decimales.
Repetibilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 2 % del promedio.

Anexo 2: Determinación de la vitamina C por método de titulación (AOAC, 967.21) valoración del 2,6 – dicloroindofenol

Determinación de Ácido Ascórbico por método de titulación (AOAC, 967.21)
Valoración del 2,6 – dicloroindofenol.

Se preparó una solución estándar de ácido ascórbico (1 mg/ml).

Se transfirió una alícuota de 20 mL a matraz Erlenmeyer, agregando 5 mL de solución ácido metafosforico – ácido acético (solución extractora).

Luego se tituló rápidamente con 2,6 – dicloroindofenol en una bureta de 50 ml, hasta que se observe la aparición de un tono rosa ligero.

Posteriormente se tituló un blanco (solución estándar) compuesto por la solución extractora más el volumen gastado en la titulación del estándar en agua, y titular con 2,6 – dicloroindofenol, hasta el tono rosa. Todo se hizo por triplicado

El valor obtenido del estándar se restó del blanco, y la concentración de indofenol se expresa como mg de ácido ascórbico equivalentes a 1 mL de indofenol.

Anexo 3: Determinación de la vitamina A por el metodo de cromatografia líquida

Se pesaron 100 g de muestra, se le agregaron 27,5 mg de Vitamina A palmitato (equivalente a 50.000 UI) y se homogeneizó. Se procedió a tomar alícuotas de 20 gr. a las que se le adicionó 50 mL de agua tridestilada. Se colocó inmediatamente el contenido en una ampolla de decantación de 250 mL y se adicionó 50 mL de hexano p.a. para proceder a la extracción. Se agitó la mezcla por 20 segundos y al separarse las fases se colocó la capa superior (fase orgánica) en un erlenmeyer de 250 mL que contenía 0,5g de ácido ascórbico. Se efectuaron dos extracciones más y se juntaron los extractos en el balón de 250 ml. Se lavaron los extractos Se evaporó a sequedad el solvente, se diluyó inmediatamente con metanol grado HPLC el residuo, y se llevó a volumen en un matraz aforado de 10 ml. Finalmente, se pasó la solución por un filtro de 0,2 μ m, antes de inyectar al cromatógrafo. La Vitamina A utilizada como sustancia de referencia fue Vitamina A Palmitato 50.000 UI equivalentes a 27,5 mg, con la cual se preparó una solución estándar en metanol. De las soluciones de referencia de la vitamina se tomaron alícuotas, se transfirieron cuantitativamente a un matraz aforado 10 mL y se llevó a volumen con metanol, para obtener la curva de calibración. Las determinaciones se realizaron por triplicado, utilizando para los cálculos el valor promedio del tiempo de retención y del área de los picos. El tiempo de retención de la vitamina A fue $4,017 \pm 0,5$ min., siendo el tiempo total de análisis para una muestra de 10 min. La respuesta de detección fue lineal en el rango de concentraciones de 0,027 – 1,350 ppm.

Cálculos

$$\text{Concentración de vitamina A (mg/g ó ppm)} = \frac{A_m \times C_s \times D}{A_s \times W_m}$$

Dónde:

A_m (Área del pico de vitamina A en la muestra)

A_s (Área del pico de vitamina A en el estándar)

C_s (Concentración de vitamina A en el estándar, mg/ml)

D (Factor de dilución)

W_m (Peso de la muestra, g)

Anexo 4: Determinación de proteínas por el metodo AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012.

Nitrógeno (Total)

a. Reparación de la muestra

- Triturar, homogeneizar y mezclar la muestra.
- Pesar entre 1 y 2 gramos de muestra.
- En muestras con contenidos de nitrógeno muy pequeño, tomar la muestra suficiente para que contenga como mínimo 5 mg de nitrógeno.

b. Digestión

- Añadir entre 10 y 15 mL (tubo macro) de H₂SO₄ 96-98% y 1 tableta (8 gm) de catalizador.(Para el tubo micro, el máximo de H₂SO₄ es 5ml)
- Montar un sistema para la extracción de humos o scrubber con Na₂CO₃.
- Realizar la digestión en tres pasos:
 1. En función del contenido de agua de la muestra, empezar la digestión evaporando agua a 150°C entre 15 y 30 minutos.
 2. Realizar un segundo paso entre 270 y 300°C entre 15 o 30 minutos para reducir la producción de humos blancos.
 3. Continuar la digestión a 400°C entre 60 y 90 minutos.

Control Visual: El resultado es un líquido transparente nítido con coloración azul claro, verde o amarillo dependiendo del catalizador utilizado. No deben quedar restos negros adheridos a la pared de tubo.

Nota: Durante la digestión debe controlarse la producción de espuma en las muestras. Si esta es excesiva, debe alargarse el paso nº 1.

c. Dilución

- Sacar los tubos muestra del bloque digestor y dejar enfriar a T^a ambiente. (Puede forzarse sumergiendo los tubos, cautelosamente, en un poco de agua).
- Añadir unos 25mL de agua destilada en cada tubo
- Añadir el agua despacio y moviendo el tubo sin dejar solidificar la muestra. Si es necesario calentar ligeramente el tubo (por ej. introduciéndolo en el bloque digestor todavía caliente)
- Dejar enfriar de nuevo hasta T^a ambiente.
- Para evitar pérdidas de nitrógeno y reacciones violentas no introducir el tubo todavía caliente al destilador.

d. Destilación

- Situar un Erlenmeyer de 250mL a la salida del refrigerante con 50mL de ácido Bórico y unas gotas de indicador.
- Programar una dosificación de 50 a 75 mL de NaOH.
- Introducir el tubo con la muestra en el destilador.
- Destilar hasta recoger 250mL en el Erlenmeyer (50mL Bórico + 200mL de destilado).
- Control Visual: Una vez se ha añadido el NaOH, la muestra debe tomar una coloración azulada, de no ser así, añadir más NaOH.

e. Valoración y cálculo

- Valorar el destilado con HCl ó H₂SO₄ hasta el cambio de color. (punto final: pH 4.65)

Moles de HCl = Moles de NH₃ = Moles de N en la muestra

Moles de H₂SO₄ = 2Moles de NH₃ = 2Moles de N en la muestra

Realizar el cálculo:

$$\text{mg N} = N \times V \times 14$$

Dónde:

N = Normalidad del ácido de valoración

V = Volumen de ácido consumido

14 = Peso atómico del nitrógeno.

- Para pasar a contenido de proteínas corregir por el factor adecuado según la naturaleza de la muestra. (6.25 por defecto)
- Periódicamente realizar un ensayo en blanco y restarlo del resultado.

$$\% \text{ Proteínas} = P2/P0 \times 100 \times F$$

Donde:

P2: Nitrógeno (mg).

P0: Peso de la muestra (mg).

F: Factor proteínico. (6.25 por defecto)

Anexo 5: Determinación de carbohidratos

Método del fenol-sulfúrico (Dubois et al, 1956)

Preparar una solución o suspensión de la muestra en agua, procurando que los carbohidratos se encuentren en el intervalo de sensibilidad del método (10-100µg/mL).

En tubos de ensaye perfectamente etiquetados, colocar 1 mL de la solución o suspensión acuosa de la muestra.

Para cada tubo adicionar 0.6 mL de una solución acuosa de fenol al 5%.

Mezclando perfectamente, adicionar cuidadosamente 3.6 mL de ácido sulfúrico concentrado, homogeneizar.

NOTA: Realizar todo el procedimiento para un tubo antes de seguir con el siguiente. Dejar enfriar la mezcla a temperatura ambiente (aproximadamente 30 min.) y determinar la intensidad del color naranja obtenido en un colorímetro a 480 nm, frente a un blanco preparado de la misma manera utilizando agua.

Calcular la cantidad de carbohidratos presentes en la muestra a partir de una curva patrón preparada con el carbohidrato de interés en el intervalo del método (10-100µg de glucosa/mL), tratada de la misma manera que el problema.

Anexo 6: Características biométricas del mango

CARACTERÍSTICAS		M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Forma		Ovoide	ovoide	ovoide	Ovoide	ovoide	ovoide
Dimensiones (cm)	Diámetro mayor	20,200	19,250	20,490	18,980	19,540	19,692
	Diámetro menor	10,160	9,140	16,150	10,050	8,980	10,896
peso del mango (g)		350,20	298,09	288,110	272,12	290,16	299,736
Peso de pulpa de mango (g)		220,15	178,62	312,960	157,46	159,23	205,684
Porcentaje de pulpa (%)		62,864	59,922	108,625	57,864	54,877	68,830

Fuente: elaboración propia

Anexo 7: Caracterización fisicoquímica del mango variedad Magdalena river (Mangífera indica).

Características	Resultado por muestra analizada					Cantidad promedio
	M1	M2	M3	M4	M5	
Sólidos solubles (%)	14,02	13,90	14,04	12,98	14,15	13,818
Ph:	4,42	4,52	4,39	4,29	4,59	4,442
Acidez (%p/p)	0,40	0,42	0,41	0,39	0,43	0,41

Fuente: elaboración propia

Anexo 8: Informe emitido por CERPER de composición nutricional del mango variedad Magdalena river.



INFORME DE ENSAYO N° 09-245-17

Solicitante	: Meiry Madison Tafur Salazar
Domicilio legal	: Urb. Villa teresita MZ A LT 05
Producto declarado	: Fruta de mango variedad magdalena river (<i>mangifera indica</i>).
Cantidad de muestra	: 1 muestra x 4 unidades Muestra entregada por el solicitante
Forma de presentación	: En botellas de vidrio selladas
Código de muestra	: M3T8
Fecha de recepción	: 11-09-17
Fecha de inicio del ensayo	: 11-09-17
Fecha de término del ensayo	: 13-09-17
Ensayo realizado en	: Laboratorio de físico químico
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.
Análisis solicitados	: Determinación de vitaminas A y C, cenizas, proteínas, carbohidratos y energía calórica total.

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Cenizas	g/100g	0,31 ± 0,10
Vitamina A	UI/100g	2,156 ± 0,06
Vitamina C	Mg/100g	35,00 ± 0,09
Proteína	(g/100g)*N*6,25	0,48± 0,07
Carbohidratos	g/100g	15 ± 0,09
Energía calórica total	Kcal/100g	61,00 ± 0,04

MÉTODO:

Cenizas: AOAC 940.26/00.

Vitamina C: AOAC 967.21/90.

Vitamina A: Cromatografía líquida*

Carbohidratos: Método del fenol-sulfúrico

PROTEINAS: AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total).

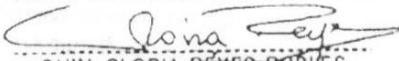
OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A

Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad como normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que o produce.

Callao, 13 de Septiembre Del 2017

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


 QUIM. GLORIA REYES ROBLES
 C.Q.P. N° 400
 JEFE DE LABORATORIOS

Anexo 9: características biométricas del coco enano verde.

CARACTERÍSTICAS		M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
Forma		ovoide	ovoide	ovoide	Ovoide	ovoide	ovoide
Dimensiones (cm)	Diámetro mayor	40,15	50,16	39,25	55,16	52,23	47,39
	Diámetro menor	30,25	40,16	20,16	36,49	42,06	33,824
Peso (g)		1300,25	1532,12	1326,35	1159,45	1356,79	1334,992
Volumen de agua (ml)		500,2	456,3	370,1	450,3	325,6	420,5

Fuente: elaboración propia.

Anexo 10: Composición del coco variedad coco variedad enano verde.

Características	Cantidad por muestra analizada					Cantidad promedio
	M1	M2	M3	M4	M5	
Sólidos solubles (%)	5,15	5,22	4,78	5,02	4,98	5,03
Ph	4,13	4,20	4,05	4,19	4,09	4,132

Fuente: elaboración propia.

Anexo 11: Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al tamizado (dilución).

Características	D1			Prom. D1	D2			Prom. D2	D3			Prom. D3
	R1	R2	R3		R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Sólidos solubles (%)	10.4	10.7	10.4	10.5	7.9	8.3	8.1	8.1	7.3	7.2	7.4	7.3
Ph	6.7	6.2	6.6	6.5	7.1	6.9	7.3	7.1	7.23	7.26	7.22	7.24
Acidez (%p/p)	0.36	0.3	0.29	0.32	0.29	0.26	0.26	0.27	0.22	0.25	0.23	0.23

Fuente: elaboración propia.

Continuación anexo 11: *Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al tamizado (dilución).*

Características	D4			Prom. D4	D5			Prom. D5
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Sólidos solubles (%)	7	6.9	7.3	7.07	6.8	6.9	6.9	6.87
Ph	7.4	7.38	7.4	7.39	7.5	7.6	7.4	7.5
Acidez (%p/p)	0.21	0.18	0.17	0.19	0.18	0.19	0.15	0.17

Fuente: elaboración propia

Anexo 12: Caracterización de la formulación de la bebida después de ser sometida al tamizado (dilución).

CARACTERISTICAS	D1			PRO	D2			PROM.	D3			PROM.	
	R1	R2	R3	M. D1	R1	R2	R3	D2	R1	R2	R3	D3	
Sólidos solubles (%)	9.8	9.5	9.6	9.63	7.9	7.6	7.9	7.8	6.9	6.4	6.7	6.67	
Ph	6.53	6.5	6.51	6.51	6.85	6.7	7.3	6.95	7.5	6.95	7.3	7.25	
Acidez (%P/P)	0.32	0.28	0.31	0.3	0.3	0.4	0.4	0.37	0.24	0.25	0.22	0.24	
L *	39.2	38.9	39.2	39.1	36.9	37.1	37	37	29.4	29	29.1	29.17	
a*	7.6	7.7	7.3	7.53	6.2	6.5	6.1	6.27	5.9	6.1	5.7	5.9	
Color	b*	16.1	16.1	16.8	16.33	32.4	30.9	33	32.1	29.7	27.5	28.8	28.67
C*	15.4	15.4	15.2	15.33	27.3	25	26	26.1	24.6	23.5	24	24.03	
h*	64,73	64.44	66,51	65,2	79,17	78,12	79,53	78,9	78,76	77,49	78,8	78,34	

Fuente: elaboración propia.

Continuación anexo 12: Caracterización de la formulación de la bebida después de ser sometida al tamizado (dilución).

CARACTERISTICAS	D3			PROM.	D4			PROM.		
	R1	R2	R3	D1	R1	R2	R3	D2		
Sólidos solubles (%)	6.4	6.54	6.6	6.51	6.35	6.12	6.19	6.22		
Ph	7.6	7.5	7.1	7.4	7.62	7.35	7.6	7.52		
Acidez (%P/P)	0.2	0.16	0.18	0.18	0.18	0.16	0.17	0.17		
L *	27.8	26.1	26.78	26.89	20.4	19.45	20.4	20.08	37	
a*	4.27	4.9	4.8	4.66	4.6	5.4	2.9	4.3	6.27	
Color	b*	21.9	22.4	20.9	21.73	22.36	20.49	23.4	22.08	32.1
C*	19.4	21.15	19.7	20.08	20.45	21.7	19.4	20.52	26.1	
h*	78,97	77,66	77,07	77,78	78,38	75,24	82,52	78,99	78,9	

Fuente: elaboración propia

Anexo 13: Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución).

CARACTERISTICAS	RESULTADO POR DILUCIÓN											
	D1			PROM.	D2			PROM.	D3			PROM.
	R1	R2	R3	D1	R1	R2	R3	D2	R1	R2	R3	D3
Volumen (Lt)	-	-	-	7.2	-	-	-	8	-	-	-	9
Peso (gr)	-	-	-	9900	-	-	-	10239	-	-	-	9900
pH	6.74	6.62	6.59	6.65	7.43	7.44	7.28	7.38	7.26	8.12	7.01	7.46
Acidez (%P/P)	0.412	0.231	0.267	0.3	0.159	0.14	0.169	0.156	0.158	0.145	0.129	0,144
Adición de maltodextrina (gr)	-	-	-	558	-	-	-	578	-	-	-	591
Sólidos solubles (%) después de la adición de maltodextrina	24.8	25.5	24.9	25.1	25.5	22.1	26.8	24.8	25.3	24.9	24.8	25
Adición de Pectinasa (gr)	-	-	-	0.8210	-	-	-	0.8012	-	-	-	0.8198
Adición de estevia (gr)	-	-	-	0.5544	-	-	-	0.5734	-	-	-	0.5544
Porcentaje de maltodextrina (%)	-	-	-	23.25	-	-	-	23.81	-	-	-	24.17
Humedad	75.59	73.99	74.98	74.9	75.05	76.2	77.04	76.1	74.83	74.91	75.2	74.98
L *	42.9	43.3	41.8	42.7	32.9	31.4	30.8	31.7	43.2	40.9	39.9	41.3
a*	7.25	6.85	6.79	7	5.9	5.8	5.7	5.8	5.8	4.9	4.9	5.2
Color b*	17.5	13.9	15.6	15.7	29.5	29.8	28.9	29.4	28.6	27.5	26.8	27.6
C*	16.5	17.9	17.2	17.2	30.9	29.4	29.7	30	28.9	27.8	27.6	28.1
H*	65.9	66.8	64.9	65.9	79.8	77.8	78.9	78.8	79.4	78.9	79.9	79.4

Fuente: elaboración propia

Continuación anexo 13: Caracterización de la formulación de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución).

CARACTERISTICAS	RESULTADO POR DILUCIÓN							
	D4			PROM. D4	D5			PROM. D5
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Volumen (Lt)	-	-	-	8.4	-	-	-	8.25
Peso (gr)	-	-	-	8568	-	-	-	8358
pH	7.59	7.46	7.42	7.49	7.98	7.32	7.98	7.76
Acidez (%P/P)	0.148	0.128	0.139	0.138	0.11	0.152	0.104	0.12
Adición de maltodextrina (gr)	-	-	-	605	-	-	-	675
Sólidos solubles (%) después de la adición de maltodextrina	24.9	25.5	24.3	24.9	24.9	24.3	24.8	24.7
Adición de Pectinasa (gr)	-	-	-	0.8124	-	-	-	0.8036
Adición de estevia (gr)	-	-	-	0.4798	-	-	-	0.4680
Porcentaje de maltodextrina (%)	-	-	-	25.18	-	-	-	25.45
Humedad	76.4	74.9	74.3	75.2	76.8	76.9	75.9	76.5
L *	42.6	43.1	43	46.5	46.1	46.3	46.3	31.7
a*	3.9	4.2	4.3	3.9	3.8	3.7	3.8	5.8
Color b*	19.6	21.2	20.5	21.9	21.4	20.9	21.4	29.4
C*	21.4	20.3	21	22.7	21.4	21.3	21.8	30
H*	79.1	77.3	78.2	79.9	81.4	78.9	80	78.8

Fuente: elaboración propia y **CEPER

Anexo 14: Resultados de los análisis fisicoquímicos de la bebida antes de ser sometida al secado (dilución).emitido por CERPER



INFORME DE ENSAYO N° 09-245-17

Solicitante : Meiry Madison Tafur Salazar
Domicilio legal : Urb. Villa teresita MZ A LT 05
Producto declarado : Bebida de mango con agua de coco edulcorado con estevia.
Cantidad de muestra : 1 muestra x 4 unidades x 500ml
 Muestra entregada por el solicitante
Forma de presentación : En botellas de vidrio selladas
Código de muestra : M3T6
Fecha de recepción : 11-09-17
Fecha de inicio del ensayo : 11-09-17
Fecha de término del ensayo : 13-09-17
Ensayo realizado en : Laboratorio de físico químico
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.
Análisis solicitados : Determinación de vitaminas A y C, cenizas, proteínas, carbohidratos y energía calórica total.

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Cenizas	g/100g	0,36 ± 0,10
Vitamina A	UI/100g	0,851 ± 0,06
Vitamina C	Mg/100g	30,00 ± 0,09
Proteína	(g/100g)*N*6,25	0,41± 0,07
Carbohidratos	g/100g	19 ± 0,09
Energía calórica total	Kcal/100g	68,00 ± 0,04

MÉTODO:

Cenizas: AOAC 940.26/00.
 Vitamina C: AOAC 967.21/90.
 Vitamina A: Cromatografía líquida
 Carbohidratos: Método del fenol-sulfúrico
 PROTEINAS: AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total).

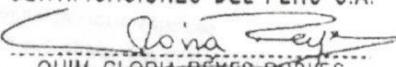
OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A

Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad como normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que o produce.

Callao, 13 de Septiembre Del 2017

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.


 QUIM. GLORIA REYES ROBLES
 C. Q. P. N° 400
 JEFE DE LABORATORIOS

Anexo 15: Resultado genreal de pH del producto en polvo rehidratado.

Resultados de ph de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado

Tratamientos / características		R1	R2	R3	R PROM.
Muestra	Te				
M1	130	6.78	7.25	7.2	7.077
	140	7.45	6.9	7.25	7.200
	150	6.67	6.54	6.75	6.653
M2	130	7.25	6.45	7.9	7.200
	140	7.41	7.22	7.1	7.243
	150	7.45	6.98	7.4	7.277
M3	130	6.85	6.98	6.45	6.760
	140	7.15	6.42	6.5	6.690
	150	7.89	7.44	6.78	7.370
M4	130	7.05	6.38	6.6	6.677
	140	6.98	6.9	6.55	6.810
	150	7.25	6.58	6.61	6.813
M5	130	7.11	6.9	7.02	7.010
	140	7.35	6.69	6.9	6.980
	150	7.25	7.55	7.4	7.400

Fuente: elaboración propia

Anexo 16: Análisis estadístico del pH.**Hipótesis**

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización influyen en el pH obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización no influyen en el pH obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de signficanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=numero de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	6.78	7.25	7.2	7.45	6.9	7.25	6.67	6.54	6.75
M2	7.25	6.45	7.9	7.41	7.22	7.1	7.45	6.98	7.4
M3	6.85	6.98	6.45	7.15	6.42	6.5	7.89	7.44	6.78
M4	7.05	6.38	6.6	6.98	6.9	6.55	7.25	6.58	6.61
M5	7.11	6.9	7.02	7.35	6.69	6.9	7.25	7.55	7.4
MEDIA	7.03			6.86			6.99		

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	7.077	7.200	6.653	6.977
M2	7.200	7.243	7.277	7.240
M3	6.760	6.690	7.370	6.940
M4	6.677	6.810	6.813	6.767
M5	7.010	6.980	7.400	7.130
MEDIA	6.945	6.98	7.1027	7.011

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 6.78^2 + 7.25^2 \dots + 7.55^2 + 7.40^2 - 45 \cdot 0.17^2 = 0.302$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(6.977^2 + 7.24^2 + 6.94^2 + 6.767^2 + 7.130^2) - 45 \cdot 7.011^2 = 1.193$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(6.945^2 + 6.985^2 + 7.103^2) - 45 \cdot 7.011^2 = 0.20244$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b -N. y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(7.077^2 + 7.2^2 \dots + 6.98^2 + 7.4^2) - 1.193 - 0.2044 = 443.89$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB} = 6.46 - 1.193 - 0.20244 - 443.8 = -438.822$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	1.193	4	0.29825	-0.02514	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	0.20244	2	0.10122	-0.00853	19,73	No existe ds
Iteraccion	443.89	2	221.945	-18.7136	5,73	No existe ds
Error	-438.822	37	-11.8601			
Total	6.46344	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a pH. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
Mezcla(a)	1.193	4	0.29825	2.295136148	5.717	No existe ds
T°c secado (b)	0.20244	2	0.10122	0.778922652	19.471	No existe ds
Error	5.068	39	0.129949			
Total	6.46344	45				

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertaura de secado por atomización no influyen en el pH obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Anexo 17: Resultado general de acidez del producto en polvo rehidratado.

Resultados de acidez de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado

Tratamientos / características		R1	R2	R3	R prom.
Muestra	Te				
M1	130	0.350	0.250	0.297	0.299
	140	0.350	0.480	0.260	0.363
	150	0.270	0.298	0.260	0.276
M2	130	0.250	0.190	0.290	0.243
	140	0.160	0.100	0.110	0.123
	150	0.140	0.110	0.128	0.126
M3	130	0.139	0.133	0.125	0.132
	140	0.130	0.125	0.124	0.126
	150	0.14	0.129	0.128	0.132
M4	130	0.142	0.138	0.134	0.138
	140	0.168	0.156	0.162	0.162
	150	0.159	0.149	0.143	0.150
M5	130	0.122	0.124	0.119	0.122
	140	0.131	0.125	0.122	0.126
	150	0.127	0.099	0.1146	0.11353

Fuente: elaboración propia

Anexo 18: Análisis estadístico de la acidez

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la acidez obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la acidez obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=numero de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	0.35	0.25	0.3	0.35	0.48	0.26	0.27	0.3	0.26
M2	0.25	0.19	0.29	0.16	0.1	0.11	0.14	0.11	0.13
M3	0.139	0.133	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.13
M4	0.142	0.138	0.13	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14
M5	0.122	0.124	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.1	0.11
MEDIA	0.2	0.17	0.19	0.19	0.2	0.16	0.17	0.16	0.15

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	0.299	0.363	0.276	0.313
M2	0.243	0.123	0.126	0.164
M3	0.132	0.126	0.132	0.130
M4	0.138	0.162	0.150	0.150
M5	0.122	0.126	0.114	0.120
MEDIA	0.187	0.180	0.159	0.176

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 0.35^2 + 0.25^2 \dots + 0.16^2 + 0.15^2 - 45 \cdot 0.176^2 = 0.3026$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(0.313^2 + 0.164^2 + 0.130^2 + 0.150^2 + 0.1200^2) - 45 \cdot 0.176^2 = 0.22$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(0.187^2 + 0.180^2 + 0.159^2) - 45 \cdot 0.176^2 = 0.006$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(0.299^2 + 0.363^2 \dots + 0.126^2 + 0.114^2) - 0.22 - 0.006 = 0.31$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB} = 0.3026 - 0.22 - 0.006 - 0.31 = -0.24$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	0.2222	4	0.055562	-8.569797	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	0.0060	2	0.00302	-0.465832	19,73	No existe ds
Iteraccion	0.3142	2	0.157107	-24.23208	5,73	No existe ds
Error	-0.2398	37	-0.00648			
Total	0.3026	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a acidez. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	0.222247	4	0.055562	29.1536	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	0.00604	2	0.00302	1.584718	19.471	No existe ds
Error	0.074327	39	0.001906			
Total	0.302615	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo, existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1- α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	3
J	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{0.0555}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{0.0555}{3}}$$

$$DSM = 0.101827$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
----	----	----	----	----

0.31 0.16 0.13 0.15 0.12

comparación	Comparación de Medias			Diferencia significativa
	Diferencia	diferencia absoluta	w	
M1 & M2	0.31-0.16	0.15	0.101827	Hay Signif.
M1 & M3	0.31-0.13	0.18	0.101827	Hay Signif.
M1 & M4	0.31-0.15	0.16	0.101827	Hay Signif.
M1 & M5	0.31-0.12	0.19	0.101827	Hay Signif.
M2 & M3	0.16-0.13	-0.03	0.101827	No hay Signif.
M2 & M1	0.16-0.31	0.15	0.101827	No hay Signif.
M2 & M4	0.16-0.15	0.01	0.101827	No hay Signif.
M2 & M5	0.16-0.12	0.04	0.101827	No hay Signif.
M3 & M1	0.13-0.31	-0.18	0.101827	No hay Signif.
M3 & M2	0.13-0.16	0.03	0.101827	No hay Signif.
M3 & M4	0.13-0.15	-0.02	0.101827	No hay Signif.
M3 & M5	0.13-0.12	0.01	0.101827	No hay Signif.
M4 & M1	0.15-0.31	-0.16	0.101827	No hay Signif.
M4 & M2	0.15-0.16	-0.01	0.101827	No hay Signif.
M4 & M3	0.15-0.13	0.02	0.101827	No hay Signif.
M4 & M5	0.15-0.12	0.03	0.101827	No hay Signif.
M5 & M1	0.12-0.31	-0.19	0.101827	No hay Signif.
M5 & M2	0.12-0.16	-0.04	0.101827	No hay Signif.
M5 & M3	0.12-0.13	-0.01	0.101827	No hay Signif.
M5 & M4	0.12-0.15	-0.03	0.101827	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en la acidez obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 19: Resultado general de humedad del producto en polvo.

Resultados de humedad de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado					
Tratamientos / características		R1	R2	R3	R prom.
Muestra	Te				
M1	130	8.25	8.76	8.06	8.357
	140	7.59	7.85	7.52	7.653
	150	7.03	6.84	6.75	6.873
M2	130	6.28	5.98	6.74	6.333
	140	5.78	4.92	5.43	5.377

	150	5.88	6.01	5.59	5.827
	130	5.98	6.21	5.87	6.020
M3	140	4.54	4.19	4.33	4.353
	150	5.85	4.98	5.38	5.403
	130	6.18	5.78	5.89	5.950
M4	140	6.03	5.92	5.84	5.930
	150	3.48	3.42	3.24	3.380
	130	5.03	4.47	4.7	4.733
M5	140	4.96	5.1	5.09	5.050
	150	4.56	4.25	4.21	4.340

Fuente: elaboración propia

Anexo 20: Análisis estadístico de humedad

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la humedad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la humedad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	8.250	8.76	8.06	7.59	7.85	7.52	7.03	6.84	6.75
M2	6.280	5.98	6.74	5.78	4.92	5.43	5.88	6.01	5.59
M3	5.980	6.21	5.87	4.54	4.19	4.33	5.85	4.98	5.38

M4	6.18	5.78	5.89	6.03	5.92	5.84	3.48	3.42	3.24
M5	5.03	4.47	4.70	4.96	5.10	5.09	4.56	4.25	4.21
MEDIA	6.34	6.24	6.25	5.78	5.60	5.64	5.36	5.10	5.03

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	8.357	7.653	6.873	7.628
M2	6.333	5.377	5.827	5.846
M3	6.020	4.353	5.403	5.259
M4	5.950	5.930	3.380	5.087
M5	4.733	5.050	4.340	4.708
MEDIA	6.2787	5.67267	5.16467	5.705

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 8.25^2 + 8.76^2 \dots + 5.10^2 + 5.03^2 - 45 \cdot 5.705^2 = 72.44$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(7.628^2 + 5.846^2 + 5.259^2 + 5.087^2 + 4.708^2) - 45 \cdot 5.705^2 = 47.63$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(6.2787^2 + 5.67267^2 + 5.16467^2) - 45 \cdot 5.705^2 = 9.33$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(8.375^2 + 7.653^2 \dots + 5.05^2 + 4.340^2) - 0.22 - 0.006 = 308.29$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB} = 72.44 - 47.63 - 9.33 - 308.29 = -292.82$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	47.6337	4	11.90842	-1.50471	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	9.33148	2	4.66574	-0.58955	19,73	No existe ds
Iteraccion	308.2975	2	154.1487	-19.4778	5,73	No existe ds
Error	-292.82	37	-7.91406			

Total 72.44232 45

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a la humedad. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	47.6337	4	11.90842	30.00738	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	9.33148	2	4.66574	11.75694	19.471	No existe ds
Error	15.47714	39	0.39685			
Total	72.44232	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	5
J	N° mezclas =	3

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{11.908}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{11.908}{3}}$$

$$DSM = 1.46938$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
7.63	5.85	5.26	5.09	4.71

Comparación de Medias

Comparación	Diferencia	diferencia bsoluta	w	Diferencia significativa
-------------	------------	--------------------	---	--------------------------

M1 & M2	7.63-5.85	1.78	1.46938	Hay Signif.
M1 & M3	7.63-5.26	2.37	1.46938	Hay Signif.
M1 & M4	7.63-5.09	2.54	1.46938	Hay Signif.
M1 & M5	7.63-4.71	2.92	1.46938	Hay Signif.
M2 & M3	5.85-5.26	-0.59	1.46938	No hay Signif.
M2 & M1	5.85-7.63	-1.78	1.46938	No hay Signif.
M2 & M4	5.85-5.09	0.76	1.46938	No hay Signif.
M2 & M5	5.85-4.71	1.14	1.46938	No hay Signif.
M3 & M1	5.26-7.63	-2.37	1.46938	No hay Signif.
M3 & M2	5.26-5.85	-0.59	1.46938	No hay Signif.
M3 & M4	5.26-5.09	0.17	1.46938	No hay Signif.
M3 & M5	5.26-4.71	0.55	1.46938	No hay Signif.
M4 & M1	5.09-7.63	-2.54	1.46938	No hay Signif.
M4 & M2	5.09-5.85	-0.76	1.46938	No hay Signif.
M4 & M3	5.09-5.26	-0.17	1.46938	No hay Signif.
M4 & M5	5.09-4.71	0.38	1.46938	No hay Signif.
M5 & M1	4.71-7.63	-2.92	1.46938	No hay Signif.
M5 & M2	4.71-5.85	-1.14	1.46938	No hay Signif.
M5 & M3	4.71-5.26	-0.55	1.46938	No hay Signif.
M5 & M4	4.71-5.09	-0.38	1.46938	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mang : agua de coco) influyen en la humedad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 21: Resultado general de solubilidad del producto en polvo rehidratado.

Resultados de solubilidad de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado					
Tratamientos / características		R1	R2	R3	R prom.
Muestra	Te				
M1	130	74.25	74.5	73.94	74.230
	140	73.85	73.75	73.24	73.613
	150	82.12	83.13	81.21	82.153
M2	130	81.58	80.98	82.1	81.553
	140	89.9	90.48	90.04	90.140
	150	91.95	92.52	91.95	92.140

M3	130	89.3	91.01	90.12	90.143
	140	91.26	91.98	92.44	91.893
	150	93.75	93.48	92.13	93.120
M4	130	91.21	91.17	90.98	91.120
	140	93.87	93.65	93.44	93.653
	150	90.38	92.14	91.24	91.253
M5	130	93.5	91.27	91.72	92.163
	140	96.89	95.34	96.52	96.250
	150	95.04	94.1	93.61	94.250

Fuente: elaboración propia

Anexo 22: Análisis estadístico de la solubilidad.

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la solubilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la solubilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	74.25	74.5	73.94	73.85	73.75	73.24	82.12	83.13	81.21
M2	81.58	80.98	82.1	89.9	90.48	90.04	91.95	92.52	91.95
M3	89.3	91.01	90.12	91.26	91.98	92.44	93.75	93.48	92.13
M4	91.21	91.17	90.98	93.87	93.65	93.44	90.38	92.14	91.24

M5	93.5	91.27	91.72	96.89	95.34	96.52	95.04	94.1	93.61
MEDIA	85.97	85.79	85.77	89.15	89.04	89.14	90.65	91.07	90.03

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	74.230	73.613	82.153	76.666
M2	81.553	90.140	92.140	87.944
M3	90.143	91.893	93.120	91.719
M4	91.120	93.653	91.253	92.009
M5	92.163	96.250	94.250	94.221
MEDIA	85.842	89.11	90.583	88.512

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 74.25^2 + 74.5^2 \dots + 91.070^2 + 90.03^2 - 45 \cdot 05.705^2 = 2152.2191$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(76.66^2 + 87.944^2 + 91.719^2 + 92.009^2 + 94.221^2) - 45 \cdot 88.512^2 = 1761.90$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(85.842^2 + 89.11^2 + 90.583^2) - 45 \cdot 5.705^2 = 176.654$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b -N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(74.23^2 + 73.613^2 \dots + 96.25^2 + 94.25^2) - 1761.9 - 176.654 = 70744.267$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB} = 2152.2191 - 1761.9 - 176.654 - 70744.267 = -70530.60$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
Mezcla(a)	1761.9	4	440.475	-0.23107	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	176.6539	2	88.32694	-0.04637	19,73	No existe ds
Iteraccion	70744.27	2	35372.13	-18.556	5,73	No existe ds
Error	-70530.6	37	-1906.23			
Total	2152.219	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a la solubilidad. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
Mezcla(a)	1761.9	4	440.475	80.399	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	176.6539	2	88.32694	16.1222	19.471	No existe ds
Error	213.665	39	5.47859			
Total	2152.219	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
n	N° tratamientos =	3
j	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{5.4785}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{5.4785}{3}}$$

$$DSM = 5.459529$$

Ordenando las medias:				
M1	M2	M3	M4	M5
76.67	87.94	91.72	92.01	94.22

Comparación de Medias

Comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	76.67-87.94	-11.28	5.459529	No hay Signif.
M1 & M3	76.67-91.73	-15.05	5.459529	No hay Signif.
M1 & M4	76.67-92.01	-15.34	5.459529	No hay Signif.
M1 & M5	76.67-94.22	-17.56	5.459529	No hay Signif.
M2 & M3	87.94-91.73	3.77	5.459529	No hay Signif.
M2 & M1	87.94-76.67	11.28	5.459529	Hay Signif.
M2 & M4	87.94-92.01	-4.06	5.459529	No hay Signif.
M2 & M5	87.94-94.22	-6.28	5.459529	No hay Signif.
M3 & M1	91.72-76.67	15.05	5.459529	Hay Signif.
M3 & M2	91.72-87.94	3.77	5.459529	No hay Signif.
M3 & M4	91.72-92.01	-0.29	5.459529	No hay Signif.
M3 & M5	91.72-94.22	-2.50	5.459529	No hay Signif.
M4 & M1	92.01-76.67	15.34	5.459529	Hay Signif.
M4 & M2	92.01-87.94	4.06	5.459529	No hay Signif.
M4 & M3	92.01-91.73	0.29	5.459529	No hay Signif.
M4 & M5	92.01-94.22	-2.21	5.459529	No hay Signif.
M5 & M1	94.22-76.67	17.56	5.459529	Hay Signif.
M5 & M2	94.22-87.94	6.28	5.459529	Hay Signif.
M5 & M3	94.22-91.73	2.50	5.459529	No hay Signif.
M5 & M4	94.22-92.01	2.21	5.459529	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en la solubilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla cinco.

Anexo 23: Resultado general de rendimiento del producto en polvo rehidratado.

Resultados de rendimiento de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado					
Tratamientos / características		R1	R2	R3	R prom.
Muestra	Te				
M1	130	18.52	20.48	21.25	20.083
	140	29.46	28.1	27.49	28.350
	150	39.81	41.02	39.61	40.147
M2	130	25.26	23.19	26.25	24.900
	140	25.14	21.334	22.98	23.151
	150	32.82	29.22	30.31	30.783

M3	130	29.45	25.14	26.98	27.190
	140	33.73	30.24	32.98	32.317
	150	49.51	44.29	46.48	46.760
M4	130	29.45	24.54	26.3	26.763
	140	32.71	30.12	28.49	30.440
	150	64.39	64.78	62.98	64.050
M5	130	30.27	30.72	29.89	30.293
	140	43.89	39.89	41.76	41.847
	150	83.9	81.25	81.52	82.223

Fuente: elaboración propia

Anexo 24: Análisis estadístico del rendimiento.

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en el rendimiento obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en el rendimiento obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	18.52	20.48	21.25	29.46	28.1	27.49	39.81	41.02	39.61
M2	25.26	23.19	26.25	25.14	21.33	22.98	32.82	29.22	30.31
M3	29.45	25.14	26.98	33.73	30.24	32.98	49.51	44.29	46.48

M4	29.45	24.54	26.3	32.71	30.12	28.49	64.39	64.78	62.98
M5	30.27	30.72	29.89	43.89	39.89	41.76	83.9	81.25	81.52
MEDIA	26.59	24.81	26.13	32.99	29.94	30.74	54.09	52.11	52.18

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	20.083	28.350	40.147	29.527
M2	24.900	23.151	30.783	26.278
M3	27.190	32.317	46.760	35.422
M4	26.763	30.440	64.050	40.418
M5	30.293	41.847	82.223	51.454
MEDIA	25.846	31.22093	52.7926	36.620

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 18.52^2 + 20.48^2 \dots + 52.11^2 + 52.18^2 - 45 \cdot 36.62^2 = 11948.257$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(29.527^2 + 26.278^2 + 35.422^2 + 40.418^2 + 51.454^2) - 45 \cdot 36.62^2 = 3538.676$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(25.846^2 + 31.22^2 + 52.792^2) - 45 \cdot 36.62^2 = 6101.762$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(20.083^2 + 28.35^2 \dots + 41.847^2 + 82.223^2) - 3538.676 - 6101.762 = 15505.48$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 11948.257 - 3538.676 - 6101.762 - 15505.48 = -70530.60$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	3538.676	4	884.6691	-2.48019	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	6101.762	2	3050.881	-8.553227	19,73	No existe ds
Iteraccion	15505.48	2	7752.74	-21.73501	5,73	No existe ds
Error	-13197.7	37	-356.694			
Total	11948.26	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a rendimiento. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	3538.676	4	884.6691	14.95008	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	6101.762	2	3050.881	51.55706	19.471	Existe ds
Error	2307.819	39	59.17484			
Total	11948.26	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	3
J	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{59.1748}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{59.1748}{3}}$$

$$DSM = 17.94276$$

Ordenando medias

M1	M2	M3	M4	M5
29.53	26.28	35.42	40.42	51.45

Comparación de Medias

Comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	29.53-26.28	3.25	17.94276	No hay Signif.
M1 & M3	29.53-35.42	-5.90	17.94276	No hay Signif.
M1 & M4	29.53-40.42	-10.89	17.94276	No hay Signif.
M1 & M5	29.53-51.45	-21.93	17.94276	No hay Signif.
M2 & M3	26.28-35.42	9.14	17.94276	No hay Signif.
M2 & M1	26.28-29.53	-3.25	17.94276	No hay Signif.
M2 & M4	26.28-40.42	-14.14	17.94276	No hay Signif.
M2 & M5	26.28-51.45	-25.18	17.94276	No hay Signif.
M3 & M1	35.42-29.53	5.90	17.94276	No hay Signif.
M3 & M2	35.42-26.28	9.14	17.94276	No hay Signif.
M3 & M4	35.42-40.42	-5.00	17.94276	No hay Signif.
M3 & M5	35.42-51.45	-16.03	17.94276	No hay Signif.
M4 & M1	40.42-29.53	10.89	17.94276	No hay Signif.
M4 & M2	40.42-26.28	14.14	17.94276	No hay Signif.
M4 & M3	40.42-35.42	5.00	17.94276	No hay Signif.
M4 & M5	40.42-51.45	-11.04	17.94276	No hay Signif.
M5 & M1	51.45-29.53	21.93	17.94276	Hay Signif.
M5 & M2	51.45-26.28	25.18	17.94276	Hay Signif.
M5 & M3	51.45-35.42	16.03	17.94276	No hay Signif.
M5 & M4	51.45-40.42	11.04	17.94276	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en el rendimiento obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla cinco.

Anexo 25: Resultado general de higroscopicidad del producto en polvo rehidratado.

Resultados de higroscopicidad de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado					
Tratamientos / características		R1	R2	R3	R Prom.
Muestra	Te				
M1	130	17.26	16.25	18.21	17.240
	140	15.42	16.98	16.12	16.173
	150	16.53	13.79	14.23	14.850
M2	130	15.98	16.24	15.69	15.970
	140	16.04	15.29	15.38	15.570
	150	13.95	12.34	12.9	13.063
M3	130	15.28	16.3	14.29	15.290
	140	15.45	11.42	12.98	13.283

M4	150	13.69	12.73	11.95	12.790
	130	15.24	13.25	13.56	14.017
	140	13.23	13.45	12.48	13.053
M5	150	12.15	13.85	12.95	12.983
	130	14.95	12.98	13.95	13.960
	140	14.01	12.05	13.15	13.070
	150	13.95	11.89	12.9	12.913

Fuente: elaboración propia

Anexo 26: Análisis estadístico de la higroscopicidad.

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la higroscopicidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la higroscopicidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=numero de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	17.26	16.25	18.21	15.42	16.98	16.12	16.53	13.79	14.23
M2	15.98	16.24	15.69	16.04	15.29	15.38	13.95	12.34	12.9
M3	15.28	16.3	14.29	15.45	11.42	12.98	13.69	12.73	11.95
M4	15.24	13.25	13.56	13.23	13.45	12.48	12.15	13.85	12.95
M5	14.95	12.98	13.95	14.01	12.05	13.15	13.95	11.89	12.9

MEDIA	15.74	15.00	15.14	14.83	13.84	14.02	14.05	12.92	12.99
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	17.240	16.173	14.850	16.088
M2	15.970	15.570	13.063	14.868
M3	15.290	13.283	12.790	13.788
M4	14.017	13.053	12.983	13.351
M5	13.960	13.070	12.913	13.314
MEDIA	15.2953	14.23	13.32	14.282

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 17.26^2 + 16.25^2 \dots + 12.92^2 + 12.99^2 - 45 \cdot 14.282^2 = 120.1281$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(16.088^2 + 14.868^2 + 13.788^2 + 13.351^2 + 13.314^2) - 45 \cdot 14.282^2 = 50.858$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(15.2953^2 + 14.23^2 + 13.32^2) - 45 \cdot 14.282^2 = 29.325$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(17.24^2 + 16.173^2 \dots + 13.07^2 + 12.913^2) - 50.858 - 29.325 = 1850.189$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 120.1281 - 50.858 - 29.325 - 1850.189 = -1810.244$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	50.85848	4	12.71462	-0.25987	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	29.32488	2	14.66244	-0.29968	19,73	No existe ds
Iteraccion	1850.189	2	925.0944	-18.9082	5,73	No existe ds
Error	-1810.24	37	-48.9255			

Total	120.1281	45
--------------	----------	----

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a higroscopicidad. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
Mezcla(a)	50.85848	4	12.71462	12.41392	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	29.32488	2	14.662442	14.3157	19.471	No existe ds
Error	39.94469	39	1.0242229			
Total	120.12806	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sinembargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	3
J	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{12.715}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{12.715}{3}}$$

$$DSM = 2.36058$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
16.09	14.87	13.79	13.35	13.31

Comparación de Medias

Comparación	Diferencia	Diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	16.09-14.87	1.22	2.36058	No hay Signif.

M1 & M3	16.09-13.79	2.30	2.36058	No hay Signif.
M1 & M4	16.09-13.35	2.74	2.36058	Hay Signif.
M1 & M5	16.09-13.31	2.77	2.36058	Hay Signif.
M2 & M3	14.87-13.79	-1.08	2.36058	No hay Signif.
M2 & M1	14.87-16.09	-1.22	2.36058	No hay Signif.
M2 & M4	14.87-13.35	1.52	2.36058	No hay Signif.
M2 & M5	14.87-13.31	1.55	2.36058	No hay Signif.
M3 & M1	13.79-16.09	-2.30	2.36058	No hay Signif.
M3 & M2	13.79-14.87	-1.08	2.36058	No hay Signif.
M3 & M4	13.79-13.35	0.44	2.36058	No hay Signif.
M3 & M5	13.79-13.31	0.47	2.36058	No hay Signif.
M4 & M1	13.35-16.09	-2.74	2.36058	No hay Signif.
M4 & M2	13.35-14.87	-1.52	2.36058	No hay Signif.
M4 & M3	13.35-13.79	-0.44	2.36058	No hay Signif.
M4 & M5	13.35-13.31	0.04	2.36058	No hay Signif.
M5 & M1	13.31-16.09	-2.77	2.36058	No hay Signif.
M5 & M2	13.31-14.87	-1.55	2.36058	No hay Signif.
M5 & M3	13.31-13.79	-0.47	2.36058	No hay Signif.
M5 & M4	13.31-13.35	-0.04	2.36058	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en la higroscopicidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 27: Resultado general de humectabilidad del producto en polvo rehidratado.

Resultados de humectabilidad de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado					
Tratamientos / características		R1	R2	R3	R prom.
Muestra	Te				
M1	130	12,35	13,16	12,54	12,68
	140	10,5	11,35	10,55	10,8
	150	11,45	10,58	9,54	10,52
M2	130	9,52	9,32	8,45	9,10
	140	10,46	9,59	10,45	10,17
	150	14,15	12,47	13,14	13,25
M3	130	7,56	7,13	6,59	7,09
	140	8,13	9,56	8,78	8,82
	150	10,23	9,45	9,56	9,75

M4	130	9,45	9,1	9,53	9,36
	140	9,5	10,15	9,14	9,60
	150	14,23	15,12	14,36	14,57
M5	130	12,45	13,54	12,23	12,74
	140	15,16	14,23	15,13	14,84
	150	12,46	13,15	11,25	12,29

Fuente: elaboración propia

Anexo 28: Análisis estadístico de la humectabilidad.

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la humectabilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la humectabilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	12.35	13.16	12.54	10.5	11.35	10.55	11.45	10.58	9.54
M2	9.52	9.32	8.45	10.46	9.59	10.45	14.15	12.47	13.14
M3	7.56	7.13	6.59	8.13	9.56	8.78	10.23	9.45	9.56
M4	9.45	9.1	9.53	9.5	10.15	9.14	14.23	15.12	14.36
M5	12.45	13.54	12.23	15.16	14.23	15.13	12.46	13.15	11.25
MEDIA	10.266	10.45	9.868	14.83	13.84	14.02	14.05	12.92	12.99

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	12.683	10.800	10.523	12.683
M2	9.097	10.167	13.253	9.097
M3	7.093	8.823	9.747	7.093
M4	9.360	9.597	14.570	9.360
M5	12.740	14.840	12.287	12.740
MEDIA	10.19467	10.84533	12.076	10.19467

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 12.35^2 + 13.16^2 \dots + 13.15^2 + 11.25^2 - 45 \cdot 11.039^2 = 224.1863$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(12.683^2 + 9.097^2 + 7.093^2 + 9.360^2 + 12.74^2) - 45 \cdot 11.039^2 = 12.4349$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(10.1947^2 + 10.8453^2 + 12.076^2) - 45 \cdot 11.039^2 = 27.3866$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b -N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(12.683^2 + 10.80^2 \dots + 614.84^2 + 12.87^2) - 12.4349 - 27.3866 = 1184.954$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 224.1863 - 12.4349 - 27.3866 - 1184.954 = -438.822$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------------

Mezcla(a)	102.43488	4	25.60871	-0.86881	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	27.386613	2	13.69330	-0.464567	19,73	No existe ds
Iteraccion	1184.9543	2	592.4771	-20.1007	5,73	No existe ds
Error	-1090.589	37	-29.47539			
Total	224.1863	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a humectabilidad. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

Fv	Sc	Gl	Mc	Fc	Ft	Conclusión
Mezcla(a)	102.43487	4	25.608	10.5838	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	27.386613	2	13.693	5.659300	19.471	No existe ds
Error	94.364831	39	2.4196			
Total	224.18632	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	3
J	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{2.4196}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{2.4196}{3}}$$

$$DSM = 3.6282$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
11.34	10.84	8.55	11.18	13.29

Comparación de Medias

comparación	Diferencia	diferencia bsoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	11.34-10.84	0.50	3.6282	No hay Signif.
M1 & M3	11.34-8.55	2.78	3.6282	No hay Signif.
M1 & M4	11.34-11.18	0.16	3.6282	No hay Signif.
M1 & M5	11.34-3.29	-1.95	3.6282	No hay Signif.
M2 & M3	10.84-8.55	-2.28	3.6282	No hay Signif.
M2 & M1	10.84-11.34	-0.50	3.6282	No hay Signif.
M2 & M4	10.84-11.18	-0.34	3.6282	No hay Signif.
M2 & M5	10.84-3.29	-2.45	3.6282	No hay Signif.
M3 & M1	8.55-11.34	-2.78	3.6282	No hay Signif.
M3 & M2	8.55-10.84	-2.28	3.6282	No hay Signif.
M3 & M4	8.55-11.18	-2.62	3.6282	No hay Signif.
M3 & M5	8.55-3.29	-4.73	3.6282	No hay Signif.
M4 & M1	11.18-11.34	-0.16	3.6282	No hay Signif.
M4 & M2	11.18-10.84	0.34	3.6282	No hay Signif.
M4 & M3	11.18-8.55	2.62	3.6282	No hay Signif.
M4 & M5	11.18-3.29	-2.11	3.6282	No hay Signif.
M5 & M1	3.29-11.34	1.95	3.6282	No hay Signif.
M5 & M2	3.29-10.84	2.45	3.6282	No hay Signif.
M5 & M3	3.29-8.55	4.73	3.6282	Hay Signif.
M5 & M4	3.29-11.18	2.11	3.6282	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en la humectabilidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla cinco.

Anexo 29: Resultado general de color del producto en polvo rehidratado.

Resultados de color de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado

Tratamientos / características		L *				a*				b*			
		R1	R2	R3	R PROM.	R1	R2	R3	R PROM.	R1	R2	R3	R PROM.
Muestra	Te												
M1	130	33.45	35.16	34.12	34.243	5.24	5.76	5.26	5.42	27.8	29.14	27.15	28.03
	140	33.45	36.12	34.21	34.593	5.1	5.48	5.24	5.273	29.48	24.18	29.14	27.6
	150	33.98	30.47	31.9	32.117	5.02	4.62	4.98	4.873	23.56	28.35	27.35	26.42
M2	130	37.25	36.45	35.16	36.287	4.98	3.46	5.2	4.547	25.98	27.45	26.48	26.637
	140	39.79	37.79	38.85	38.81	3.23	3.19	2.9	3.107	26.19	24.98	25.41	25.527
	150	28.86	30.92	29.93	29.903	5.2	4.25	4.46	4.637	26.25	25.18	25.14	25.523
M3	130	43.12	40.15	43.1	42.123	2.16	2.15	2.1	2.137	23.09	19.48	21.12	21.23
	140	36.45	32.31	34.75	34.503	1.7	1.59	1.59	1.627	19.05	18.14	18.4	18.53
	150	30.18	30.75	32.95	31.293	1.25	1.45	1.25	1.317	20.15	18.14	19.65	19.313
M4	130	39.48	37.42	37.68	38.193	-0.97	-0.95	-0.89	-0.937	21.28	21.34	21.08	21.233
	140	42.15	36.14	39.58	39.29	2.46	3.15	3.1	2.903	19.98	20.78	20.15	20.303
	150	44.98	42.15	43.5	43.543	4.01	4.25	3.99	4.083	21.95	19.45	21.12	20.84
M5	130	41.15	39.25	38.17	39.523	1.2	1.14	1.1	1.147	22.14	19.04	19.48	20.22
	140	43.85	41.83	42.8	42.827	2.29	2.88	2.7	2.623	21.93	22.15	18.14	20.74
	150	46.74	45.26	44.2	45.4	3.25	3.1	3.02	3.123	22.19	21.9	21.15	21.747

Fuente: elaboración propia

Continuación del anexo 29: Resultado general de color del producto en polvo rehidratado.

Resultados de color de las muestras sometidas a diferentes parámetros de secado.

Tratamientos / características	Te	C*			R prom.	H*			R prom.
		R1	R2	R3		R1	R2	R3	
M1	130	27.48	26.45	28.15	27.36	79.24	82.14	81.45	80.943
	140	27.14	26.15	28.14	27.143	77.16	79.15	74.25	76.853
	150	27.98	25.74	26.78	26.833	79.15	82.15	78.15	79.817
M2	130	25.98	27.14	25.13	26.083	82.14	76.15	84.15	80.813
	140	26.14	24.15	25.3	25.197	81.15	77.75	83.92	80.94
	150	27.8	24.16	26.1	26.02	81.24	78.15	79.95	79.78
M3	130	20.14	18.15	20.02	19.437	83.04	84.05	81.15	82.747
	140	19.28	19.14	17.18	18.533	86.14	86.15	83.12	85.137
	150	25.84	23.9	24.9	24.88	82.14	79.28	80.14	80.52
M4	130	22.31	20.14	21.23	21.227	90.98	90.45	91.25	90.893
	140	22.34	19.84	18.44	20.207	83.14	80.16	81.75	81.683
	150	22.44	20.14	21.14	21.24	81.25	77.14	79.00	79.13
M5	130	21.91	19.48	20.74	20.71	80.16	82.94	81.98	81.693
	140	21.95	19.74	20.97	20.887	83.84	81.75	82.79	82.793
	150	23.84	19.95	21.98	21.923	83.14	80.72	81.96	81.94

Fuente: elaboración propia

Anexo 30: Análisis estadístico de la luminosidad (L^*).

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en la luminosidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en la luminosidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Nivel de significanza: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=numero de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	33.45	35.16	34.12	33.45	36.12	34.21	33.98	30.47	31.9
M2	37.25	36.45	35.16	39.79	37.79	38.85	28.86	30.92	29.93
M3	43.12	40.15	43.1	36.45	32.31	34.75	30.18	30.75	32.95
M4	39.48	37.42	37.68	42.15	36.14	39.58	44.98	42.15	43.5
M5	41.15	39.25	38.17	43.85	41.83	42.8	46.74	45.26	44.2
MEDIA	38.89	37.69	37.65	39.14	36.84	38.04	36.95	35.91	36.5

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	34.243	34.593	32.117	33.651
M2	36.287	38.810	29.903	35.000
M3	42.123	34.503	31.293	35.973
M4	38.193	39.290	43.543	40.342
M5	39.523	42.827	45.400	42.583
MEDIA	38.074	38.0047	36.45133	37.510

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 33.45^2 + 35.16^2 \dots + 35.91^2 + 36.50^2 - 45 \cdot 37.51^2 = 1009.869$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(33.651^2 + 35.00^2 + 35.973^2 + 40.342^2 + 42.583^2) - 45 \cdot 37.51^2 = 515.82$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(38.074^2 + 38.0047^2 + 36.451^2) - 45 \cdot 37.51^2 = 25.2535$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b -N. y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(34.243^2 + 34.593^2 \dots + 42.827^2 + 45.40^2) - 515.82 - 25.2535 = 13065.663$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 1009.869 - 515.82 - 25.2535 - 13065.66 = -12596.8612$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	515.8139	4	128.95348	-0.37876	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	25.253493	2	12.626746	-0.037087	19,73	No existe ds
Iteraccion	13065.662	2	6532.8313	-19.18849	5,73	No existe ds
Error	-12596.861	37	-340.45570			
Total	1009.869	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a la luminocidad. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	515.81396	4	128.9535	10.7278	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	25.25349	2	12.62675	1.05043	19.471	No existe ds
Error	468.8016	39	12.02055			
Total	1009.869	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
n	N° tratamientos =	3
j	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{128.954}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{128.954}{3}}$$

$$DSM = 8.08692$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
16.09	14.87	13.79	13.35	13.31

Comparación de Medias

comparación	Diferencia	diferencia bsoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	16.09-14.87	-1.35	8.08692	No hay Signif.
M1 & M3	16.09-13.79	-2.32	8.08692	No hay Signif.
M1 & M4	16.09-13.35	-6.69	8.08692	No hay Signif.
M1 & M5	16.09-13.31	-8.93	8.08692	No hay Signif.
M2 & M3	14.87-13.79	0.97	8.08692	No hay Signif.
M2 & M1	14.87-16.09	1.35	8.08692	No hay Signif.
M2 & M4	14.87-13.35	-5.34	8.08692	No hay Signif.
M2 & M5	14.87-13.31	-7.58	8.08692	No hay Signif.
M3 & M1	13.79-16.09	2.32	8.08692	No hay Signif.
M3 & M2	13.79-14.87	0.97	8.08692	No hay Signif.
M3 & M4	13.79-13.35	-4.37	8.08692	No hay Signif.
M3 & M5	13.79-13.31	-6.61	8.08692	No hay Signif.
M4 & M1	13.35-16.09	6.69	8.08692	No hay Signif.
M4 & M2	13.35-14.87	5.34	8.08692	No hay Signif.
M4 & M3	13.35-13.79	4.37	8.08692	No hay Signif.
M4 & M5	13.35-13.31	-2.24	8.08692	No hay Signif.
M5 & M1	13.31-16.09	8.93	8.08692	Hay Signif.
M5 & M2	13.31-14.87	7.58	8.08692	No hay Signif.
M5 & M3	13.31-13.79	6.61	8.08692	No hay Signif.
M5 & M4	13.31-13.35	2.24	8.08692	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en la luminocidad obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla cinco.

Anexo 31: Análisis estadístico de valor rojo/verde (a*)

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en el valor rojo/verde obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en el valor rojo/verde obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia)

Nivel de significanza: $\alpha = 0,05(5\%)$

Prueba estadística: Análisis factorial de $3 \times 5 \times 3$

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=numero de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	5.24	5.76	5.26	5.1	5.48	5.24	5.02	4.62	4.98
M2	4.98	3.46	5.2	3.23	3.19	2.9	5.2	4.25	4.46
M3	2.16	2.15	2.1	1.7	1.59	1.59	1.25	1.45	1.25
M4	-0.97	-0.95	-0.89	2.46	3.15	3.1	4.01	4.25	3.99
M5	1.2	1.14	1.1	2.29	2.88	2.7	3.25	3.1	3.02
MEDIA	2.52	2.31	2.55	2.96	3.26	3.11	3.75	3.53	3.54

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	5.420	5.273	4.873	5.189
M2	4.547	3.107	4.637	4.097
M3	2.137	1.627	1.317	1.693
M4	-0.937	2.903	4.083	2.017
M5	1.170	2.090	3.017	2.208
MEDIA	2.4627	3.1067	3.6067	3.059

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 5.24^2 + 5.76^2 \dots + 3.53^2 + 3.54^2 - 45 \cdot 3.059^2 = 131.521$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(5.189^2 + 4.097^2 + 1.693^2 + 2.017^2 + 2.208^2) - 45 \cdot 3.059^2 = 78.637$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(2.462^2 + 3.1067^2 + 3.607^2) - 45 \cdot 3.059^2 = 9.867$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b -N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(5.42^2 + 5.273^2 \dots + 2.09^2 + 3.017^2) - 78.637 - 9.867 = 124.2294$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 1009.869 - 78.637 - 9.867 - 124.2294 = -81.2125$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	78.63674	4	19.65918	-8.95661	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	9.86736	2	4.93368	-2.24775	19,73	No existe ds
Iteraccion	124.2294	2	62.11469	-28.2991	5,73	No existe ds
Error	-81.2125	37	-2.19493			
Total	131.5209	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a al valor rojo/verde. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	78.63674	4	19.65918	17.82345	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	9.86736	2	4.93368	4.472983	19.471	No existe ds
Error	43.01682	39	1.102995			
Total	131.52092	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	N° tratamientos =	3
J	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{78.63674}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{78.63674}{3}}$$

$$DSM = 2.4497$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
5.19	4.10	1.69	2.02	3.02

Comparación de Medias

comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	5.19-4.10	1.09	2.4497	No hay Signif.

M1 & M3	5.19-1.69	3.50	2.4497	Hay Signif.
M1 & M4	5.19-2.02	3.17	2.4497	Hay Signif.
M1 & M5	5.19-3.02	2.17	2.4497	No hay Signif.
M2 & M3	4.10-1.69	-2.40	2.4497	No hay Signif.
M2 & M1	4.10-5.19	-1.09	2.4497	No hay Signif.
M2 & M4	4.10-2.02	2.08	2.4497	No hay Signif.
M2 & M5	4.10-3.02	1.08	2.4497	No hay Signif.
M3 & M1	1.69-5.19	-3.50	2.4497	No hay Signif.
M3 & M2	1.69-4.10	-2.40	2.4497	No hay Signif.
M3 & M4	1.69-2.02	-0.32	2.4497	No hay Signif.
M3 & M5	1.69-3.02	-1.33	2.4497	No hay Signif.
M4 & M1	2.02-5.19	-3.17	2.4497	No hay Signif.
M4 & M2	2.02-4.10	-2.08	2.4497	No hay Signif.
M4 & M3	2.02-1.69	0.32	2.4497	No hay Signif.
M4 & M5	3.02-3.02	-1.00	2.4497	No hay Signif.
M5 & M1	3.02-5.19	-2.17	2.4497	No hay Signif.
M5 & M2	3.02-4.10	-1.08	2.4497	No hay Signif.
M5 & M3	3.02-1.69	1.33	2.4497	No hay Signif.
M5 & M4	3.02-2.02	1.00	2.4497	No hay Signif.

Conclusión: La dilución influyen (mango : agua de coco) en el valor rojo/verde obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 32: Análisis estadístico de valor amarillo/azul (b*)

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización influyen en el valor amarillo/azul obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia)

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización no influyen en el valor amarillo/azul obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	27.8	29.14	27.15	29.48	24.18	29.14	23.56	28.35	27.35
M2	25.98	27.45	26.48	26.19	24.98	25.41	26.25	25.18	25.14
M3	23.09	19.48	21.12	19.05	18.14	18.4	20.15	18.14	19.65
M4	21.28	21.34	21.08	19.98	20.78	20.15	21.95	19.45	21.12
M5	22.14	19.04	19.48	21.93	22.15	18.14	22.19	21.9	21.15
MEDIA	24.06	23.29	23.06	23.33	22.05	22.25	22.82	22.6	22.88

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	28.030	27.600	26.420	27.350
M2	26.637	25.527	25.523	25.896
M3	21.230	18.530	19.313	19.691
M4	21.233	20.303	20.840	20.792
M5	20.590	21.187	20.743	20.902
MEDIA	23.47	22.54	22.7687	22.926

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 27.8^2 + 29.14^2 \dots + 22.6^2 + 22.88^2 - 45 \cdot 22.926^2 = 557.7856$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(27.35^2 + 25.89^2 + 19.69^2 + 20.79^2 + 20.90^2) - 45 \cdot 22.926^2 = 427.529$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(23.47^2 + 22.54^2 + 22.76^2) - 45 \cdot 22.926^2 = 7.04528$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(28.03^2 + 27.6^2 \dots + 21.187^2 + 20.743^2) - 427.529 - 7.04528 = 4721.59$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 557.7856 - 427.529 - 7.04528 - 4721.59 = -4598.3824$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	427.5290	4	106.882	-0.86001	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	7.045284	2	3.522642	-0.02834	19,73	No existe ds
Iteraccion	4721.59	2	2360.79	-18.99569	5,73	No existe ds
Error	-4598.38	37	-124.28			
Total	557.7855	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a valor amarillo/azul. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	427.529	4	106.882	33.8314	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	7.04528	2	3.52264	1.11502	19.471	No existe ds
Error	123.211	39	3.15926			
Total	557.785	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

$1-\alpha$	Valor crítico a 5%	
q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
n	N° tratamientos =	3
j	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{3.15926}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{3.15926}{3}}$$

$$DSM = 4.14585$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
27.35	25.90	19.69	20.79	21.15

Comparación de Medias

comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	27.35-25.9	1.45	4.14585	No hay Signif.
M1 & M3	27.35-19.69	7.66	4.14585	Hay Signif.
M1 & M4	27.35-20.79	6.56	4.14585	Hay Signif.
M1 & M5	27.35-21.15	6.20	4.14585	Hay Signif.
M2 & M3	25.9-19.69	-6.20	4.14585	No hay Signif.
M2 & M1	25.9-27.35	-1.45	4.14585	No hay Signif.
M2 & M4	25.9-20.79	5.10	4.14585	Hay Signif.
M2 & M5	25.9-21.15	4.75	4.14585	Hay Signif.
M3 & M1	19.69-27.35	-7.66	4.14585	No hay Signif.
M3 & M2	19.69-25.9	-6.20	4.14585	No hay Signif.
M3 & M4	19.69-20.79	-1.10	4.14585	No hay Signif.
M3 & M5	19.69-21.15	-1.46	4.14585	No hay Signif.
M4 & M1	20.79-27.35	-6.56	4.14585	No hay Signif.
M4 & M2	20.79-25.9	-5.10	4.14585	No hay Signif.
M4 & M3	20.79-19.69	1.10	4.14585	No hay Signif.
M4 & M5	20.79-21.15	-0.36	4.14585	No hay Signif.
M5 & M1	21.15-27.35	-6.20	4.14585	No hay Signif.
M5 & M2	21.15-25.9	-4.75	4.14585	No hay Signif.
M5 & M3	21.15-19.69	1.46	4.14585	No hay Signif.
M5 & M4	21.15-20.79	0.36	4.14585	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en el valor amarillo/azul obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 33: Análisis estadístico de valor chroma (C)

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en el valor de chroma obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en el valor de chroma obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5 \quad b = 3 \quad n = 3 \quad N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	27.48	26.45	28.15	27.14	26.15	28.14	27.98	25.74	26.78
M2	25.98	27.14	25.13	26.14	24.15	25.3	27.8	24.16	26.1
M3	20.14	18.15	20.02	19.28	19.14	17.18	25.84	23.9	24.9
M4	22.31	20.14	21.23	22.34	19.84	18.44	22.44	20.14	21.14
M5	21.91	19.48	20.74	21.95	19.74	20.97	23.84	19.95	21.98
MEDIA	23.56	22.27	23.05	23.37	21.8	22.01	25.58	22.78	24.18

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	27.360	27.143	26.833	27.360
M2	26.083	25.197	26.020	26.083
M3	19.437	18.533	24.880	19.437
M4	21.227	20.207	21.240	21.227
M5	20.695	20.810	21.587	20.695
MEDIA	22.9633	22.3933	24.1793	22.9633

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 27.48^2 + 26.45^2 \dots + 22.78^2 + 24.18^2 - 45 \cdot 23.179^2 = 451.309$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(27.36^2 + 26.083^2 + 19.437^2 + 21.227^2 + 20.695^2) - 45 \cdot 23.179^2 = 327.526$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(23.47^2 + 22.54^2 + 22.76^2) - 45 \cdot 23.179^2 = 24.967$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b -N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(22.96^2 + 22.39^2 \dots + 24.17^2 + 22.96^2) - 327.526 - 24.967 = 4837.184$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 4837.184 - 327.526 - 24.967 - 4837.184 = -4738.368$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	327.52647	4	81.8816	-0.6393	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	24.96676	2	12.4833	-0.0974	19,73	No existe ds
Iteraccion	4837.1843	2	2418.59	-18.88	5,73	No existe ds
Error	-4738.368	37	-128.0639			
Total	451.30962	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan Al chroma. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCION

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	327.52647	4	81.88162	32.3163	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	24.96676	2	12.48338	4.926833	19.471	No existe ds
Error	98.816384	39	2.533753			
Total	451.30962	45				

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
n	N° tratamientos =	3
j	N° mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{2.5337}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{2.5337}{3}}$$

$$DSM = 3.71281$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
27.11	25.77	20.95	20.89	21.98

Comparación de Medias

comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
M1 & M2	27.11-25.77	1.35	3.71281	No hay Signif.
M1 & M3	27.11-20.95	6.16	3.71281	Hay Signif.
M1 & M4	27.11-20.89	6.22	3.71281	Hay Signif.
M1 & M5	27.11-21.98	5.13	3.71281	Hay Signif.
M2 & M3	25.77-20.95	-4.82	3.71281	No hay Signif.
M2 & M1	25.77-27.11	-1.35	3.71281	No hay Signif.

M2 & M4	25.77-20.89	4.88	3.71281	Hay Signif.
M2 & M5	25.77-21.98	3.79	3.71281	Hay Signif.
M3 & M1	20.95-27.11	-6.16	3.71281	No hay Signif.
M3 & M2	20.95-25.77	-4.82	3.71281	No hay Signif.
M3 & M4	20.95-20.89	0.06	3.71281	No hay Signif.
M3 & M5	20.95-21.98	-1.03	3.71281	No hay Signif.
M4 & M1	20.89-27.11	-6.22	3.71281	No hay Signif.
M4 & M2	20.89-25.77	-4.88	3.71281	No hay Signif.
M4 & M3	20.89-20.95	-0.06	3.71281	No hay Signif.
M4 & M5	20.89-21.98	-1.09	3.71281	No hay Signif.
M5 & M1	21.98-21.98	-5.13	3.71281	No hay Signif.
M5 & M2	21.98-25.77	-3.79	3.71281	No hay Signif.
M5 & M3	21.98-20.95	1.03	3.71281	No hay Signif.
M5 & M4	21.98-20.89	1.09	3.71281	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en el valor de chroma obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla uno.

Anexo 34: Análisis estadístico de valor del tono o matriz (H)

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización influyen en el valor tono o matriz obtenidos en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertura de secado por atomización no influyen en el valor tono o matriz obtenidos en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 3x5x3

a= mezclas,

b= temperaturas (tratamiento de secado)

n= repeticiones

N=número de resultados

Entonces, $a = 5$ $b = 3$ $n = 3$ $N = 45$

Ordenamiento de datos

	T1			T2			T3		
M1	79.24	82.14	81.45	77.16	79.15	74.25	79.15	82.15	78.15
M2	82.14	76.15	84.15	81.15	77.75	83.92	81.24	78.15	79.95
M3	83.04	84.05	81.15	86.14	86.15	83.12	82.14	79.28	80.14
M4	90.98	90.45	91.25	83.14	80.16	81.75	81.25	77.14	79
M5	80.16	82.94	81.98	83.84	81.75	82.79	83.14	80.72	81.96
MEDIA	83.11	83.15	84	82.29	80.99	81.17	81.38	79.49	79.84

Las medias de las observaciones son:

	T1	T2	T3	MEDIA
M1	80.943	76.853	79.817	79.204
M2	80.813	80.940	79.780	80.511
M3	82.747	85.137	80.520	82.801
M4	90.893	81.683	79.130	83.902
M5	81.550	82.523	82.217	82.142
MEDIA	83.418	81.48133	80.23733	81.712

Las sumas de cuadrados son:

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (y_{ijk} - y \dots)^2$$

$$SCT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c y^2 - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SCT = 79.24^2 + 82.14^2 \dots + 79.49^2 + 79.84^2 - 45 \cdot 81.712^2 = 247.231$$

$$SC_A = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_A = 9(79.204^2 + 80.511^2 + 82.801^2 + 83.90^2 + 82.142^2) - 45 \cdot 81.712^2 = 125.08467$$

$$SC_B = bn \sum_{i=1}^a y^{-2} - N \cdot y^{-2} \dots$$

$$SC_B = 15(83.418^2 + 81.48133^2 + 80.23733^2) - 45 \cdot 81.712^2 = 77.07427$$

$$SC_{AB} = bn \sum_{i=1}^a \sum_{i=1}^b - N \cdot y^{-2} \dots - SC_A - SC_B$$

$$SC_{AB} = 3(80.94^2 + 76.85^2 \dots + 82.52^2 + 82.217^2) - 125.08467 - 77.07427 = 60255.38$$

$$SCE = SCT - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

$$SCE = 247.231 - 125.08467 - 77.07427 - 60255.38 = -60210.3134$$

ANOVA CON INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla(a)	125.08467	4	31.271	-0.01922	5,73	No existe ds
T°c secado (b)	77.07427	2	38.531	-0.02368	19,73	No existe ds
Iteraccion	60255.38	2	30127.69	-18.5138	5,73	No existe ds
Error	-60210.31	37	-1627.30			
Total	247.23098	45				

Por tanto, no hay evidencia de la existencia de interacción entre los factores. Los efectos de la mezcla y de la temperatura de secado empleado afectan a tono o matriz. En este caso, debemos simplificar el modelo, considerando un modelo sin interacción (juntando las sumas de cuadrados de la interacción a las del error), donde la tabla ANOVA sería:

ANOVA SIN INTERACCIÓN

FV	SC	GL	MC	FC	FT	CONCLUSIÓN
Mezcla (a)	125.08467	4	31.27117	27.05836	5.717	Existe ds
T°c secado (b)	77.07427	2	38.53714	33.34547	19.471	Existe ds
Error	45.07204	39	1.155693			
Total	247.23098	45				

Existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado) y en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en tratamientos:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1-α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	3.45
N	N° mezclas =	5
J	N° tratamientos =	3

$$DMS =_{0,95} q_{3,39} \sqrt{\frac{1.1557}{5}}$$

$$DMS = 3.45 \sqrt{\frac{1.1557}{5}}$$

$$DSM = 1.65865$$

Ordenando las medias:

T1	T2	T3
83.42	81.48	80.24

Comparación	Diferencia	diferencia absoluta	w	Diferencia significativa
T1 & T2	83.42-81.48	1.94	1.65865	Hay Signif.
T1 & T3	83.42-80.24	3.18	1.65865	Hay Signif.
T2 & T3	81.48-80.24	1.24	1.65865	No hay Signif.
T2 & T1	81.48-83.42	-1.94	1.65865	No hay Signif.
T3 & T2	80.24-81.48	-1.24	1.65865	No hay Signif.
T3 & T1	80.24-83.42	-3.18	1.65865	No hay Signif.

No existe diferencia significativa en los tratamientos (temperaturas de secado), sin embargo existe diferencia significativa en las Mezclas.

Aplicando la prueba de Tukey en mezcla:

$$DMS =_{1-\alpha} q_{j,gle} \sqrt{\frac{MCE}{n}}$$

1- α	Valor crítico a 5%	
Q	Valor dados en la tabla de Tukey a 5% de probabilidad =	4.04
N	Nº tratamientos =	3
J	Nº mezclas =	5

$$DMS =_{0,95} q_{5,39} \sqrt{\frac{1.1557}{3}}$$

$$DMS = 4.04 \sqrt{\frac{1.1557}{3}}$$

$$DSM = 2.507506$$

Ordenando las medias:

M1	M2	M3	M4	M5
79.20	80.51	82.80	83.90	81.96

Comparación de Medias

Comparación	Diferencia	diferencia absoluta	W	Diferencia significativa
M1 & M2	79.20-80.51	-1.31	2.50751	No hay Signif.
M1 & M3	79.20-82.80	-3.60	2.50751	No hay Signif.
M1 & M4	79.20-83.90	-4.70	2.50751	No hay Signif.
M1 & M5	79.20-81.96	-2.76	2.50751	No hay Signif.
M2 & M3	80.51-82.80	2.29	2.50751	No hay Signif.

M2 & M1	80.51-79.20	1.31	2.50751	No hay Signif.
M2 & M4	80.51-83.90	-3.39	2.50751	No hay Signif.
M2 & M5	80.51-81.96	-1.45	2.50751	No hay Signif.
M3 & M1	82.80-79.20	3.60	2.50751	Hay Signif.
M3 & M2	82.80-80.51	2.29	2.50751	No hay Signif.
M3 & M4	82.80-83.90	-1.10	2.50751	No hay Signif.
M3 & M5	82.80-81.96	0.84	2.50751	No hay Signif.
M4 & M1	83.90-79.20	4.70	2.50751	Hay Signif.
M4 & M2	83.90-80.51	3.39	2.50751	Hay Signif.
M4 & M3	83.90-82.80	1.10	2.50751	No hay Signif.
M4 & M5	83.90-81.96	1.94	2.50751	No hay Signif.
M5 & M1	81.96-79.20	2.76	2.50751	Hay Signif.
M5 & M2	81.96-80.51	1.45	2.50751	No hay Signif.
M5 & M3	81.96-82.80	-0.84	2.50751	No hay Signif.
M5 & M4	81.96-83.90	-1.94	2.50751	No hay Signif.

Conclusión: La dilución (mango : agua de coco) influyen en el valor tono o matriz obtenidas en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia), presentando diferencia la mezcla cuatro.

Anexo 35: Cartilla para la evaluación sensorial.

FICHA DE EVALACIÓN SENSORIAL PARA PULPA DE MANGO Y AGUA DE COCO ATOMIZADO															
PRODUCTO: Bebida instantánea de pulpa de mango con agua de coco															
NOMBRE:															
FECHA:		/ /				PRUEBA N°:									
INSTRUCCIONES: Ordene las muestras en orden creciente (de menor a mayor), siendo 1 menos aceptable y 15 más aceptable de acuerdo a su aceptación en las características de sabor, olor y color.															
CARACTERÍSTICAS:	202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	401
SABOR															
OLOR															
COLOR															
OBSERVACIONE:															

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36: Cálculo de los resultados de análisis sensorial de sabor.

Codificación de las muestras

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341

Hipótesis

Ho: La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en las características sensoriales (sabor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con

estevia).Ha: La dilución (mango : agua de coco) y la tempertaura de secado por atomización no influyen en las características sensoriales (sabor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mangio con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: prueba de Friedman

Calcula estadístico de Friedman X²R

N= jueces

K= Tratamientos

Jueces / tratamientos	202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	11	10	9	6	12	14	15	13	7	8	5	3	2	1	4
2	8	7	10	12	11	15	13	14	9	5	3	1	4	6	2
3	6	5	8	12	10	13	14	15	9	4	11	2	1	3	7
4	10	8	7	11	12	14	13	15	6	5	3	4	1	9	2
5	8	9	11	6	14	13	10	14	12	4	3	5	1	2	7
6	12	9	11	8	15	10	14	13	1	3	5	2	4	6	7
7	11	15	12	9	7	10	13	14	8	5	4	3	1	2	6
8	12	10	6	8	9	11	15	14	13	4	2	3	1	7	5
9	10	8	9	11	13	15	14	12	7	4	6	5	2	1	3
10	9	10	7	11	8	13	15	14	12	6	3	2	4	1	5

Fuente: elaboración propia

CALCULO DEL ESTADÍSTICO X²R

$$X^2_r = \left(\frac{12 * \sum Ri^2}{N * K * (K + 1)} \right) - 3 * N * (K + 1)$$

$$X^2_r = \left(\frac{12 * (97^2 + 91^2 \dots \dots + 38^2 + 48^2)}{10 * 15 * (15 + 1)} \right) - 3 * 10 * (15 + 1)$$

$$X^2_r = 106.73$$

CALCULO DEL ESTADÍSTICO TABULAR X²

$$X^2(K - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(15 - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(14gl, 0.95)$$

$$X^2 = 23.68$$

$X^2r > X^2$ Por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta H_a

PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMSFA)

$$Q(\alpha, K) = \text{tabla tukey}$$

$$DSMF \alpha = Q(\alpha, K) \sqrt{\frac{n * k * (k + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 5.72 \sqrt{\frac{10 * 15 * (15 + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 85.27$$

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
T15	49	43	42	46	63	80	88*	90*	36	0	-3	-18	-27	-10	0
T14	59	53	52	56	73	90*	98*	100*	46	10	7	-8	-17	0	
T13	76	70	69	73	90*	107*	115*	117*	63	27	24	9	0		
T12	67	61	60	64	81	98	106*	108*	54	18	15	0			
T11	52	46	45	49	66	83	91*	93*	39	3	0				
T10	49	43	42	46	63	80	88*	90*	36	0					
T9	13	7	6	10	27	44	52	54	0						
T8	-41	-47	-48	-44	-27	-10	-2	0							
T7	-39	-45	-46	-42	-25	-8	0								
T6	-31	-37	-38	-34	-17	0									
T5	-14	-20	-21	-17	0										
T4	3	-3	-4	0											
T3	7	1	0												
T2	6	0													
T1	0														

*existe diferencia significativa

Conclusión: La hipótesis H_0 se acepta ya que el tratamiento T 8 presenta mejor aceptación en relación a las demás.

Anexo 37: Cálculo de los resultados de análisis sensorial de Color.

Hipótesis

H_0 : La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en las características sensoriales (color) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

H_a : La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en las características sensoriales (color) obtenida en el

producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia). Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: prueba de Friedman

Calcula estadístico de Friedman X²R

N= jueces

K= Tratamientos

Jueces / tratamientos	202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	13	14	15	11	7	6	9	12	5	10	2	8	4	1	3
2	14	15	13	12	5	8	4	2	3	7	10	9	11	6	1
3	15	12	13	14	10	11	9	7	8	4	2	6	5	3	1
4	15	13	14	7	11	8	9	10	12	2	1	5	3	6	4
5	15	14	11	13	10	9	7	8	12	4	5	6	2	3	1
6	14	15	13	10	11	12	8	9	7	4	3	5	1	6	2
7	15	13	14	8	10	11	9	6	12	7	4	5	3	1	2
8	14	15	13	11	9	10	12	8	7	5	6	1	3	2	4
9	15	14	13	10	12	9	7	11	8	6	4	5	3	2	1
10	14	13	15	11	10	8	9	12	7	6	5	4	2	3	1
Total	*144	138	134	107	95	92	83	85	81	55	42	54	37	33	20

Fuente: elaboración propia

CALCULO DEL ESTADÍSTICO X²R

$$X^2_r = \left(\frac{12 * \sum Ri^2}{N * K * (K + 1)} \right) - 3 * N * (K + 1)$$

$$X^2_r = \left(\frac{12 * (144^2 + 138^2 \dots \dots + 33^2 + 20^2)}{10 * 15 * (15 + 1)} \right) - 3 * 10 * (15 + 1)$$

$$X^2_r = 109.56$$

CALCULO DEL ESTADÍSTICO TABULAR X²

$$X^2(K - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(15 - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(14gl, 0.95)$$

$$X^2 = 23.68$$

$X^2r > X^2$ Por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta H_a

PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMSFA)

$$Q(\alpha, K) = \text{tabla tukey}$$

$$DSMF \alpha = Q(\alpha, K) \sqrt{\frac{n * k * (k + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 5.72 \sqrt{\frac{10 * 15 * (15 + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 85.27$$

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
T15	124*	118*	114*	87	75	72	63	65	61	35	22	34	17	13	0
T14	111*	105*	101*	74	62	59	50	52	48	22	9	21	4	0	
T13	107*	101*	97*	70	58	55	46	48	44	18	5	17	0		
T12	90*	84	80	53	41	38	29	31	27	1	-12	0			
T11	102*	96*	92*	65	53	50	41	43	39	13	0				
T10	89*	83	79	52	40	37	28	30	26	0					
T9	63	57	53	26	14	11	2	4	0						
T8	59	53	49	22	10	7	-2	0							
T7	61	55	51	24	12	9	0								
T6	52	46	42	15	3	0									
T5	49	43	39	12	0										
T4	37	31	27	0											
T3	10	4	0												
T2	6	0													
T1	0														

Fuente: elaboración propia

Conclusión: La hipótesis H_0 se acepta ya que el tratamiento T 1 presenta mejor aceptación en relación a las demás.

Anexo 38: Cálculo de los resultados de análisis sensorial de olor.

Hipótesis

H_0 : La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización influyen en las características sensoriales (olor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

H_a : La dilución (mango : agua de coco) y la temperatura de secado por atomización no influyen en las características sensoriales (olor) obtenida en el producto en polvo (bebida a base de mango con agua de coco edulcorado con estevia).

Nivel de significanza: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: prueba de Friedman

Calcula estadístico de Friedman X²R

N= jueces

K= Tratamientos

Jueces / tratamientos	202	242	198	224	314	501	423	302	298	581	107	234	378	409	341
1	4	12	9	11	10	13	15	14	5	8	6	7	1	3	2
2	12	10	8	9	11	14	13	15	7	5	6	4	1	2	3
3	11	9	10	8	13	14	12	15	6	7	4	3	2	1	5
4	9	6	7	5	1	12	10	11	8	3	4	2	14	13	15
5	7	5	6	14	9	13	12	15	3	1	2	4	8	11	10
6	4	6	5	11	10	12	15	13	14	3	1	8	2	9	7
7	11	8	6	9	15	13	12	14	10	5	7	2	3	4	1
8	14	9	15	8	11	10	13	12	7	6	4	5	1	2	3
9	7	10	9	11	14	13	12	15	8	6	5	3	4	1	2
10	6	5	13	8	9	12	14	15	11	10	7	1	3	2	4
Total	85	80	88	94	103	126	128	*139	79	54	46	39	39	48	52

Fuente: elaboración propia

CALCULO DEL ESTADÍSTICO X²R

$$X^2_r = \left(\frac{12 * \sum Ri^2}{N * K * (K + 1)} \right) - 3 * N * (K + 1)$$

$$X^2_r = \left(\frac{12 * (85^2 + 80^2 + \dots + 48^2 + 52^2)}{10 * 15 * (15 + 1)} \right) - 3 * 10 * (15 + 1)$$

$$X^2_r = 78.59$$

CALCULO DEL ESTADÍSTICO TABULAR X²

$$X^2(K - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(15 - 1gl, 1 - \alpha)$$

$$X^2(14gl, 0.95)$$

$$X^2 = 23.68$$

$X^2_r > X^2$ Por lo tanto se rechaza la H_0 y se acepta H_a

PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMSFA)

$Q(\alpha, K) = \text{tabla tukey}$

$$DSMF \alpha = Q(\alpha, K) \sqrt{\frac{n * k * (k + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 5.72 \sqrt{\frac{10 * 15 * (15 + 1)}{12}}$$

$$DSMF \alpha = 85.27$$

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
T15	33	28	36	42	51	74	76	87*	27	2	-6	-13	-13	-4	0
T14	37	32	40	46	55	78	80*	91*	31	6	-2	-9	-9	0	
T13	46	41	49	55	64	87	89*	100*	40	15	7	0	0		
T12	46	41	49	55	64	87	89*	100*	40	15	7	0			
T11	39	34	42	48	57	80	82*	93*	33	8	0				
T10	31	26	34	40	49	72	74	85*	25	0					
T9	6	1	9	15	24	47	49	60	0						
T8	-54	-59	-51	-45	-36	-13	-11	0							
T7	-43	-48	-40	-34	-25	-2	0								
T6	-41	-46	-38	-32	-23	0									
T5	-18	-23	-15	-9	0										
T4	-9	-14	-6	0											
T3	-3	-8	0												
T2	5	0													
T1	0														

Fuente: elaboración propia

Conclusión: La hipótesis H_0 se acepta ya que el tratamiento T 8 presenta mejor aceptación en relación a las demás.

Anexo 39: Resultado de Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento seleccionado por los jueces (inform de CERPER)


INFORME DE ENSAYO N° 09-245-17

Solicitante	: Meiry Madison Tafur Salazar
Domicilio legal	: Urb. Villa teresita MZ A LT 05
Producto declarado	: Bebida de mango y agua de coco edulcorada con estevia en polvo
Cantidad de muestra	: 1 muestra x 4 unidades x 300ml. Muestra entregada por el solicitante
Forma de presentación	: En bolsas de polietileno de alta densidad
Código de muestra	: M3T5
Fecha de recepción	: 05-09-18
Fecha de inicio del ensayo	: 06-09-18
Fecha de término del ensayo	: 07-09-18
Ensayo realizado en	: Laboratorio de físico químico
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.
Análisis solicitados	: Determinación de vitaminas A y C, cenizas, proteínas, carbohidratos y energía calórica total.

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Cenizas	g/100g	1,23 ± 0,08
Vitamina A	UI/100g	2,765 ± 0,08
Vitamina C	Mg/100g	92,00 ± 0,06
Proteína	(g/100g)*N*6,25	89,14 ± 0,10
Carbohidratos	g/100g	71 ± 0,04
Energía calórica total	Kcal/100g	242,00 ± 0,09

MÉTODO:

Cenizas: AOAC 940.26/00.

Vitamina C: AOAC 967.21/90.

Vitamina A: Cromatografía líquida

Carbohidratos: Método del fenol-sulfúrico

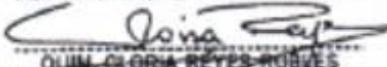
Proteínas: AOC 973.48.c11c 19th Ed.2012. Nitrógeno (Total).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A

Los resultados de los análisis no deben ser utilizados como una certificación de conformidad como normas de producto o como del sistema de calidad de la entidad que o produce.

Callao, 07 de Septiembre Del 2018

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

 QUIM GLORIA REYES ROBLES
 C.O.P. N° 400
 JEFE DE LABORATORIOS

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Anexo 40: Pelado y pulpeado del mango.



Anexo 41: Extracción del agua de coco.



Anexo 42: Adición de maltodextrina.



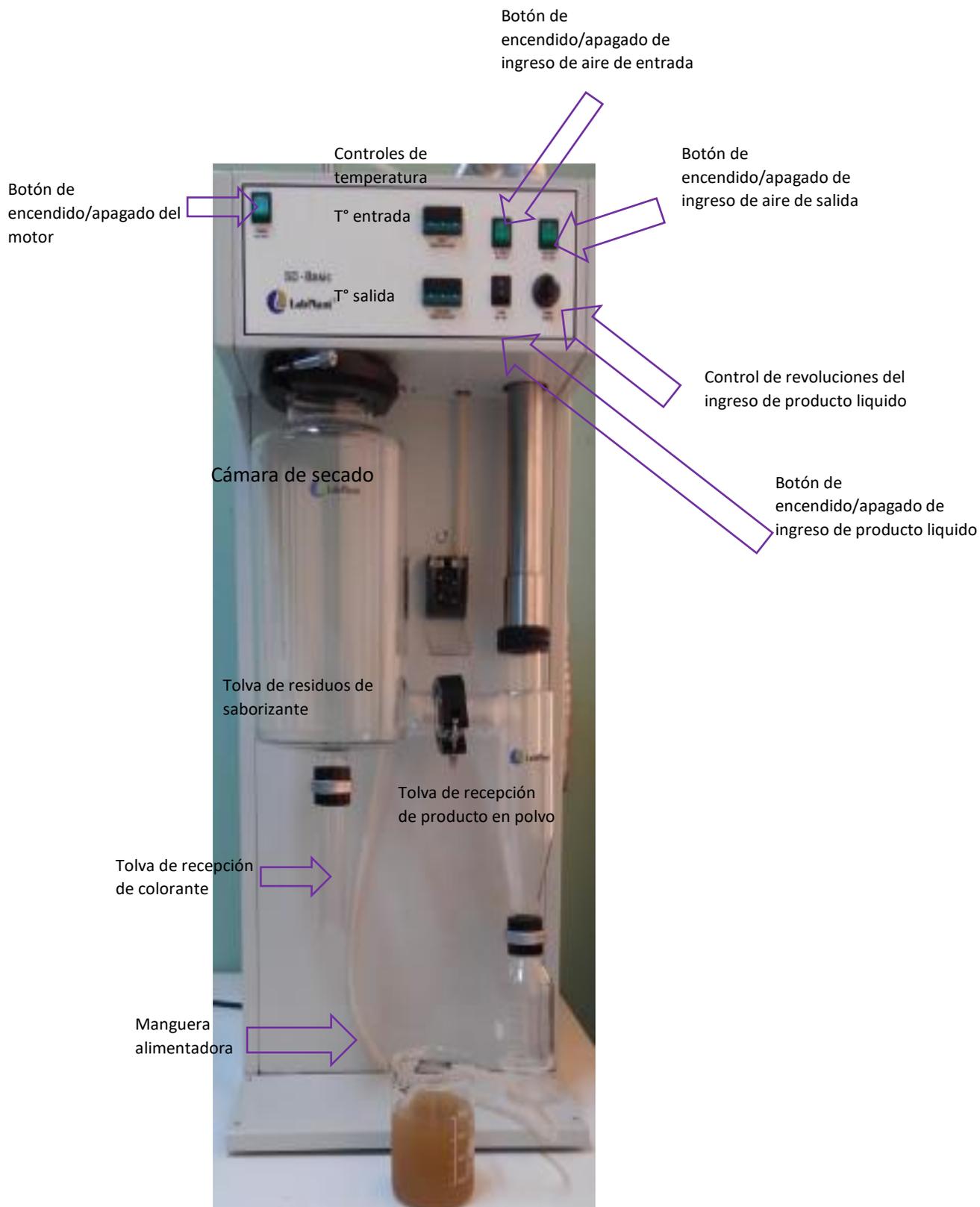
Anexo 43: Tamizado de la dilución.



Anexo 44: Control de los parámetros durante el atomizado.



Anexo 45: Proceso de atomizado.



Anexo 46: Problemas presentados durante el atomizado.

Anexo 47: Determinación de análisis fisicoquímicos del producto en polvo.**Anexo 48:** Análisis sensorial.