



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Modalidad: Tesis**

#### **PLAN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO POR  
ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES  
(CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE  
POLIFENOLES TOTALES,  $\beta$ -CAROTENOS Y ÁCIDO  
ASCÓRBICO) DE UVILLA *Physalis peruviana* L.”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial**

**Línea de investigación: Gestión producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico**

**Autor: Ana Maribel Túquerez Torres**

**Director: Msc. Luis Armando Manosalvas Quiroz**

**Ibarra – Marzo – 2023**



## CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 13 de marzo del 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES,  $\beta$ -CAROTENOS Y ÁCIDO ASCÓRBICO) DE UVILLA *Physalis peruviana L.*”**, de autoría de la señorita Túquez Torres Ana Maribel estudiante de la Carrera de Agroindustrias, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

MSc. Luis Armando Manosalvas Quiroz

**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**



## CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 13 de marzo del 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES,  $\beta$ -CAROTENOS Y ÁCIDO ASCÓRBICO) DE UVILLA *Physalis peruviana L.*”**, de autoría de la señorita Túquez Torres Ana Maribel estudiante de la Carrera de Agroindustrias, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

MSc. Juan Carlos de la Vega Quintero

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



## CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 13 de marzo del 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES,  $\beta$ -CAROTENOS Y ÁCIDO ASCÓRBICO) DE UVILLA *Physalis peruviana L.*”**, de autoría de la señorita Túquerez-Torres Ana Maribel estudiante de la Carrera de Agroindustrias, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

MSc Nicolás Sebastián Pinto Mosquera

**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	1003955026	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	Túquerez Torres Ana Maribel	
<b>DIRECCIÓN:</b>		Pinsaquí (La Avelina)	
<b>EMAIL:</b>		amtuquerez@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997564181

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES, $\beta$ -CAROTENOS Y ÁCIDO ASCÓRBICO) DE UVILLA Physalis peruviana L.”
<b>AUTOR (ES):</b>	Túquerez Torres Ana Maribel
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	15/03/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Agroindustrial
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Msc. Luis Armando Manosalvas Quiroz

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de marzo de 2023

### EL AUTOR:

Firma:..........

Nombre: Túquerez Torres Ana Maribel

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue realizado por la Srta. Túquerez Torres Ana Maribel, con cedula de ciudadanía 100395502-6, bajo mi supervisión.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Manosalvas', is written over a solid horizontal line. Below this line is a dotted horizontal line.

Ing. Luis Manosalvas, Msc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	3
1.5.1. HIPÓTESIS NULA.....	3
1.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. LA UVILLA.....	5
2.2. TAXONOMÍA .....	5
2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	6
2.4. VARIEDADES .....	7
2.5. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA UVILLA .....	8
2.6. PRODUCCIÓN NACIONAL .....	9
2.6.1. USOS.....	10
2.7. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD .....	10
2.7.1. PESO .....	11
2.7.2. COLOR .....	11
2.7.3. SÓLIDOS SOLUBLES.....	12
2.7.4. pH.....	12

2.7.5.	ACIDEZ TITULABLE .....	13
2.8.	PROPIEDADES FUNCIONALES, NUTRICIONALES Y MEDICINALES DE LA UVILLA .....	13
2.8.1.	COMPUESTOS ANTIOXIDANTES .....	13
2.8.1.	TIPOS DE ANTIOXIDANTES .....	14
2.8.2.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....	16
2.8.2.1.	MÉTODO ABTS .....	16
2.8.3.	POLIFENOLES TOTALES.....	17
2.8.3.1.	Método Folin Ciocalteu .....	17
2.8.4.	ACIDO ASCÓRBICO .....	18
2.8.4.1.	Síntesis de ácido ascórbico .....	19
2.8.5.	$\beta$ -CAROTENOS.....	20
2.8.5.1.	Proceso de isomerización.....	20
2.9.	SECADO.....	22
2.10.	MÉTODOS DE SECADO .....	22
2.10.1.	SECADO POR CONGELACIÓN.....	23
2.10.2.	SECADO POR AIRE CALIENTE.....	23
2.11.	SECADO POR ATOMIZACIÓN .....	24
2.11.1.	CINÉTICA DE SECADO DE GOTAS.....	25
2.11.2.	ATOMIZADOR CON BOQUILLA DE DOS FLUIDOS .....	26
2.11.3.	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ATOMIZACIÓN.....	26
2.11.3.1.	Las temperaturas de entrada y salida.....	27
2.11.3.2.	Concentración del material de alimentación .....	27
2.12.	MICROENCAPSULACIÓN .....	27
2.12.1.	FORMACIÓN DE MICROCÁPSULAS .....	28
2.12.2.	TIPOS DE ENCAPSULANTES .....	28
2.12.3.	MALTODEXTRINA.....	29

2.13.	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL POLVO DE FRUTAS .....	30
2.13.1.	HUMEDAD .....	31
2.13.2.	HIGROSCOPICIDAD.....	31
2.13.3.	HUMECTABILIDAD .....	31
2.13.4.	DISPERSABILIDAD .....	32
2.13.5.	SOLUBILIDAD .....	32
2.14.	EFEECTO DEL SECADO SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES.....	32
2.14.1.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	33
2.14.2.	POLIFENOLES TOTALES .....	34
2.14.3.	$\beta$ -CAROTENOS .....	34
2.14.4.	VITAMINA C .....	35
2.15.	LA PSICROMETRÍA .....	35
2.15.1.	CARTA PSICROMÉTRICA.....	35
2.16.	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	36
2.16.1.	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DEL ATOMIZADOR FT-80 .....	37
2.16.2.	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DEL EVAPORADOR DE PELÍCULA ASCENDENTE.....	38
2.17.	ACEPTABILIDAD SENSORIAL .....	39
2.18.	COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	40
2.18.1.	COSTOS DIRECTOS .....	40
2.18.2.	COSTOS INDIRECTOS .....	40
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	41
3.2.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS .....	41
3.3.	MÉTODOS.....	42
3.3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO DE UVILLA .....	43

3.3.2.	EVALUAR LA TEMPERATURA Y FLUJO DE ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL PRODUCTO FINAL .....	44
3.3.2.1.	Diseño experimental .....	46
3.3.2.2.	Unidad experimental .....	46
3.3.2.3.	Factor en estudio .....	46
3.3.2.4.	Tratamientos .....	46
3.3.2.5.	Características del experimento .....	47
3.3.2.6.	Esquema del análisis estadístico .....	47
3.3.3.	EVALUAR LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DEL PRODUCTO Y COSTOS DEL PROCESO DE SECADO. ....	48
3.4.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	48
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN.....	50
3.4.1.1.	Materia prima.....	50
3.4.1.2.	Recepción.....	51
3.4.1.3.	Selección y clasificación.....	51
3.4.1.4.	Lavado.....	52
3.4.1.5.	Extracción de zumo.....	53
3.4.1.6.	Filtrado .....	53
3.4.1.7.	Concentrado .....	54
3.4.1.8.	Homogenizado .....	54
3.4.1.9.	Atomizado.....	55
3.4.1.10.	Almacenado .....	56
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	57
4.1.	PARÁMETROS QUÍMICOS Y FUNCIONALES DE UVILLA FRESCA ( <i>Physalis peruviana</i> L.).....	57
4.2.	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL POLVO.....	59

4.2.1.	POLIFENOLES TOTALES.....	61
4.2.2.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....	63
4.2.3.	CONTENIDO DE B-CAROTENOS .....	65
4.2.4.	VITAMINA C.....	67
4.3.	ACEPTABILIDAD SENSORIAL Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO ATOMIZADO .....	69
4.3.1.	ACEPTABILIDAD SENSORIAL.....	69
4.3.1.1.	Atributo color.....	70
4.3.1.2.	Atributo olor.....	72
4.3.1.3.	Atributo sabor .....	74
4.3.2.	COSTOS DEL PROCESO DE SECADO .....	75
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
5.1.	CONCLUSIONES .....	78
5.2.	RECOMENDACIONES .....	79
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
7.	ANEXOS.....	105
7.1.	ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO.....	105
7.1.1.	SÓLIDOS SOLUBLES.....	105
7.1.2.	pH.....	105
7.1.3.	ACIDEZ TITULABLE .....	105
7.2.	ANEXO 2: EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES, $\beta$ -CAROTENOS Y VITAMINA C) EN ZUMO ATOMIZADO DE UVILLA. ....	106
7.2.1.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....	106
7.2.1.1.	Preparación de la curva de calibración .....	106
7.2.1.2.	Preparación de la muestra .....	107

7.2.1.3.	Preparación del extracto.....	108
7.2.1.4.	Determinación de capacidad antioxidante .....	108
7.2.2.	DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE POLIFENOLES .....	108
7.2.2.1.	Preparación de la muestra .....	108
7.2.2.2.	Preparación del extracto.....	108
7.2.2.3.	Cuantificación de contenido de polifenoles .....	109
7.2.3.	VITAMINA C .....	109
7.2.3.1.	Preparación del extracto.....	109
7.2.3.2.	Cuantificación del contenido de ácido ascórbico.....	109
7.2.4.	DETERMINACIÓN DE $\beta$ -CAROTENOS .....	110
7.2.4.1.	Determinación de la concentración de carotenos totales .....	110
7.3.	ANEXO 3: EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ZUMO ATOMIZADO DE UVILLA (POLVO REHIDRATADO) .....	110
7.3.1.	INSTRUCCIONES .....	110
7.4.	ANEXO 4: ANÁLISIS FUNCIONAL TUKEY PARA TRATAMIENTOS Y DMS PARA FACTORES.....	113
7.4.1.	POLIFENOLES .....	113
7.4.2.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....	114
7.4.3.	$\beta$ -CAROTENOS.....	115
7.4.4.	VITAMINA C .....	117
7.5.	ANEXO 5: CÁLCULOS DEL BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	118
7.5.1.	CÁLCULOS DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN.....	118
7.5.1.1.	Balance de masa.....	118
7.5.1.2.	Balance de energía .....	121
7.5.2.	CÁLCULOS DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN.....	126
7.5.2.1.	Balance de masa.....	126
7.5.2.2.	Balance de energía .....	127

7.6.	ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA ACEPTABILIDAD SENSORIAL	
		131
7.6.1.	ANÁLISIS DE COLOR.....	131
7.6.1.1.	Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica .....	131
7.6.1.2.	Análisis estadístico de Friedman para tratamientos.....	131
7.6.2.	ANÁLISIS DE OLOR .....	131
7.6.2.1.	Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica .....	131
7.6.2.2.	Análisis estadístico de Friedman para tratamientos.....	132
7.6.3.	ANÁLISIS DE SABOR .....	132
7.6.3.1.	Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica .....	132
7.6.3.2.	Análisis estadístico de Friedman para tratamientos.....	133

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación taxonómica de la uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.) .....	5
<b>Tabla 2</b>	Composición nutricional por cada 100 gramos de pulpa .....	8
<b>Tabla 3</b>	Contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante .....	16
<b>Tabla 4</b>	Capacidad antioxidante y contenido polifenólico de extractos de uvilla .....	17
<b>Tabla 5</b>	Composición vitamínica de la fruta <i>Physalis peruviana</i> L. ....	18
<b>Tabla 6</b>	Métodos para formar microcápsulas. ....	28
<b>Tabla 7</b>	Tipos de encapsulantes. ....	29
<b>Tabla 8</b>	Localización del experimento .....	41
<b>Tabla 9</b>	Materia prima, insumos, materiales y equipos necesarios para el experimento .....	42
<b>Tabla 10</b>	Métodos y normas para análisis químicos y funcionales .....	43
<b>Tabla 11</b>	Métodos para análisis de propiedades funcionales. ....	45
<b>Tabla 12</b>	Factores en estudio. ....	46
<b>Tabla 13</b>	Tratamientos para el experimento. ....	47
<b>Tabla 14</b>	Características del experimento. ....	47
<b>Tabla 15</b>	Análisis de varianza DCA con arreglo factorial AxB. ....	47
<b>Tabla 16</b>	Índice de madurez de la uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.) según la NTC 4580. ....	57
<b>Tabla 17</b>	Análisis químicos y funcionales de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.).....	58
<b>Tabla 18</b>	Contenido de polifenoles totales (mg AGE/100g), capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol}$ Trolox/g), $\beta$ -carotenos ( $\mu\text{g/g}$ ) y vitamina C(mg AA/100g) del polvo de uvilla.....	60
<b>Tabla 19</b>	Anova de las propiedades funcionales del polvo de uvilla. ....	61
<b>Tabla 20</b>	Costos directos para la elaboración de zumo de uvilla en polvo. ....	76
<b>Tabla 21</b>	Costos indirectos para la elaboración de jugo de uvilla en polvo. ....	76
<b>Tabla 22</b>	Curva estándar de trolox para ABTS. ....	107
<b>Tabla 23</b>	Análisis estadístico del contenido de polifenoles totales en producto atomizado (polvo). ....	113
<b>Tabla 24</b>	Prueba Tukey al 5% para el contenido de polifenoles en tratamientos.....	113
<b>Tabla 25</b>	Prueba DMS para el factor flujo con relación al contenido de polifenoles.....	113
<b>Tabla 26</b>	Prueba DMS para factor temperatura con relación al contenido de polifenoles....	113
<b>Tabla 27</b>	Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación al contenido de polifenoles. ....	114
<b>Tabla 28</b>	Análisis estadístico del contenido de capacidad antioxidante en producto atomizado. ....	114

<b>Tabla 29</b> Prueba Tukey al 5% para capacidad antioxidante para tratamientos. ....	114
<b>Tabla 30</b> Prueba Tukey al 5% para el factor flujo con relación a la capacidad antioxidante	115
<b>Tabla 31</b> Prueba Tukey al 5% para factor temperatura con relación a la capacidad antioxidante. .....	115
<b>Tabla 32</b> Prueba Tukey al 5% para la interacción entre flujo y temperatura con relación a la capacidad antioxidante. ....	115
<b>Tabla 33</b> Análisis estadístico del contenido de $\beta$ -carotenos en producto en polvo.....	115
<b>Tabla 34</b> Prueba Tukey al 5% para $\beta$ -carotenos.....	116
<b>Tabla 35</b> Prueba Tukey al 5% para el factor flujo con relación al contenido de $\beta$ -carotenos. .....	116
<b>Tabla 36</b> Prueba DMS para factor temperatura con relación al contenido de $\beta$ -carotenos...	116
<b>Tabla 37</b> Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación al contenido de $\beta$ -carotenos. ....	116
<b>Tabla 38</b> Análisis estadístico del contenido de vitamina C en producto en polvo.....	117
<b>Tabla 39</b> Prueba Tukey al 5% para vitamina C.....	117
<b>Tabla 40</b> Prueba DMS para el factor flujo con relación a la vitamina C .....	117
<b>Tabla 41</b> Prueba DMS para factor temperatura con relación a la vitamina C.....	117
<b>Tabla 42</b> Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación a la vitamina C.....	118
<b>Tabla 43</b> Nivel de significancia para escala hedónica de color.....	131
<b>Tabla 44</b> Nivel de significancia para tratamientos en análisis de color. ....	131
<b>Tabla 45</b> Nivel de significancia para escala hedónica de olor. ....	131
<b>Tabla 46</b> Nivel de significancia para tratamientos de análisis de olor. ....	132
<b>Tabla 47</b> Nivel de significancia para escala hedónica de sabor. ....	132
<b>Tabla 48</b> Nivel de significancia para tratamientos de análisis de sabor.....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fruta madura de uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.) .....	7
<b>Figura 2</b> Género de <i>Physalis</i> , (a) <i>Physalis peruviana</i> L. (b) <i>Physalis pruinosa</i> , (c) <i>Physalis ixocarpa</i> , estimados por su fruto y <i>Physalis alkekengi</i> L. (d) considerado como una planta ornamental.....	7
<b>Figura 3</b> Producción de uvilla en diferentes provincias .....	9
<b>Figura 4</b> Estado de madurez de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L .....	12
<b>Figura 5</b> Principales grupos de polifenoles en alimentos.....	15
<b>Figura 6</b> Biosíntesis y biodegradación del ácido ascórbico por la vía metabólica .....	19
<b>Figura 7</b> Estructura química de $\beta$ -caroteno .....	20
<b>Figura 8</b> Proceso de transformación de trans (E) a cis (Z) durante el proceso de isomerización en alimento crudo (C) y procesado o cocido (P).....	21
<b>Figura 9</b> Membrana plasmática de células vegetales que contiene proteínas inmersas en una bicapa de lípidos.....	22
<b>Figura 10</b> Producción de deshidratados en relación al año .....	24
<b>Figura 11</b> Torre de secado por atomización (FT80).....	25
<b>Figura 12</b> Cinética de secado de gotas (variación de humedad con el tiempo) (a), Formación de gránulos (b).....	26
<b>Figura 13</b> Carta psicrométrica para secado .....	36
<b>Figura 14</b> Sensograma.....	39
<b>Figura 15</b> Escala hedónica de los indicadores del atributo gusto .....	40
<b>Figura 16</b> Diagrama de flujo del proceso de secado por atomización. ....	49
<b>Figura 17</b> Diagrama ingenieril del proceso de secado por atomización. ....	50
<b>Figura 18</b> Fruta fresca. ....	51
<b>Figura 19</b> Pesaje de fruta.....	51
<b>Figura 20</b> Selección y clasificación de fruta. ....	52
<b>Figura 21</b> Secado de fruta a temperatura ambiente.....	52
<b>Figura 22</b> Proceso de extracción de zumo de uvilla.....	53
<b>Figura 23</b> Separación de piel y semillas del zumo.....	54
<b>Figura 24</b> Concentración de zumo de uvilla. ....	54
<b>Figura 25</b> Adición de maltodextrina al zumo concentrado. ....	55
<b>Figura 26</b> Producto en polvo de uvilla. ....	56
<b>Figura 27</b> Recolección de polvo para almacenamiento.....	56

<b>Figura 28</b> Porcentaje de retención de polifenoles totales.....	62
<b>Figura 29</b> Porcentaje de retención del contenido de capacidad antioxidante de jugo de uvilla (Physalis peruviana L.) atomizado (polvo). .....	64
<b>Figura 30</b> Porcentaje de $\beta$ -carotenos del producto en polvo. ....	66
<b>Figura 31</b> Porcentaje de vitamina C en producto en polvo. ....	68
<b>Figura 32</b> Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo color. ....	70
<b>Figura 33</b> Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo color.....	71
<b>Figura 34</b> Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo olor.....	72
<b>Figura 35</b> Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo olor. ....	73
<b>Figura 36</b> Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo sabor. ....	74
<b>Figura 37</b> Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo sabor. ....	75
<b>Figura 38</b> Patrón de visión del refractómetro digital. ....	105

## RESUMEN

En la actualidad la producción de uvilla ha ido incrementándose en el transcurso de los años, según ProEcuador (2018) en el año 2017 el país exportó 25,5 toneladas de uvilla a varios países europeos, debido a la presencia de propiedades funcionales tanto en la piel y semillas del fruto como en el zumo de uvilla, las cuales están asociadas a la vitamina C, fenoles, flavonoides, carotenoides, antocianinas, etc. Se ha demostrado que estos compuestos son beneficiosos para el consumidor, pues son consideradas como anticancerígenas y antiinflamatorias. Razón por la cual se planteó el método de secado por atomización para conservar las propiedades que presenta esta fruta, en los que se analizó las propiedades químicas y funcionales (acidez titulable, sólidos solubles, pH, contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante,  $\beta$ -carotenos y ácido ascórbico) en estado de madurez cinco antes del proceso de secado y las propiedades funcionales (contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante,  $\beta$ -carotenos y ácido ascórbico) del polvo de uvilla obtenido luego del secado. Para esto, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial AxB con factores en estudio de temperatura de secado del atomizador ( $T = 140^{\circ}\text{C}$  y  $T = 180^{\circ}\text{C}$ ) y el flujo de alimentación (0.24 ml/s y 0.49 ml/s), obteniendo como resultados que los tratamientos 4 y 2 presentaron mayor retención para contenido de polifenoles y capacidad antioxidante con un valor de 156.79 mg AGE/100g para T4 y 226  $\mu\text{M}$  ET/g para T2, los cuales mostraron pérdidas menores al 40% debido al corto tiempo de estadía en la cámara de secado, mientras que para el contenido de  $\beta$ -carotenos y ácido ascórbico los tratamientos que mayor contenido presentaron fueron T4 y T3, con un valor de 457.71  $\mu\text{g/g}$  y 134.13 mg AA/100g respectivamente, los cuales exhibieron incrementos mayores al 100% debido al proceso de isomerización que presentó para  $\beta$ -carotenos y pérdida de agua para ácido ascórbico. Así como también la presencia del encapsulante (maltodextrina) influyó en los resultados obtenidos, debido a su poder de protección y encapsulación evitó degradaciones mayores al 50% de estos compuestos.

**Palabras clave:** Propiedades funcionales, Polifenoles totales, ácido ascórbico,  $\beta$ -carotenos, capacidad antioxidante, secado por atomizador, encapsulante.

## ABSTRACT

The production of uvilla has been increasing over the years, according to ProEcuador (2018) in 2017 the country exported 25.5 tons of uvilla to several European countries, due to the presence of functional properties both in the skin and seeds of the fruit as well as in the uvilla juice, which, are associated with vitamin C, phenols, flavonoids, carotenoids, anthocyanins, etc. It has been demonstrated that these compounds are beneficial for the consumer, since they are considered to be anticarcinogenic and anti-inflammatory. For this reason, the spray drying method was proposed to preserve the properties of this fruit, where the chemical properties (titratable acidity, soluble solids, pH) and functional properties (total polyphenols, antioxidant capacity,  $\beta$ -carotenes and ascorbic acid) of the fruit were analyzed at maturity five before the drying process, and after its transformation into powder (total polyphenols, antioxidant capacity,  $\beta$ -carotenes and ascorbic acid). For this, a completely randomized experimental design with AxB factorial arrangement was used with factors under study as inlet air temperature ( $T = 140^{\circ}\text{C}$  and  $T = 180^{\circ}\text{C}$ ) and feed flow (0.24 ml/s and 0.49 ml/s), obtaining as results that treatments T4 and T2 presented higher retention for polyphenol content and antioxidant capacity with a value of 156.79-148.14 mg AGE/100g and 186.69-226.41  $\mu\text{M ET/g}$  respectively, demonstrating losses of less than 40% due to the short residence time in the drying chamber, since, the rapid evaporation of water by high temperatures allows greater conservation of these compounds, while for  $\beta$ -carotene and ascorbic acid content the treatments with the highest content were T4 and T3, with a value of 457.71-325.59  $\mu\text{g/g}$  and 134.13-132.40 mg AA/100g respectively, which exhibited higher contents of these compounds, due to the detachment of  $\beta$ -carotenes from the proteins present in the membranes, because of high temperatures, allowed greater availability of  $\beta$ -carotenes, in turn, the loss of water and concentration of sugars allowed the synthesis of ascorbic acid from glucose by Pathway. The presence of the encapsulant (maltodextrin) also influenced the results obtained, since its protection and encapsulation power prevented degradation of more than 50% of these compounds.

**Key words:** functional properties, total polyphenols, ascorbic acid,  $\beta$ -carotenes, antioxidant capacity, spray drying, encapsulant.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PROBLEMA

En la provincia de Imbabura generalmente la uvilla que se produce en los diferentes cantones como Otavalo, Ibarra, Cotacachi, son destinados al consumo en fresco y a la elaboración de productos deshidratados y mermeladas, por consiguiente, un bajo uso agroindustrial del fruto Caicedo, (2010). A partir de esto, Instituto Nacional de Capacitación Campesina, (2009) menciona que en el cantón Cotacachi existe 18 hectáreas de cultivos de uvilla, que son utilizadas como materia prima en la microempresa Sumak Mikuy y 220 hectáreas de cultivos de uvilla registradas en el 2017 en Terrafertil, las cuales se dedican exclusivamente a la producción de uvilla deshidratada.

Sin embargo, Ochoa-Reyes, y otros, (2013) lo consideran como un proceso que produce pérdidas de compuestos bioactivos en especial de vitamina C, debido a las temperaturas con las que se trabaja e inclusive a la permanencia del producto en el secador. De igual manera Castañeda, Arteaga, Siche, & Rodriguez, (2010) mencionan que al aplicar este proceso de secado se pierde un 76.29 % de vitamina C a una temperatura de 69.5 °C, razón por la cual se brinda una alternativa para conservar propiedades funcionales como capacidad antioxidante y vitamina C de uvilla.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) según Florez, Fischer, & Sora R (2000) es un fruto que proviene de Suramérica, crece como una planta silvestre y semisilvestre a los 1500 y 3000 m.s.n.m, el cual presenta propiedades nutricionales y benéficas para el ser humano. A su vez Rodríguez Ulloa & Rodríguez Ulloa, (2007) menciona que contiene vitamina A (648 U.I. de caroteno por 100 g), ácido ascórbico (26 mg vitamina C /100 g en fruto fresco) y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12).

De la misma forma, Oliveira, A. Gonçalves, R. Correia, & F. Guiné, (2016) determinan que la fruta presenta fósforo, hierro y cantidades bajas de calcio, más aún es rica en proteína cruda, sin embargo, el perfil nutricional determinado por Dag, Kilercioglu, & Oztop, (2017) presenta un contenido de 0.15 a 0.20% de lípidos, 4.90% de fibra, 1% de ceniza y 19.60% de carbohidratos.

En ese sentido, Corporación Colombia Internacional (2002) menciona que posee propiedades funcionales y medicinales tales como: purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y aliviar las afecciones de garganta. Razón por la cual, Sarmiento Rubiano, (2006) determina que, la población de hoy en día tiene una forma singular de alimentación, es decir busca consumir alimentos ricos en nutrientes y propiedades que mejoren su estilo de vida.

Por otro lado, uno de los métodos para la industrialización y conservación de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) es por medio de secado por atomización, que de acuerdo con Rodríguez, et al. (2007) en este proceso se utilizan encapsulantes (maltodextrina, goma arábica, proteínas, almidones, etc.) que interviene en la conservación de los componentes nutricionales y funcionales que presenta esta fruta, evitando pérdidas, además de aportar con otra alternativa de industrialización y conservación el cual es diferente a los procesos comunes como la deshidratación o liofilización.

Además, permite el aprovechamiento agroindustrial nacional de la fruta, es por esto que, la producción de uvilla es utilizada en su mayoría para la exportación, debido a que, es apetecido por la población Europea, determinando que el 80% de la producción se exporta principalmente a mercados como Francia, Holanda, Alemania, Bélgica e Inglaterra. (Solagro, 2006).

Por consiguiente, el presente trabajo realiza secado por atomización de uvilla (*Physalis peruviana* L.) con la finalidad de conservar en su mayor parte el contenido de nutrientes, propiedades benéficas, sabor y aroma característico del zumo de uvilla, en vista de, aplicar este tratamiento tecnológico evita que se pierda o, que en su defecto, su pérdida sea la mínima posible, además de prolongar el período de almacenamiento, reducir el espacio de almacenamiento, facilitar el transporte del producto, entre otros, inclusive su utilización como materia prima para preparación de otros productos.

En tal sentido, otros países tienen un gran realce en la obtención de polvos de frutas mediante secado por atomización, tomando en cuenta todas estas ventajas del secado por atomización permite impulsar de esta manera a la industrialización del fruto para consumo nacional e internacional aplicando nuevas tecnologías para una buena alimentación.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.4. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del proceso de secado por atomización sobre las propiedades funcionales (capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C) de uvilla (*Physalis peruviana* L).

##### **1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las propiedades químicas y funcionales del jugo de uvilla de estado de madurez 5 (contenido de sólidos solubles, pH, acidez titulable, capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C).
- Evaluar la temperatura y flujo de alimentación en el proceso de secado por atomización sobre la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C del producto final.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial del producto y costos del proceso de secado por atomización.

#### **1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

##### **1.5.1. HIPÓTESIS NULA**

Ho: El proceso de secado por atomización no influye en las propiedades funcionales (capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C) de uvilla (*Physalis peruviana* L).

### **1.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

Ha: El proceso de secado por atomización influye en las propiedades funcionales (capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C) de uvilla (*Physalis peruviana* L).

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. LA UVILLA

Según Valdenegro, Fuentes, Herrera, & Moya-León (2011) la uvilla (*Physalis peruviana* L.) es originaria de Sudamérica tropical. Es considerada como una planta que pertenece a la familia de las Solanáceas Fischer, Herrera, & Almanza (2011). Además, en diferentes países es considerada con diferentes nombres como es uchuva en Colombia, uvilla en Ecuador, aguaymanto en Perú, topotopo en Venezuela y Golden Berry en países de idioma inglés. (Puente L., Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés, 2010).

### 2.2. TAXONOMÍA

La uvilla o *Physalis peruviana* L. es una fruta que presenta la siguiente clasificación taxonómica de acuerdo con lo citado por Whitson & Manos (2005) Biotanic (2014) Madriñan (2010), como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la uvilla (Physalis peruviana L.).*

TAXONOMÍA	
REINO	Plantae
SUBREINO	Tracheobionta
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Asteranae
ORDEN	Solanales
FAMILIA	Solanaceae
SUBFAMILIA	Solanoideae
TRIBU	Physaleae
SUBTRIBU	Physalinae
GÉNERO	Physalis L.
SUBGÉNERO	Rydbergis Hendrych

SECCIÓN	Lanceolatae (Rydb.) M.Y. Menzel
ESPECIE	<i>Physalis peruviana</i> L.

Esta fruta pertenece a la familia más grande de las Solanaceae y presenta alrededor de noventa especies, esta se encuentra distribuida en Australia, América del Sur y Centro América, por lo tanto, la planta puede adaptarse a regiones tropicales y templadas.

### 2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Según Parker (2012), Sánchez (1991), Ruiz, Castellanos, & Villamizar (2018) Puente, et al. (2010), *Physalis peruviana* L. es un arbusto herbáceo, que puede llegar a medir de 0.60 a 1.60 m de altura con tallo ramificado, presenta hojas ovaladas en forma de corazón aterciopeladas, se tornan de color amarillo cuando el fruto se encuentra completamente maduro, sus flores son solitarias completamente axilares de color amarillo, puede presentar manchas de color marrón púrpura oscuro (Fischer , Herrera, & Almanza, 2011).

Además de, presentar 5 lóbulos con terminación triangular, su cáliz es acampanado de 7 a 15 mm de longitud, su coloración es pajiza y se expande para encerrar al fruto, cubrir y proteger de plagas o enfermedades López, et al. (2013), con respecto al fruto, es una baya globulosa como se puede observar en la Figura 1 de 1 a 2.50 cm de longitud, presentando un diámetro de 1.50 a 3 cm, con una coloración amarilla, amarillo-verdosa, amarillo-anaranjado con pulpa jugosa, posee entre 100 a 300 semillas discoideas de 1 a 7.20 mm y pesa entre 4 a 10 g. (Muniz, y otros, 2013).

## Figura 1

Fruta madura de uvilla (*Physalis peruviana* L.)



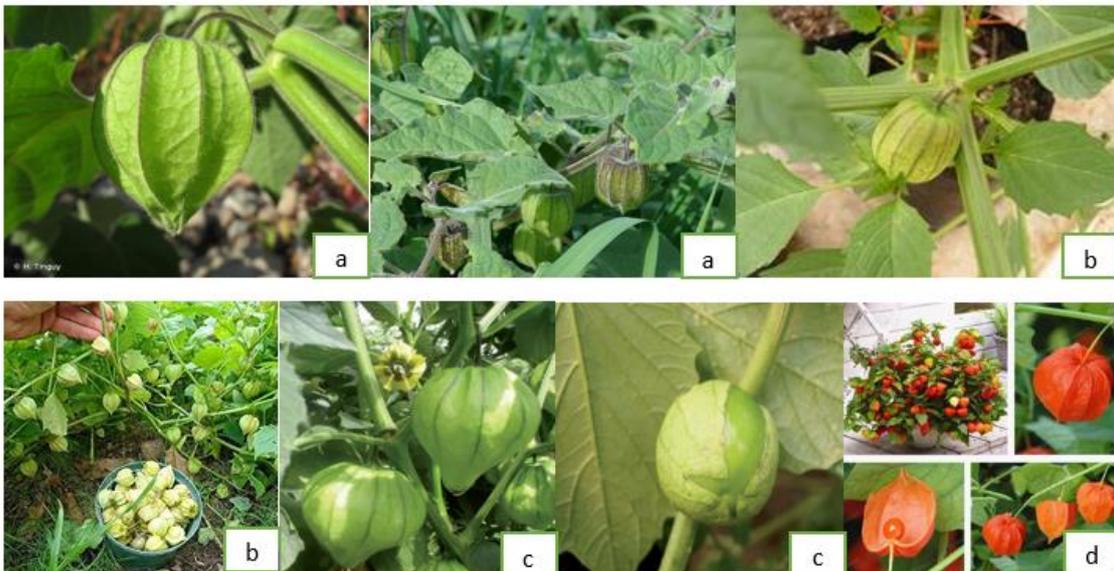
Tomado de: Ecograins, (2014)

### 2.4. VARIEDADES

En el género *Physalis* se ha observado algunas especies que se cultivan por sus frutos, en particular *Physalis peruviana*, *P. pruinosa* y *P. ixocarpa*, de la misma forma, algunas son consideradas malezas, mientras que, otras como plantas ornamentales por su vistoso cáliz como es el caso de la *Physalis alkekengi* L., como se puede observar en la Figura 2.

## Figura 2

Género de *Physalis*, (a) *Physalis peruviana* L. (b) *Physalis pruinosa*, (c) *Physalis ixocarpa*, estimados por su fruto y *Physalis alkekengi* L. (d) considerado como una planta ornamental.



Tomado de: Naturel, (2003); Nursery, (2004); Santiaguillo Hernández, et al., (2012)

De acuerdo con Brito (2002) citado por Juntamay Tenezaca, (2010) “Determina que no se ha encontrado mejoramientos genéticos para los ecotipos de *Physalis peruviana* L., de manera que, presenta tres diferentes ecotipos (Colombiano o Kenyano, Ambateño y Ecuatoriana), por lo tanto, presentan diferentes características, el ecotipo Colombiano se caracteriza por presentar un fruto grande de color amarillo intenso, con una concentración de ácido ascórbico menor, mientras que el Ambateño se caracteriza por ser mediano de sabor agridulce, presenta una coloración entre verde y amarillo, no obstante, el ecotipo Ecuatoriano es el más pequeño con una coloración amarillo intenso y contiene un aroma agradable.”(p, 23-24).

## 2.5. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA UVILLA

Si bien es cierto que, el contenido nutricional del jugo de uvilla presenta similares características nutricionales que la fruta, sin embargo, presenta pequeñas variaciones en sus proporciones por efecto del proceso de extracción de jugo, en la Tabla 2 se puede observar la composición nutricional.

**Tabla 2**

*Composición nutricional por cada 100 gramos de pulpa*

<b>Factor nutricional</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	54.00
Agua	79.60
Proteína (g)	1.10
Grasa (g)	0.40
Carbohidratos (g)	13.10
Fibra (g)	4.80
Ceniza (g)	1.00
Calcio (mg)	7.00
Fósforo (mg)	38.00
Hierro (mg)	1.20
Vitamina A (U.I.)	648.00
Tiamina (mg)	0.18

Riboflavina (mg)	0.03
------------------	------

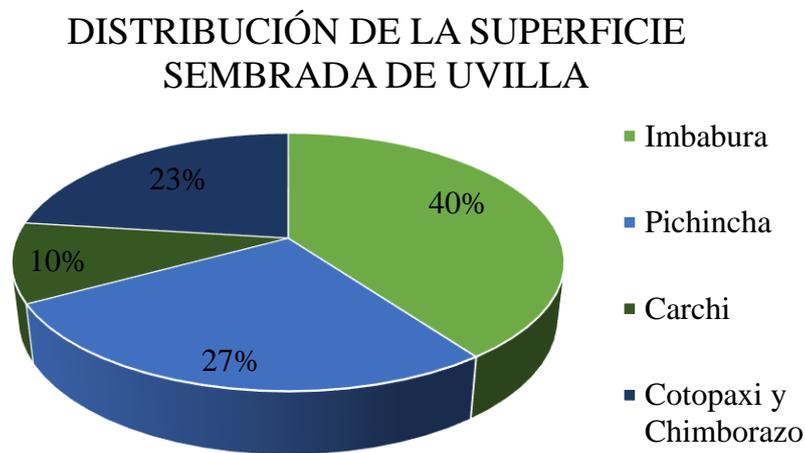
Tomado de: Fisher & Sora, (2000)

## 2.6. PRODUCCIÓN NACIONAL

Caicedo, (2010) determinó la distribución de las provincias en las que mayor superficie sembrada de uvilla presentan: Imbabura con un 40%, Pichincha con un 27%, Carchi con 10% y Cotopaxi y Tungurahua con un 23%, como se puede observar en la Figura 3

**Figura 3**

*Producción de uvilla en diferentes provincias*



Tomado de: Caicedo, (2010)

Más aún, la producción de esta fruta se basa principalmente en el abastecimiento para su correspondiente exportación, sin exceder el límite deseado por los países europeos, de manera que, impide el desarrollo del sector, dando a conocer que el Ecuador presenta un bajo uso agroindustrial para esta fruta, ya que la producción se dedica específicamente para la exportación. Sin embargo, en los últimos cinco años la producción de *Physalis peruviana* L en el Ecuador se ha incrementado en un 10.0%, dando a conocer un aproximado de 4.725.00 toneladas de uvilla por año.

Por tanto, las provincias que se dedican al cultivo y producción de uvilla son: el Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, en vista de que, cuentan con un medio

ambiente de acuerdo con las necesidades que requiere la planta para una buena producción de este fruto, en consecuencia al tonelaje producido por año el 70.2% de la producción es aprovechada por los sectores agroindustriales y empresas exportadoras, mientras que el 29.8% es aprovechada en forma de fruto fresco a nivel local y regional. Moreno et al. (2019).

### **2.6.1. USOS**

De acuerdo con Mushagalusa et al. (2021) la uvilla es utilizada y recomendada para tratar enfermedades principalmente en los seres humanos y también en los animales, como es en el caso del oeste de Kenia que se utiliza para prevenir y controlar la presencia de garrapatas en ganado, así como también se utiliza para prevenir enfermedades del tracto gastrointestinal, enfermedades de los ojos, oídos y reforzar el sistema inmunitario de los seres humanos.

Por esta razón, presenta un mecanismo protector que permite eliminar una especie reactiva de oxígeno permitiendo de esta manera el envejecimiento prematuro de las células y favoreciendo su correcto funcionamiento además presenta compuestos como los carotenoides, vitaminas B3, B6 y C, actividad antioxidante, fenoles, entre otros. Beltagi et al. (2019), al mismo tiempo, presenta un sabor agradable ácido-dulce que permite su uso en diferentes preparaciones como es en jugos, cocteles, ensaladas de frutas, postres, helados, pudines, etc.

En cierto modo, es utilizado para elaboración de mermeladas y jaleas por su alto contenido de pectina. De igual manera, se prepara como productos deshidratados en forma de pasas, tanto para consumo nacional como para exportación, teniendo en cuenta que, presenta propiedades nutricionales especialmente vitamina C, provitamina A y diferentes minerales que contribuyen a una alimentación sana del ser humano. (Fischer , Herrera, & Almanza, 2011)

## **2.7. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD**

Los parámetros que Reid , Renquist , & J. B., (1998) utilizan para determinar la calidad presente en el fruto son: peso en seco (% sólidos totales), sólidos solubles (°Brix), acidez titulable (% de equivalente de ácido cítrico), pH y color.

### **2.7.1. PESO**

El peso de la uvilla *Physalis peruviana* L. varía entre 4 a 10 g con un diámetro entre 1.20 a 2.50 cm y presenta alrededor de 2 cm de ancho Puente et al. (2011). De la misma forma, Licodiedoff, Deitos, & Hoffmann, (2013) determinaron que durante la fase inicial del estado de madurez de la fruta el peso en fresco aumentó en mayor proporción de un  $2.9 \pm 0.52$ g a  $5.82 \pm 0.40$  g, lo cual indica que la uvilla puede acumular mayores cantidades de agua durante la maduración.

### **2.7.2. COLOR**

Wu & Sun, (2013) determinan que, el color es uno de los parámetros que representa calidad en los alimentos, mencionando que, con respecto a esta característica los consumidores evalúan estas condiciones que lo llevarán a la aceptación en el mercado y su respectiva comercialización, estas mediciones se pueden realizar por medio del ojo humano, así como también de instrumentos de medida como colorímetro o utilizando la visión digital.

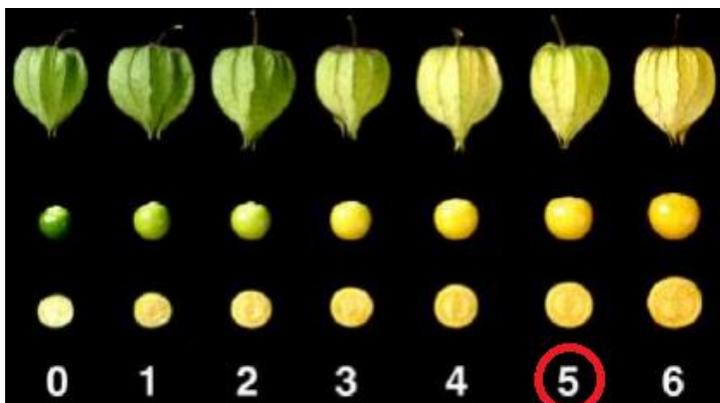
Por otro lado, Cairone et al. (2020) manifiestan que, el color es una propiedad de la materia que se refleja directamente con el espectro de la luz, observando que el espectro visible es una radiación electromagnética con longitudes de onda entre 380 a 780 nm, el espectro visible de la coloración roja varía entre 700 y 770 nm, el color amarillo entre 570 y 590 nm y el color azul entre 400 y 475 nm.

De igual manera, Oliveira, Gonçalves, Correia, & Guiné, (2016) determinaron que la coloración de la fruta se determina a través de un colorímetro en un espacio de color CIE Lab, mediante la evaluación de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , dado que, se representan en un plano cartesiano, dependiendo de la coloración que presente, es decir,  $L^*$  es aquel que representa la luminosidad que va de 0 a 100 con una coloración negro y blanco respectivamente, luego esta  $a^*$  que va de verde (-a) a rojo (+a) y finalmente  $b^*$  al que se le atribuye el color azul (-b) y amarillo(+b), que van de extremo a extremo.

Es por esto que, Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2009) determina que, los colores que se encuentran presentes en la uvilla *Physalis peruviana* L son de color amarillo – dorado – naranja; o verde según la variedad, y a su vez depende del índice de madurez, puesto que, se puede evaluar según la coloración externa que presenta, a partir de esta se determina la coloración en 6 etapas como se puede observar en la Figura 4.

**Figura 4**

*Estado de madurez de la uvilla Physalis peruviana L*



Tomado de: Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2009)

### **2.7.3. SÓLIDOS SOLUBLES**

El contenido de sólidos solubles totales es un indicador del contenido de azúcares totales, los cuales se encuentran diluidos en el zumo de la fruta Thuy, Phuong, Suong, & Tai, (2020) en el que se estiman a través del índice refractométrico (IR, °Brix). Donde las fases 3 y 4 reportan que presentan mayor contenido de sólidos solubles totales y es aquí en el que se determina la madurez fisiológica, ya que a partir de estas fases su coloración varía entre naranja claro a naranja (Fischer & Martínez, 1999). A partir de la información mencionada Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer, (2006) presentan que en estas fases de madurez varían de 11.6 a 13.5 °Brix. Sin embargo, FAO (2007) menciona que, la uvilla (*Physalis peruviana* L.) debe presentar mínimo 14,0 °Brix.

### **2.7.4. pH**

Según Morcillo Ortega, Cortés Rubio, & García López, (2013) mencionan al pH como la medida de alcalinidad o de acidez, en el que un alimento al presentar un medio ácido tendrá un sabor agrio, mientras que si el medio es alcalino tendrá un sabor amargo, a partir de esto surgen los correctores de acidez que se utilizan para controlar o corregir la alcalinidad o acidez de alimentos. En adición, se determina que la frutas como otros alimentos acidificados (vinagre, encurtidos) presentan un pH por debajo de 4.5 Hernández & Sastre, (1999). Sin embargo (Medina Villegas, 2006) determinó que la uvilla (*Physalis peruviana* L.) tiene un pH de 3.74, mientras que Mendoza, Rodríguez, & Millán, (2012) mencionan que este fruto presenta un pH de 3.72.

### **2.7.5. ACIDEZ TITULABLE**

Valero & Ruiz Altisent, (1996) articulan que la acidez es un parámetro que generalmente afecta el sabor de la fruta, en vista de que, posee ácidos orgánicos libre o en forma de nutrientes, como por ejemplo la manzana, la naranja y el limón presentan ácido málico, ácido cítrico y ácido tartárico respectivamente, de igual manera, menciona que existe una relación inversa entre azúcares y ácidos, dado que, a medida que los azúcares incrementan durante la madurez los ácidos orgánicos disminuyen.

Además, la acidez titulable se expresa como la cantidad en gramos del ácido orgánico principal (cítrico, málico, tartárico, etc.) por 100 ml de jugo, por lo que se, determina por valoración con una solución alcalina estandarizada y diluida, en el que se utiliza fenolftaleína como indicador de punto final presentando una coloración rosa. Oswell, Amarowicz, & Pegg, (2019). A partir de este método, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2014) determina que la uvilla (*Physalis peruviana* L.) presenta acidez titulable de 2.09, mientras que Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2009) menciona que la acidez titulable es de máximo 2.50.

## **2.8. PROPIEDADES FUNCIONALES, NUTRICIONALES Y MEDICINALES DE LA UVILLA**

La uvilla (*Physalis Peruviana* L.) es una fruta que presenta propiedades nutricionales y funcionales como provitamina A, B y C, así como también minerales, fructosa, pectina, y fósforo que colaboran a una dieta saludable para las personas que sufren enfermedades gastrointestinales y personas diabéticas. Ramadan, (2011). De igual manera, Bazalar Pereda, Nazareno, & Viturro, (2018) determinan que presenta propiedades funcionales como capacidad antioxidante, polifenoles, flavonoides,  $\beta$ -caroteno, etc.

De la misma forma, le atribuye propiedades medicinales tales como antiasmático, diurético, antiséptico, sedante, analgésico, fortifica el nervio óptico, alivia problemas de garganta, elimina parásitos intestinales y amebas, por tanto, se considera al fruto un alimento apetecido por las poblaciones europeas Rodríguez, (2007).

### **2.8.1. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES**

Los compuestos antioxidantes son aquellos que previenen enfermedades crónicas que no son transmitibles, que pueden ser atribuidas al cuerpo a través del consumo de alimentos

que presenten este compuesto, se los puede encontrar como vitaminas A, E, C, carotenoides y minerales como el zinc y el selenio, en frutas o vegetales, Zamora, (2007), por medio del consumo de estos alimentos, los compuestos agresores (radicales libres) son controlados previniendo enfermedades crónicas de manera natural.

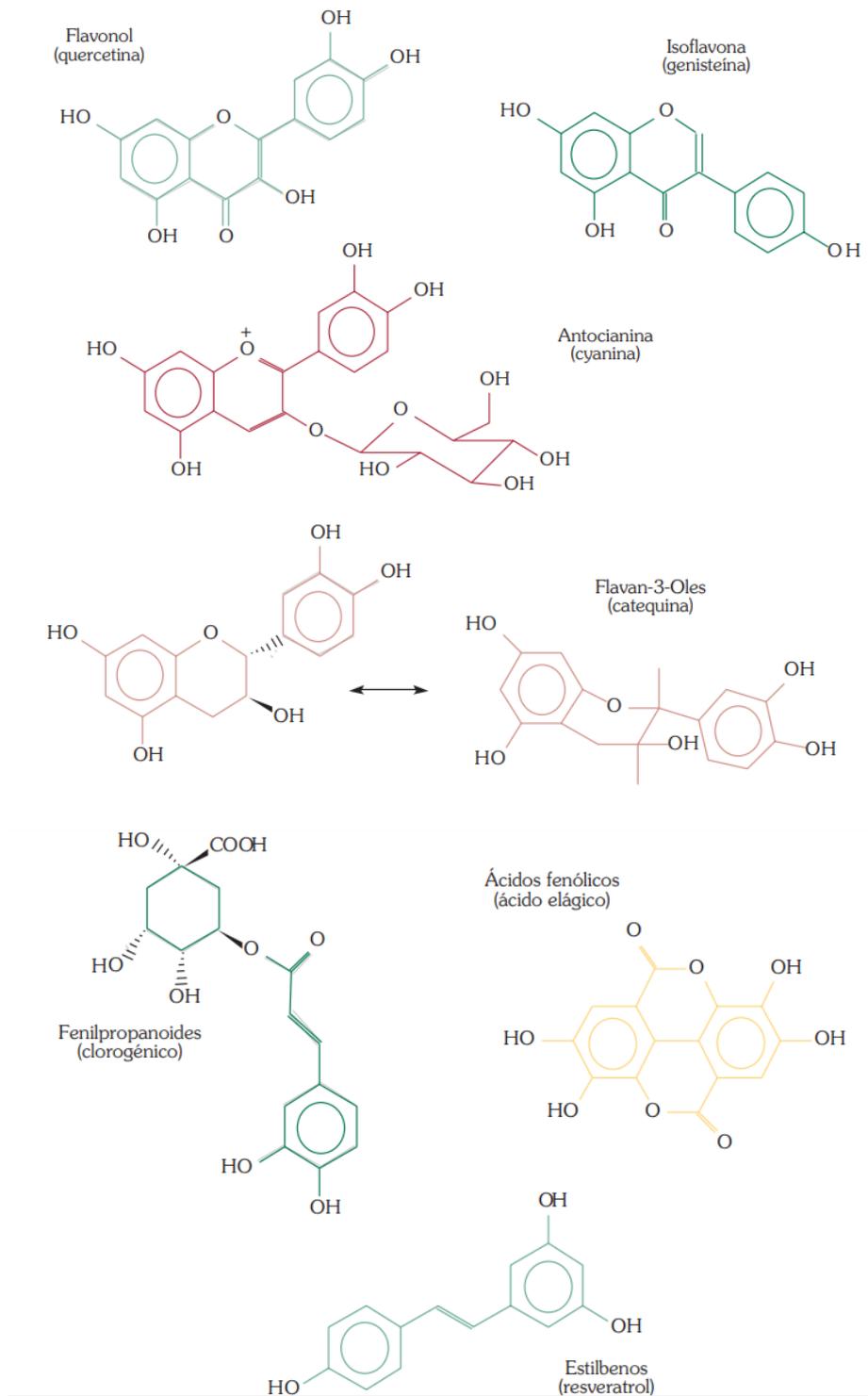
De la misma forma, a estos compuestos bioactivos se los denomina como fitoquímicos, sin embargo existe un grupo aún más importante, el de los polifenoles, considerados como los antioxidantes más abundantes y su consumo es mayor al de los antioxidantes que muestran acción a partir de enzimas, Araya, Clavijo, & Herrera, (2006), además, las frutas que presentan mayor contenido de antioxidantes obtenido por método FRAP mmoles Fe/100g es maqui (*Aristotelia chilensis*)  $12.32 \pm 0.17$ , zarzamora (*Rubus fruticosus*)  $3.55 \pm 0.17$ , olivo (*Olea europeacea*)  $3.25 \pm 0.10$  y frutilla (*Fragaria ananassa*)  $3.10 \pm 0.25$ .

### **2.8.1. TIPOS DE ANTIOXIDANTES**

Dentro de los compuestos antioxidantes el más sobresaliente es el polifenol, ya que este presenta estructuras diversas, desde las más simples como el ácido fenólico, hasta las más complejas como los taninos hidrolizables, estos polifenoles pueden ser divididos en varios grupos de estructura básica como las antocianinas, flavonoles y flavonas, flavononas, chalconas, isoflavonas, entre otros, como se puede observar en la Figura 5, juegan un papel importante sobre las propiedades organolépticas de los alimentos de origen vegetal, Barberán & F, (2003), a su vez estos polifenoles complejos son encargados de atribuirle astringencia y aroma a determinadas frutas.

## Figura 5

### Principales grupos de polifenoles en alimentos



Tomado de: Barberán & F, (2003)

### 2.8.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante forma parte de los antioxidantes, que evitan la degradación o muerte de las células del cuerpo, causadas por los radicales libres o especies reactivas de oxígeno que se generan por oxidación. Harasym & Oledzki, (2014). De la misma forma, determina que la capacidad antioxidante varía según el contenido de vitamina C y E, carotenoides, flavonoides y otros polifenoles los cuales pueden proteger contra enfermedades coronarias, cáncer y enfermedades neurodegenerativas. Saura & Goñi, (2006). Por otro lado, en la Tabla 3 se muestra las propiedades funcionales que presenta la uvilla (*Physalis Peruviana* L.).

**Tabla 3**

*Contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante*

<b>Nombre común</b>	<b>DPPH (<math>\mu\text{mol TE}/(100\text{g pulpa seca})</math>)</b>	<b>FENOLES TOTALES (g GAE <math>\text{kg}^{-1}</math>)</b>	<b>VITAMINA C (<math>\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}</math>)</b>	<b>CAROTENOS (<math>\mu\text{g de EAR}/100\text{g}</math>)</b>
Uvilla	$729 \pm 98$	$154 \pm 3$	$43.3 \pm 0.5$	$2.64 \pm 0.03$

Tomado de: Repo & Encina, (2008)

Para cuantificación de capacidad antioxidante Cerón, Higueta, & Cardona, (2010), aplican diferentes métodos, como es el DPPH y el ABTS que son basados en la captación de radicales libres, y también se encuentra el método FRAP y el ORAC, que permite determinar el contenido de capacidad antioxidante que presenta el fruto. De manera que, el método ABTS permite monitorear la desaparición del catión  $\text{ABTS}^+$ , que es producto de la oxidación debido a la presencia de compuestos capaces de actuar con este radical.

#### 2.8.2.1. MÉTODO ABTS

Según Corporación Universitaria Lasallista (2011) este método se basa en cuantificar la decoloración del radical  $\text{ABTS}^+$ , tomando en cuenta que este es un cromóforo altamente absorbente a una longitud de onda de 415 o 734 nm, que se genera por la oxidación del

ABTS (2,2' -azino- bis-(3-etil benzotiazolin -6- sulfonato de amonio) en presencia de peroxidasa u oxidasas, de igual manera, puede ser preparada con agentes oxidantes como el persulfato de potasio o el dióxido de magnesio.

### 2.8.3. POLIFENOLES TOTALES

Los polifenoles son aquellos que permite mantener la salud del sistema cardiovascular, debido a la presencia de compuestos antioxidantes que atribuyen efectos antiinflamatorios, gracias a sus características físico-químicas que permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción, Quiñones, (2012). Tomando en cuenta que, la cantidad de fenoles totales varía entre 30.5 a 10.584.70 mg/100 g en las frutas y de 12.40 a 1.377.20 mg/100 g en las hortalizas. Zapata, Piedrahita, & Rojano, (2014). Por consiguiente, se presenta en la Tabla 4 el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y los métodos que se utiliza para obtener lo valores que presenta la uvilla según Cerón, Higueta, & Cardona, (2010).

**Tabla 4**

*Capacidad antioxidante y contenido polifenólico de extractos de uvilla*

Nombre común	Nombre científico	Solvente usado en la extracción	Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox/g peso fresco-EFe}^{2+}$ $\mu\text{mol 100 g}$ )	Contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico equivalente/g de peso fresco)	País	Referencia
		Metanol	Pulpa, prueba ABTS:0.426-0.011; DPPH:0.291-0.039	Pulpa 154-3	Perú	Repo-de-Carrasco y Encina (2008)
Uvilla	Physalis peruviana L.	Metanol	Pulpa, prueba FRAP:0.056-0.0138; DPPH:0.211-0.0945	Pulpa 154-3	Colombia	Restrepo (2008)
		Metanol	Pulpa, prueba FRAP:0.055-0.071; DPPH:0.193-0.03	Pulpa 154-3	Colombia	Botero (2008)

Tomado de: Cerón S, Higueta, & Cardona A, (2010)

#### 2.8.3.1. Método Folin Ciocalteu

Este método se basa en la capacidad que presenta los fenoles para reaccionar frente a la presencia de agentes oxidantes, se utiliza el reactivo Folin-Ciocalteu, que está compuesto

de molibdato y tungstano sódico, capaces de reaccionar ante cualquier fenol presente en diferentes muestras en las que se analice por este método, obteniendo de esta manera un cromógeno de color azul intenso, debido al molibdeno y tungsteno que presenta el reactivo, Gutiérrez, Ortiz, & Cisneros, (2008).

#### 2.8.4. ACIDO ASCÓRBICO

Puente, Pinto, Castro, & Cortés, (2011) mencionan que las vitaminas son importantes para la nutrición humana debido a que aportan en el crecimiento y mantenimiento de los tejidos, producción de neurotransmisores, de las hormonas y las respuestas del sistema inmunológico, por lo tanto, el estudio realizado determina que la pulpa de uvilla presenta un rango de contenido de vitamina C entre 20 a 43 mg /100 g pulpa, como puede observar en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Composición vitamínica de la fruta Physalis peruviana L.*

Vitamina	Contenido (cada 100 g de pulpa)		
	National Research Council (NRC) (1989)	CCI (1994)	Fisher et al. (2000)
β-caroteno (vit. A) in mg	1460	648 UI	1730 UI
Tiamina (vit. B1) in mg	0.10	0.18	0.3
Riboflavina (vit. B2) in mg	0.03	0.03	0.17
Niacina (vit. B3) in mg	1.70	1.30	0.80
Ácido ascórbico (vit. C) in mg	43.00	26.00	20.00

Tomado de: Puente L. A., Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés (2011)

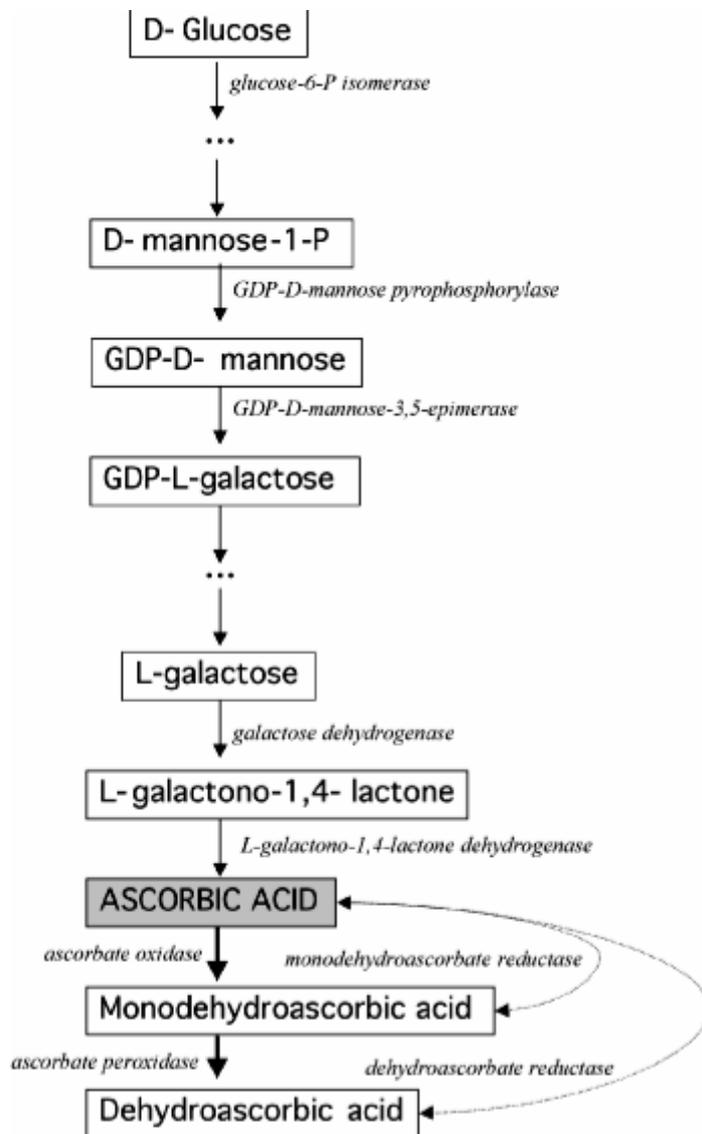
Por otra parte, estudios realizados por Naidu, (2003) determina que el contenido de vitamina C en alimentos es muy importante debido a que es un antioxidante dietético, debido a que reduce los efectos del oxígeno reactivo y el nitrógeno reactivo que pueden causar daño en las macromoléculas como lípidos, ADN y las proteínas, que se encuentran relacionados con las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y enfermedades neurodegenerativas.

### 2.8.4.1. Síntesis de ácido ascórbico

La vitamina C o ácido ascórbico es aquella que se obtiene a partir del metabolismo de la glucosa y es considerado como una vitamina hidrosoluble como se puede observar en la Figura 6, así como también químicamente es considerada como una lactona de un azúcar-ácido derivado del ácido gulónico que de igual manera se sintetiza a partir de la glucosa. Valdés, (2006).

**Figura 6**

*Biosíntesis y biodegradación del ácido ascórbico por la vía metabólica*



Tomada de: Barata-Soares, P. A. Gomez, De Mesquita, & Lajolo, (2004)

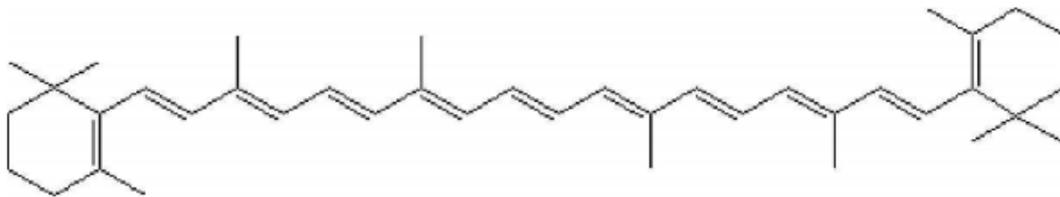
### 2.8.5. $\beta$ -CAROTENOS

Los  $\beta$ -carotenos también son considerados como antioxidantes, dado que, al tener un consumo rico en la dieta, este previene el cáncer y trastornos cardiovasculares, es un pigmento natural de coloración amarilla-anaranjada característico de la uvilla Stahl & Sies, (2005). Más aún, Pinchao, Osorio, & Ordoñez, (2016) determinan que, el  $\beta$ -caroteno que presenta la uvilla esta entre 12.31 – 16.86  $\mu\text{g/g}$ , mientras que en tomate de árbol encontró un contenido de  $\beta$ -caroteno entre 16.87 – 31.04  $\mu\text{g/g}$ .

De la misma forma, son considerados como protectores solares, ya que previenen quemaduras de sol ya sea este utilizado sólo, o en combinación con otros carotenoides y vitaminas, (Vitale, Bernatene, & Pomilio, 2010). En la Figura 7 se muestra la estructura química que presenta el  $\beta$ -caroteno.

#### Figura 7

*Estructura química de  $\beta$ -caroteno*



Tomada de: Vitale, Bernatene, & Pomilio, (2010)

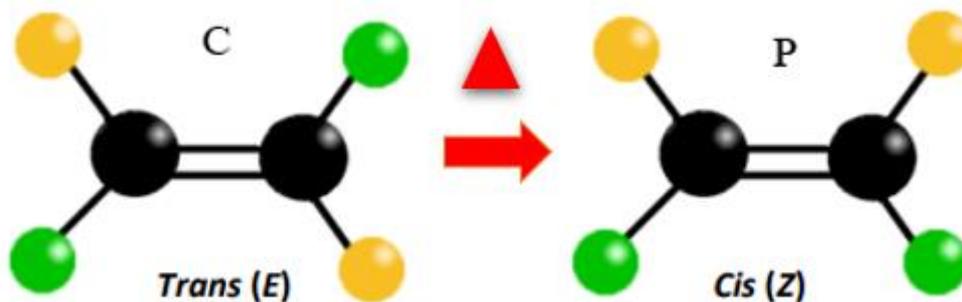
Cabe señalar que, en grupos pertenecientes a carotenoides se encuentra el  $\beta$ -caroteno, al igual que los carotenoides su estabilidad depende de varios factores entre ellos se encuentra el oxígeno, que, en su presencia, el contenido de estos compuestos pasa a presentar un proceso de isomerización o de fragmentación, de manera que se obtiene degradación oxidativa, que va a depender de la actividad del agua y de la temperatura. Begoña, Granado, & Navarro, (2001).

#### 2.8.5.1. Proceso de isomerización

Este proceso se produce durante tratamientos térmicos que da lugar a la hora de procesar alimentos, puesto que, al actuar sobre un isómero de doble enlace en su composición, presenta una transformación parcial de su forma trans a cis, como se observa en la Figura 8, Meléndez, Vicario, & Heredia, (2004).

## Figura 8

Proceso de transformación de trans (E) a cis (Z) durante el proceso de isomerización en alimento crudo (C) y procesado o cocido (P).



Tomada de: Gutiérrez Rodríguez, (2018).

Los  $\beta$ -carotenos,  $\alpha$ -caroteno y licopeno forman parte de los carotenos que solo presentan carbono e hidrógeno en su composición, mientras que los xantofilas como luteína y la zeaxantina contienen oxígeno en su composición, estos dos grupos (carotenos y xantofilas) forman parte de los carotenoides, por lo que, cumplen funciones importantes dentro del ser humano, cabe mencionar que, son compuestos que se puede encontrar en alimentos crudos como en alimentos procesados, puesto que, estos compuestos presentan un forma trans en alimentos crudos, que se transforman en cis por medio del proceso de isomerización que se da lugar al someter a estos compuestos a temperaturas altas. Gutiérrez, (2018).

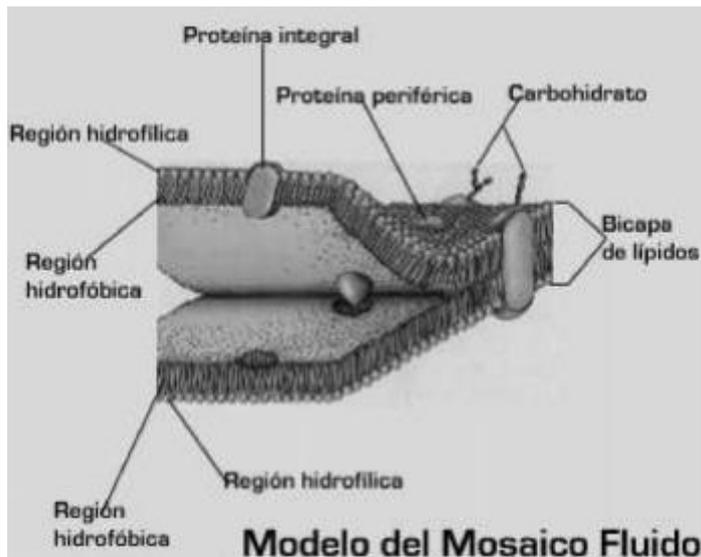
Razón por la cual, Gutiérrez, (2018) demuestra que el cambio que se da en la Figura 8 es producto de la isomerización, ya que el isómero trans (E) es más inestable, es por esto que, se encuentra en alimentos no procesados, es decir en estado natural, mientras que el isómero cis (Z) es más estable al someterse a procesos en los que se use calor, inclusive tienden a incrementar su contenido en un periodo de 60 min aproximadamente, pasado este tiempo procede a disminuir el contenido de este isómero.

Por otro lado, Valenciaga & Chongo, (2004), Clinton, (2009) y Herrera, (2018) demuestran que durante el proceso de secado por atomización o inducción de calor permite el rompimiento o ablandamiento de las membranas celulares, las cuales están conformadas por polisacáridos, lignina, ácidos fenólicos, proteínas, iones y agua como se muestra en la Figura 9, son liberados y sometidos a calor, permitiendo un desprendimiento del contenido de

carotenoides que se encuentran ligados a las proteínas que conforman la membrana, facilitando mayor obtención del contenido de  $\beta$ -caroteno.

### Figura 9

*Membrana plasmática de células vegetales que contiene proteínas inmersas en una bicapa de lípidos.*



Tomada de: Pérez Leal, (2017)

## 2.9. SECADO

Según Costenbader, (2001) determina que, el secado es un método que se utiliza para conservar alimentos. Por lo cual, el alimento presenta un contenido de humedad alrededor de 5-6 %, por tanto, evita que exista presencia alta de microorganismos que contribuyan a la degradación del alimento, permitiendo eliminar las enzimas encargadas del deterioro tanto de frutas y verduras. (Foundation, 1984).

## 2.10. MÉTODOS DE SECADO

Es aquel que permite conservar de diferentes formas, productos de origen animal y vegetal, por lo tanto, se debe conocer como preservar los alimentos con el fin de cubrir las necesidades de alimentación, y de igual manera permitir alargar la vida útil del alimento manteniendo sabores, nutrientes, textura, entre otros aspectos, dentro de estos métodos podemos encontrar liofilización, deshidratación, secado por vacío, secado por aire o vapor, etc. Aguilar, (2012).

### **2.10.1. SECADO POR CONGELACIÓN**

El método de conservación por congelación permite alargar la vida útil de las propiedades físicas, fisicoquímicas relacionadas con la calidad, donde productos sometidos al proceso presentan características como baja actividad de agua, bajos cambios de volumen y de forma y alta capacidad de rehidratación Ayala, Serna, & Mosquera, (2010).

En el proceso de liofilización se presenta tres etapas que consiste en congelación a bajas temperaturas, secado por sublimación de hielo del producto congelado y almacenamiento de producto terminado a condiciones controladas, Ramírez, (2006). Por otra parte, Ayala, Serna, & Mosquera, (2010) determinan que en la primera etapa de liofilización (congelación) de diferentes frutas se utiliza parámetros que varían, dado es el caso de pitahaya que trabaja con  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , presentando una temperatura inicial de  $-2.58\text{ }^{\circ}\text{C}$  para producto fresco, mientras que en manzana, pera y uva, se utilizaron ( $-2.20 \pm 0.38^{\circ}\text{C}$  para  $12.28\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ ), ( $-1.96 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$  para  $9.55\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ ) y ( $-3.37 \pm 0.35^{\circ}\text{C}$  para  $16.70\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ ), respectivamente.

Mientras tanto, estudios realizador por Huachuquilla Lizarme, (2017) reportan diferentes parámetros para liofilización de pulpa de uvilla, iniciando con la concentración de pulpa a  $16\text{ }^{\circ}\text{Brix}$  con una temperatura inicial de  $19.60\text{ }^{\circ}\text{C}$  alcanzando una temperatura de congelación en el liofilizador de  $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a su vez, en la segunda etapa de liofilización (sublimación) alcanza  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a una presión de  $0.11\text{ mbar}$  durante 19 horas, obteniendo ácido ascórbico  $127 \pm 9.70\text{ mg de AA /100 g}$ , carotenoides  $14.17 \pm 0.62\text{ mg } \beta\text{-caroteno Equi./100 g}$  y compuestos fenólicos  $223 \pm 3.02\text{ mg AGE/100 g}$ , así mismo, la capacidad antioxidante  $5581.81 \pm 38.81\text{ } \mu\text{mol ET/100 g}$ .

### **2.10.2. SECADO POR AIRE CALIENTE**

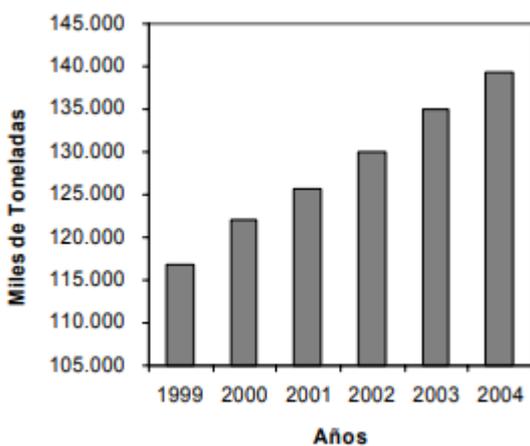
Según Jayaraman & Das Gupta, (1992) lo determinan como un método para conservación de alimentos desde la antigüedad, que permite eliminar el contenido de humedad evitando el crecimiento y reproducción de microorganismos, permitiendo reducir sustancialmente el peso y el volumen del alimento sometido a este proceso, minimizando los costos de empaque, almacenamiento y transporte, tolerando almacenamientos a temperatura ambiente.

La importancia económica de la deshidratación tanto en el país como en diferentes países es notable, debido a que, un producto deshidratado es rico en minerales, fibras, vitaminas, entre otros, es apetecido por la población que se encuentran enfocados en consumir alimentos sanos y libres de aditivos y conservantes artificiales que hoy en día son muy utilizados. Vega, Chacana , & Lemus, (2007).

Es por esto que, surgen datos significativos en la producción de alimentos deshidratados como se puede observar en la Figura 10, donde el mercado mundial de deshidratados ha mostrado un crecimiento continuo, a pesar del surgimiento y desarrollo de nuevos productos con tecnologías emergentes no tradicionales, generalmente ligados a la innovación y a su mayor valor agregado, sin embargo, el mercado de los productos deshidratados es muy importante en Europa, Asia y Estados Unidos, donde, los volúmenes de producción son muy elevados. Vega, Chacana , & Lemus, (2007).

**Figura 10**

*Producción de deshidratados en relación al año*



Tomada de: Vega, Chacana , & Lemus, (2007)

## **2.11. SECADO POR ATOMIZACIÓN**

Según Flaquer, Delgado, Fernández, & Ochoa, (2016) la atomización es una técnica que se utiliza para la obtención de alimentos en polvo, utilizado en diferentes industrias como farmacéutica, alimentaria y de detergentes, entre otras, permite transformar una materia prima que se encuentra en estado líquido a un producto seco en forma de polvo. Este proceso

es una alternativa para la conservación del fruto y facilidad de utilizarla en preparación, de postres, pasteles, etc. Cortés, Hernández, & Estrada, (2017).

De la misma forma, Mondragón, Julia, Barba, & Jarque, (2013) definen al proceso como algo complejo, que producen fenómenos de transporte de materia y energía entre las gotas y el aire, sin embargo, en el proceso se determina la relación entre las condiciones de operación y las características del polvo atomizado para líquidos puros, soluciones acuosas (nitrato amónico, sulfato sódico, silicato sódico, cloruro sódico) y para productos alimentarios (leche en polvo, café). En la Figura 11 se observa la torre de secado por atomización FT80.

### **Figura 11**

*Torre de secado por atomización (FT80)*



Tomado de: <https://tecnoedu.com/Armfield/FT80A.php>

#### **2.11.1. CINÉTICA DE SECADO DE GOTAS**

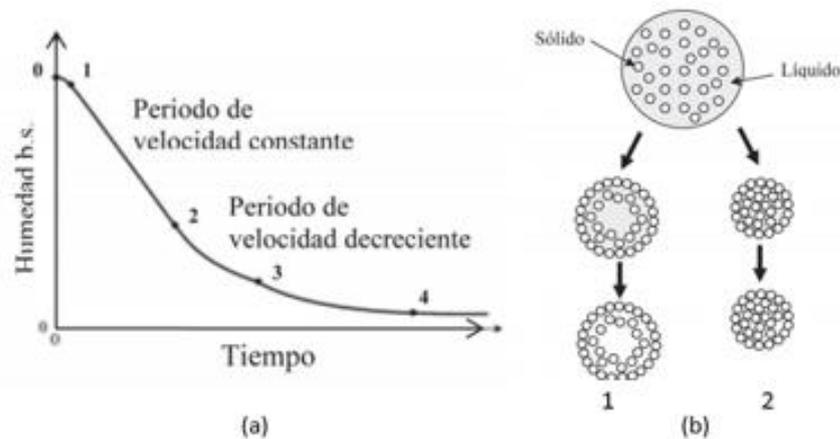
El proceso de secado por atomización inicia al ingresar la alimentación en forma de nube o neblina a la cámara de secado, al tener contacto con el aire caliente da lugar a la formación de partículas de polvo, donde, Mondragón, Julia, Barba, & Jarque, (2013) determinaron que, para su obtención cumplió con cuatro fases o tramos, en el tramo (1-2) se produce el

secado de manera constante, es decir, es la etapa donde el líquido se desplaza desde el interior de la gota hacia la superficie con la finalidad de mantenerla húmeda.

Una vez que haya finalizado el tramo (1-2) las gotas entran en la fase crítica de secado (punto 3), donde, al no tener la capacidad de mantener húmeda la superficie de las gotas, estas presentan formaciones de costras como se puede observar en la Figura 12(b), hasta finalmente obtener un producto con humedad menor al 5 %, que se encontrará en la última fase de secado.

### Figura 12

*Cinética de secado de gotas (variación de humedad con el tiempo) (a), Formación de gránulos (b).*



Tomada de: Mondragón R. , Julia, Barba, & Jarque, (2013)

### 2.11.2. ATOMIZADOR CON BOQUILLA DE DOS FLUIDOS

Bringas, Pino, & Aragüez, (2014) mencionan que en este atomizador se utiliza gas como aire o vapor a presiones relativamente bajas para separar líquido en pequeñas gotas, presenta una boquilla de dos fluidos, su principal ventaja es trabajar a presiones bajas, donde, el líquido se bombea de 0.07 a 4.22 kg / cm<sup>2</sup> (14.20 a 60 psi) y se atomiza a presiones por debajo de 0.70 a 7.03 kg / cm<sup>2</sup> (10 a 100 psi).

### 2.11.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ATOMIZACIÓN

Para el proceso de secado por atomización se debe tomar en cuenta los parámetros o factores que intervienen, puesto que, de esto dependerá el correcto funcionamiento del equipo y de igual manera la obtención de un producto final con características deseadas.

### **2.11.3.1. Las temperaturas de entrada y salida**

La temperatura de entrada y salida del atomizador son importantes para el proceso de atomización, es por esto que, la temperatura de entrada para obtener un polvo varía entre valores de 150 a 220° C, mientras que la temperatura de salida es de 50 a 80° C, evitando degradaciones térmicas Gharsallaoui et al. (2007).

Mientras tanto, estudios realizados por Solval , Sundararajan, Alfaro , & Sathive, (2012) determinan que para atomización de jugo de fruta (noni) se utilizan temperaturas de entrada y salida de aproximadamente 76 °C y 180 °C para atomizador (FT-80), el cual permitió mantener el contenido de vitamina C y  $\beta$ -carotenos. De igual forma, determinan que las temperaturas de entrada y salida para un atomizador de disco centrifugo en jugo de uvilla son 194.2°C y 87.7°C respectivamente. Cortés, Hernández, & Estrada, (2017).

### **2.11.3.2. Concentración del material de alimentación**

La concentración del alimento y la temperatura que se utilizan en el proceso de atomización, son importantes, considerando que, de esto depende la formación de la corteza de las partículas del atomizado, mejorando la retención de los compuestos volátiles. Ré, (1998). Por otro lado, Cortés, Hernández, & Estrada, (2017) mencionan que la concentración de los productos que se utilizan en la alimentación del atomizador no debe superar los límites establecidos para cada equipo, dado que, se produce un incremento en la viscosidad y se obtiene rendimientos bajos de pulverización o a su vez, se altera el sabor del producto obtenido.

## **2.12. MICROENCAPSULACIÓN**

Según Huertas (2010) la microencapsulación es una tecnología de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos. De manera que, recubre partículas pequeñas de distintos ingredientes (acidulantes, grasas y sabores), así como, ingredientes completos (pasas, nueces y productos de confitería) que pueden darse por microencapsulación y macrorecubrimiento, respectivamente. Kashappa & Park, (2005).

Dias, Ferreira, & Barreiro, (2015) determinan que, la industria alimentaria se encuentra interesada en buscar nuevas alternativas para nuevos productos, que logre mantener compuestos bioactivos que permitan contribuir con la salud de la población, que no presente aditivos sintéticos o inclusive se pueda llegar a colocar en pequeñas cantidades. Es por esto

que, surge la necesidad de realizar investigaciones acerca de la microencapsulación en el proceso de secado por atomización determinando cada uno de los factores que interviene en cada etapa del proceso hasta obtener un producto en polvo.

### 2.12.1. FORMACIÓN DE MICROCÁPSULAS

Para la obtención o fabricación de microcápsulas existe un desarrollo de diversas técnicas que permite encapsular ingredientes alimenticios, es por esto que, la tecnología ha desarrollado métodos que se dividen en tres grupos como son métodos físicos, químicos y físicos-químicos como se pueden observar en la Tabla 6. Fereidoon & Xiao, (2009).

**Tabla 6**

*Métodos para formar microcápsulas.*

MÉTODOS FÍSICOS	MÉTODOS QUÍMICOS	MÉTODOS FÍSICOS-QUÍMICOS
Secado por atomización	Inclusión molecular (complejación de inclusión)	Coacervación (separación de la fase acuosa)
Spray de enfriamiento	Polimerización interfacial	Separación de fase orgánica
Spray de enfriamiento		Atrapamiento de liposomas
Recubrimiento de lecho fluido (recubrimiento por pulverización en lecho fluidizado)		Coacervación (separación de la fase acuosa)
Extrusión		
Extrusión centrífuga multiorifical		
Cocrystalización		
Secar en frío		

Tomada de: Fereidoon & Xiao-Qing , (2009)

### 2.12.2. TIPOS DE ENCAPSULANTES

Los encapsulantes son importantes a la hora de realizar secado por atomización o en distintos procesos que se requiera su uso, ya que, influye en la estabilidad de la emulsión, fluidez y tiempo de vida útil del atomizado (Ré, 1998). Por tanto, se presenta en la Tabla 6 los diferentes tipos de materiales de revestimiento que se utilizan con su respectivo proceso.

**Tabla 7***Tipos de encapsulantes.*

<b>Materiales de revestimiento</b>	<b>Ampliamente utilizado</b>	<b>Métodos Referencias</b>
Carbohidrato	Almidón, maltodextrinas, jarabe de maíz, dextrano, ciclodextrinas de sacarosa	Pulverización y liofilización, extrusión, complejación por inclusión.
Celulosa	Carboxi metilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosa, acetato de celulosa-ftalato, acetato de celulosa-butirato-ftalato	Secado por aspersión y películas comestibles.
Goma	Goma de acacia, agar, alginato de sodio, carragenina. Lípido: cera, parafina, cera de abeja, ácido tristearico, diglicéridos,	Spray de secado, método de jeringa (bolas de gel)
Proteínas	Gluten, caseína, gelatina, albúmina, hemoglobina, péptidos.	Emulsión, secado por pulverización.

Tomado de: Kashappa Goud & Park, (2005)

Más aún, Huertas, (2010) menciona que, no todos los encapsulantes se utilizan en industrias de frutas y hortalizas, en vista de que, la encapsulación abarca varias ramas de la industria, puesto que, se puede encapsular alimentos, o materiales como aceites, bacterias probióticas, enzimas, lactosuero, pigmentos vegetales, minerales, vitaminas y aditivos alimenticios. En contraste con lo anterior, Islas, (2002) menciona que, se utiliza encapsulantes para la obtención de alimento para el sector acuícola, por lo tanto, para su elaboración hace uso de una proteína, como la gelatina y gomas como la arábica, que se utilizan como encapsulantes.

### **2.12.3. MALTODEXTRINA**

Según Gharsallaoui et al. (2007) mencionan que, la maltodextrina al igual que los almidones y los sólidos de jarabe de maíz son utilizados en la industria alimentaria, en vista de que, atribuyen baja viscosidad en altos contenidos de sólidos y buena solubilidad. De modo que, Velásquez, Riveros, & Ruíz, (2011) consideran que, es el encapsulante mayormente utilizado para la microencapsulación en el proceso de secado por atomización, permitiendo preservar el contenido nutricional de los alimentos sometidos a este proceso.

El uso de este encapsulante se ha observado en varios estudios relacionados a la microencapsulación de jugo de frutas, específicamente en procesos de secado por

atomización, en relación a esto, Velásquez, Riveros, & Ruíz, (2011) realizaron un estudio acerca del uso de encapsulantes que mejoren la retención de ácido ascórbico en jugo de *Physalis peruviana* L. atomizado, presentando diferentes dosificaciones de maltodextrina (50% y 100%) y otro encapsulante con las mismas proporciones, cada una de estos valores tiene relación con el contenido de sólidos solubles del jugo utilizado, que se realizó para un atomizador (IC40D, Didacta, Italia).

Mientras tanto, Cortés, Hernández, & Estrada, (2017) determinan que, para un atomizador centrífugo se utiliza una concentración de maltodextrina de 24.40 %, el cual contribuye con la retención de vitamina C ( $69.70 \pm 0.70\%$ ), ácido fólico ( $90.90 \pm 1.80\%$ ) y hierro ( $90.80 \pm 1.00\%$ ) en el jugo de uvilla (*Physalis peruviana* L.). De igual modo, Hernández, Cortés, & Ciro, (2014) en su investigación utiliza 24.37% de maltodextrina para un secador de pulverización con un disco atomizador (Vibrasec SA) determinando un contenido de vitamina C ( $22.33 \pm 1.82$ ), ácido fólico ( $261.74 \pm 5.45$ ) y hierro ( $8.88 \pm 0.61$ ) para uvilla (*Physalis peruviana* L.).

Además, los materiales de pared como la maltodextrina permiten sellar, mantener y proteger materiales activos contra los efectos de luz, calor, oxígeno, oxidación por enzimas y entre otros Souza, Santos, Converti, & Maciel, (2020), a su vez, este encapsulante es considerado como un oligosacárido que permite incrementar la cantidad de °Brix y el nivel de viscosidad de las muestras, debido a su gran número de grupos OH, formando puentes de hidrógeno con moléculas de agua para encapsular compuestos activos López, Carvajal, & Millan, (2009).

### **2.13. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL POLVO DE FRUTAS**

Los productos en polvo permiten prolongar la vida útil del producto, en vista de que, reduce el contenido de humedad y la actividad de agua, este proceso es realizado con el uso de equipos y procesos como son la liofilización, secado, atomización, entre otros, a partir de estos procesos se logra obtener polvo de jugos de frutas, polvo de extracto de fruta o polvo de fruta entera. Aziz, Yusof, & Blanchard, (2018). Es por esto que, se consideran parámetros que permitan obtener polvos de frutas de calidad, dentro de estos se encuentran la humedad, la higroscopicidad, la humectabilidad, la solubilidad, etc.

### **2.13.1. HUMEDAD**

El contenido de humedad representa el nivel de eficiencia que el proceso de secado realiza, por tanto, debe mantener una cantidad  $< 5\%$  para garantizar que el polvo obtenido sea microbiológicamente seguro, además, el contenido de humedad va a depender de los parámetros que se utilicen en la obtención del polvo, como la temperatura de entrada, el flujo de alimentación y el bajo contenido de dextrosa de los encapsulantes Aziz, Yusof, & Blanchard, (2018).

### **2.13.2. HIGROSCOPICIDAD**

Según Daza, et al., (2016) es la capacidad que presenta el producto en polvo para absorber humedad del aire, por lo cual, dependerá la estabilidad del producto para su correspondiente almacenamiento, además, este se encuentra relacionado con el estado vítreo de los azúcares que se encuentran presentes en los alimentos, así como con la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ).

Más aún, Vidović, et al., (2014), mencionan que, un producto en polvo con temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) alta presentará baja higroscopicidad, es decir, al incrementar el contenido de encapsulante (maltodextrina) de la muestra a secar, aumenta el valor de  $T_g$  obteniendo baja absorción de humedad del producto seco, puesto que, al realizar el análisis de higroscopicidad del encapsulante durante un periodo de 7 días, obtuvo para el primer día  $6.65 \pm 0.60$  g/100 g , mientras que al séptimo día obtuvo  $8,46 \pm 0,90$  g/100 g, dando a conocer que existe baja absorción de humedad para maltodextrina.

### **2.13.3. HUMECTABILIDAD**

Según Serna, Torres, & Ayala, (2014) es la capacidad que presenta un polvo para rehidratarse en agua, dando a conocer en su estudio que existen variables como la concentración y la interacción de encapsulante, así como la temperatura que afectan directamente en los valores de humectabilidad, dado que, a mayor temperatura del aire de entrada y concentración del agente encapsulante, mayor será el tiempo que tarde el polvo en humedecerse.

De igual manera, Stavra, Plati, Pavlidou, & Paraskevopoulou, (2022) consideran que, presenta una mejor humectabilidad cuando el tiempo que tarda para humedecerse es corto,

sin embargo, va a depender del tamaño y la morfología del polvo obtenido durante el secado.

#### **2.13.4. DISPERSABILIDAD**

Es aquel porcentaje de materia seca residual que se obtiene luego de mezclar el polvo con agua, que se obtiene a través de filtrado por tamiz, más aún, determina que, el porcentaje de dispersabilidad va a depender de la humectabilidad del polvo Ji , et al. (2016). De la misma forma, el estudio realizado por P, (2014) determina que, un polvo que presenta contenido de humedad bajo y que fue atomizado a una presión alta, el polvo obtenido va a presentar mejor solubilidad y mayor dispersabilidad, sin embargo, al trabajar a una temperatura de 220°C se redujo la dispersabilidad del polvo, de modo que, a dichas condiciones las partículas que se forman son muy finas, dando paso a aglomeraciones.

#### **2.13.5. SOLUBILIDAD**

Según Shittu & Lawal, (2007) la solubilidad es la velocidad o capacidad que presenta el polvo para disolverse en un medio líquido, que, tiene factores que influyen en este proceso como son el tamaño y densidad de partícula que se obtiene una vez realizado la atomización.

Además, se obtiene mejores resultados de solubilidad en agua al utilizar encapsulante como material de pared, que permite presentar baja viscosidad a altas concentraciones de sólidos, bajo contenido de azúcar, protección contra la oxidación, entre otros, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1997).

Por otro lado, Cortés, Hernández, & Estrada, (2017) mencionan que, en el análisis de solubilidad para atomizado de zumo de uvilla se obtuvo un  $97.42 \pm 0.43\%$ , debido a la concentración de maltodextrina que se utilizó, además de determinar que la solubilidad se encuentra relacionada con la dextrosa equivalente (DE) que presenta la maltodextrina, ya que en la investigación que realizaron se utilizó un DE 19-20.

### **2.14. EFECTO DEL SECADO SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES**

El proceso de secado es uno de los métodos más utilizados para procesamiento de alimentos que necesitan mantener su vida útil con el mayor contenido de nutrientes, por tanto, dentro de estos métodos se presenta el secado por atomización el cual permite mantener en su

mayor parte las propiedades funcionales presentes en los alimentos con ayuda de un coadyuvante que permita la encapsulación de estos.

#### **2.14.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

En el estudio realizado por Dag, Kilercioglu, & Oztop (2017) acerca de las características físicas y químicas del polvo de uvilla, demuestran que el proceso de secado tiene menos influencia sobre las propiedades antioxidantes, puesto que, al estandarizar la materia prima antes de realizar el proceso, este es encapsulado con coadyuvantes (maltodextrina, pectina, goma arábica, etc) que capturan los compuestos del jugo, permitiendo conservar los nutrientes presentes y así obtener productos en polvo con menor degradación de compuestos funcionales.

Por otro lado, Ezhilarasi, Indrani, Jena, & Anandharamakrishnan (2013) demuestran que el proceso de secado por aspersion permite encapsular los compuestos del material a secar en menor tiempo, formando partículas o gotas esféricas que protegen el material que se encuentra en su interior, como son los nutrientes o compuestos funcionales presentes en este.

De la misma forma, Nunes et al., (2015) demuestran que en guayaba (*Psidium*) el proceso de secado sin uso de encapsulante, presenta degradación por oxidación, los principales compuestos en degradarse son la vitamina C y los compuestos fenólicos que se encuentran expuestas a temperaturas altas.

Cabe señalar que, las antocianinas consideradas como antioxidantes que forman parte de los polifenoles presentan degradación durante el proceso de secado según el estudio realizado por Righi da Rosa et al., (2018) acerca del secado por atomización de antocianinas encapsuladas, demuestran que una variación en la temperatura de salida produce degradación de este compuesto debido a que el cambio de temperatura conlleva a un periodo mayor de estadía en el secador, es decir, las muestras necesitan mayor tiempo para su correspondiente secado, obteniendo como resultado degradación de este compuesto.

Mientras tanto, en los procesos de secado la mayor pérdida que se produce es a causa de la temperatura de secado, ya que las propiedades funcionales como los antioxidantes son sensibles a altas temperaturas, como demuestran Khanal, Howard, & Prior, (2010) en el

estudio acerca de la influencia del calentamiento sobre la estabilidad de las antocianinas del orujo de uva y el arándano.

### **2.14.2. POLIFENOLES TOTALES**

Los polifenoles en frutas son ampliamente estudiados debido a su poder antioxidante y anticancerígeno en el ser humano, que conlleva a Wojdylo, et al., (2013) mencionar que este compuesto se pierde durante procesos de secado largos, debido a que a este compuesto se lo considera termolábil, es decir que, al ser sometidos a temperaturas altas sufren pérdidas de éste compuesto, y a su vez, este presenta pérdidas a causa de una reacción oxidativa por enzimas como la polifenol oxidasa o peroxidasa durante procesos de secado.

De manera similar, en estudios realizados por Waterhouse, et al., (2017) demuestran el mismo comportamiento durante procesos de secado, en donde los polifenoles pueden oxidarse, comportarse como antioxidante para formar parte de la oxidación redox para evitar la degradación de las proteínas,

### **2.14.3. $\beta$ -CAROTENOS**

El contenido de  $\beta$ -carotenos durante el proceso de secado por atomización sufre un proceso de isomerización de su forma cis a una forma trans  $\beta$ -caroteno, el cual al sufrir este cambio se forman 3 formas de  $\beta$ -carotenos como son el 9, 13, 15 cis  $\beta$ -caroteno Etzbach et al., (2020).

Sin embargo, otros autores Quek, Chok, & Swedlund (2007) determinan que el aumento de la temperatura de entrada del secado, disminuye la concentración del contenido de licopeno y  $\beta$ -caroteno en el estudio acerca del secado por aspersión para la producción de ingredientes nutraceuticos, se determinó que los  $\beta$ -carotenos son más sensibles a la temperatura que el licopeno, obteniendo una pérdida del 27 % y 24 % respectivamente en el polvo de sandía.

A pesar de lo mencionado por otros autores, Valenciaga & Chongo, (2004), Herrera, (2018) mencionan que se puede producir un incremento en el contenido de  $\beta$ -carotenos debido a que durante el proceso de secado, la materia prima a secar se encuentra sometido a altas temperaturas el cual permiten el rompimiento de las membranas de las células, que se encuentran conformadas por polisacáridos, lignina, ácidos fenólicos, proteínas, iones y agua.

Más aún, este autor Clinton, (2009) determina que los carotenoides se encuentran ligados a las proteínas presentes en las paredes celulares, por lo cual, al sufrir un rompimiento, permite obtener mayor disponibilidad del  $\beta$ -caroteno.

#### **2.14.4. VITAMINA C**

La vitamina C presente en productos en polvo, es una vitamina que se considera inestable, de manera que, su estructura enodiol es débil, por lo tanto, tiende a sufrir una mayor oxidación durante su proceso de obtención de polvo y su almacenamiento. Zerdin, Rooney, & Vermue, (2002).

De la misma forma, la degradación de este compuesto se debe a que se lo considera termolábil, que conlleva una susceptibilidad a la oxidación química y enzimática, y a su vez, este va a depender del tiempo de proceso al que sea sometido, la temperatura, la luz, el pH y otros agentes reductores. Santander, Osorio, & Mejía, (2017).

En tal sentido, según Velásquez, Riveros, & Ruíz, (2018) determinan que durante el proceso de secado por atomización el contenido de vitamina C presenta un incremento debido a la pérdida de agua que presenta durante el proceso, ya que el contenido de vitamina C incrementó de 45.23 mg/100g de fruta fresca a 2198,94 mg/100g de producto en polvo, debido a que se produce biosíntesis a partir de glucosa por la vía Pathway.

### **2.15. LA PSICROMETRÍA**

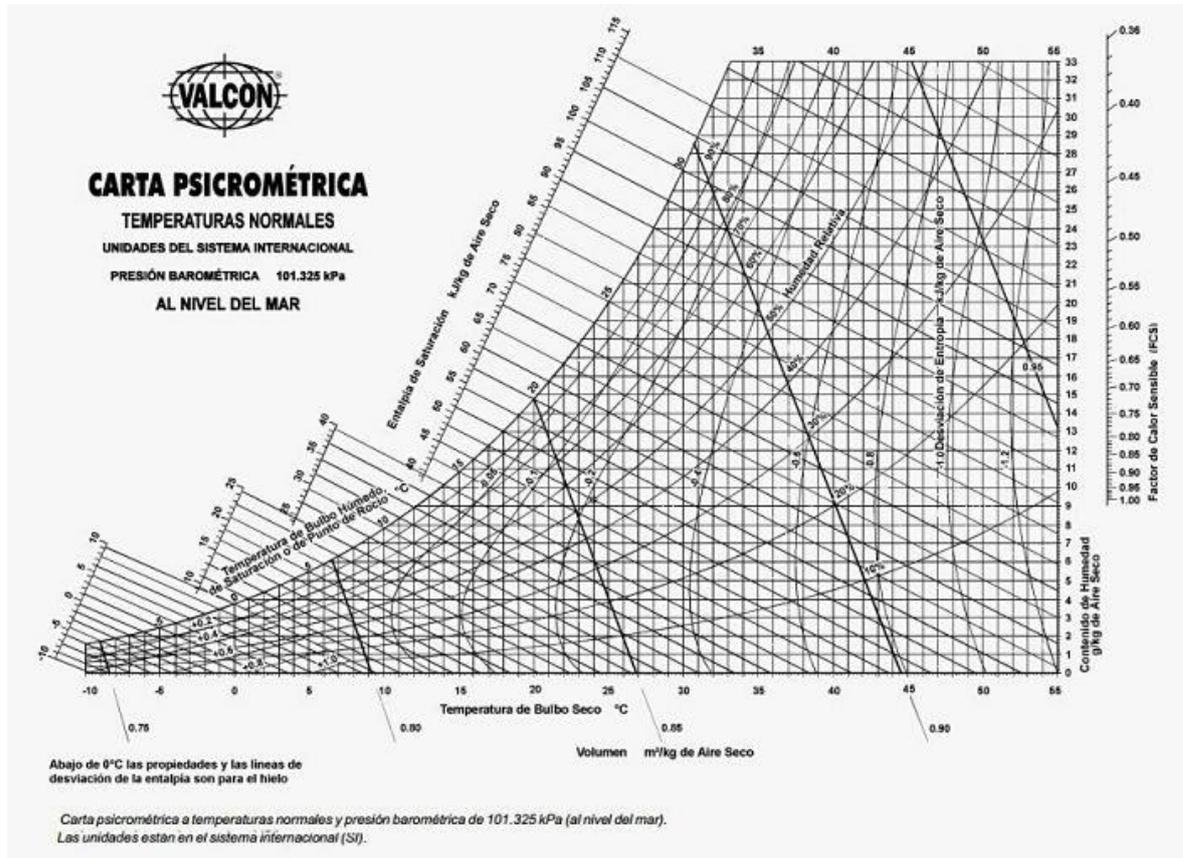
Es aquella que estudia las propiedades termodinámicas de mezcla de gas y vapor que permite diseñar y analizar procesos en el que intervienen esta mezcla, como por ejemplo en el proceso de alimentos, así como también en el secado, en estudios de aire acondicionado y climatización, en sistemas de almacenamiento, etc. Saucedo, (2017).

#### **2.15.1. CARTA PSICROMÉTRICA**

La carta psicrométrica es aquella que describe la relación entre diferentes variables como: la temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo, de punto de rocío, la humedad relativa y absoluta, la entalpía y el volumen específico, que permiten determinar la variabilidad del aire durante proceso postcosecha o a su vez, se utiliza durante procesos de secado en los que intervengan las variables relacionadas al aire Kader, (2011).

Figura 13

Carta psicrométrica para secado

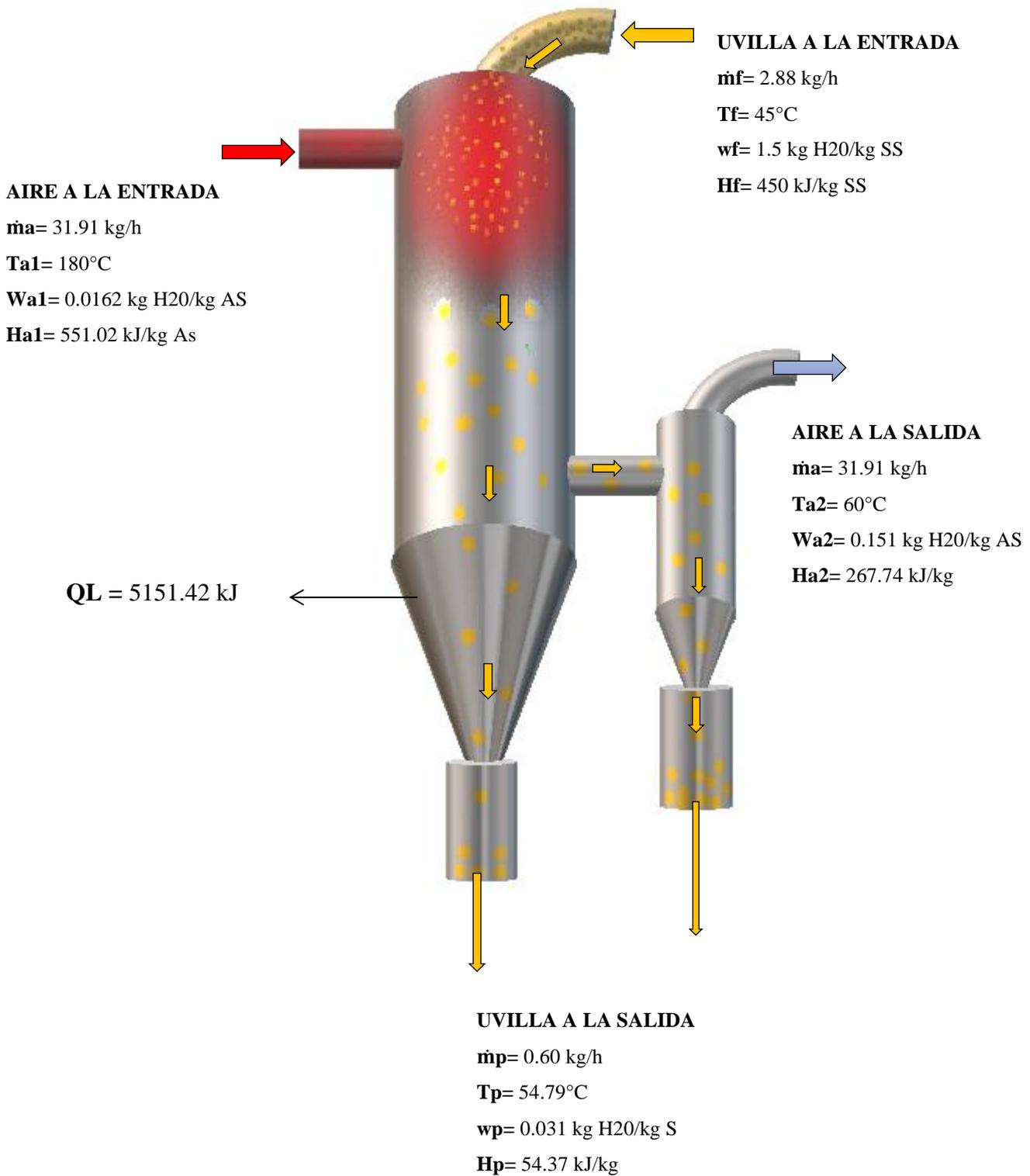


Tomada de: Química, (2020)

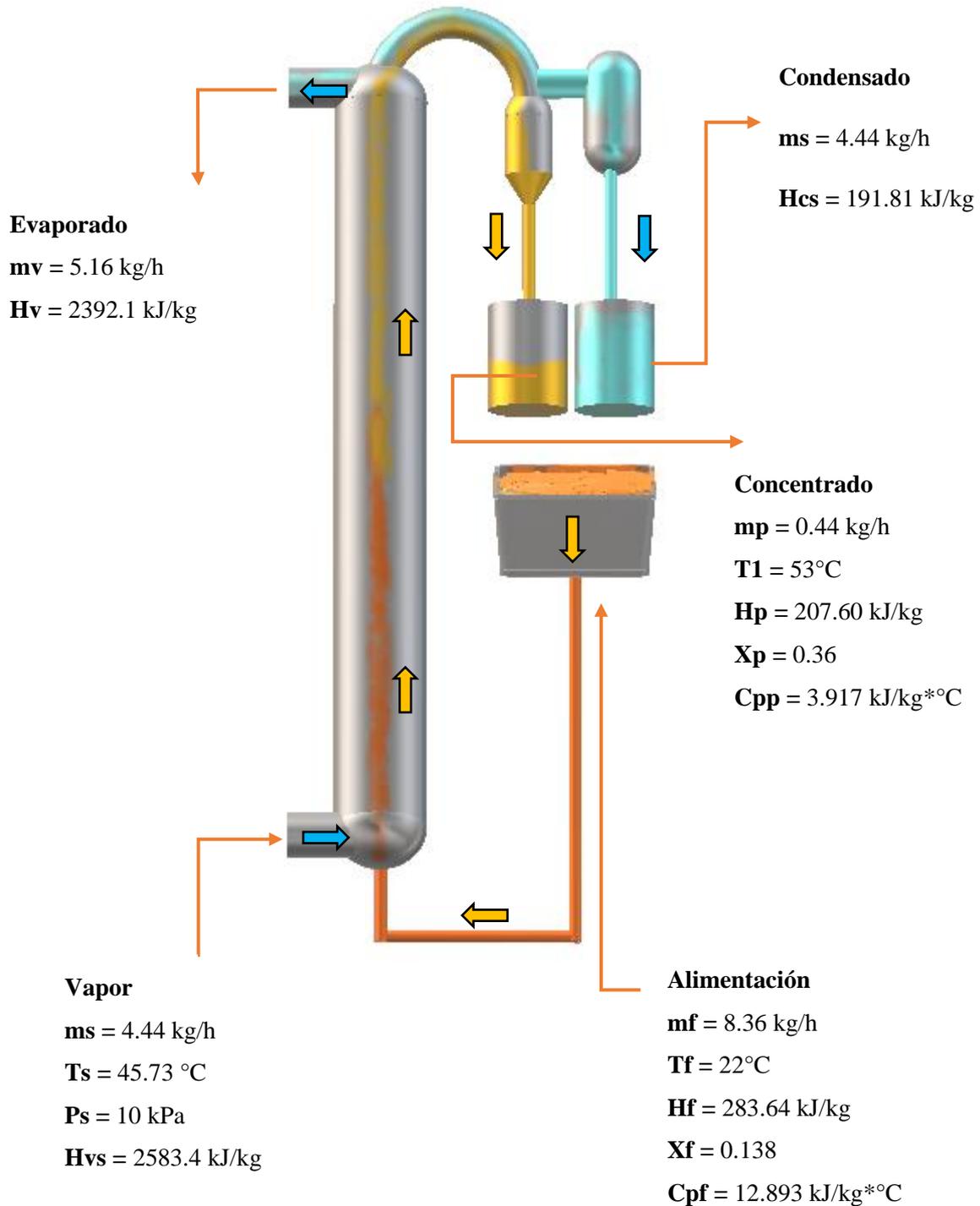
## 2.16. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Según Patiño, (2000) Los balances de masa y energía presenta una finalidad dentro del proceso y diseño de una planta agroindustrial, puesto que, estos permiten determinar el rendimiento que va a presenciar los procesos, y a su vez, determinan la potencia requerida por distintos equipos, así como también, la cantidad de energía que absorbe o libera un equipo dentro de una planta agroindustrial, etc. Los cálculos respectivos se encuentran en anexo 5 para atomizador y evaporador.

### 2.16.1. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DEL ATOMIZADOR FT-80



## 2.16.2. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DEL EVAPORADOR DE PELÍCULA ASCENDENTE

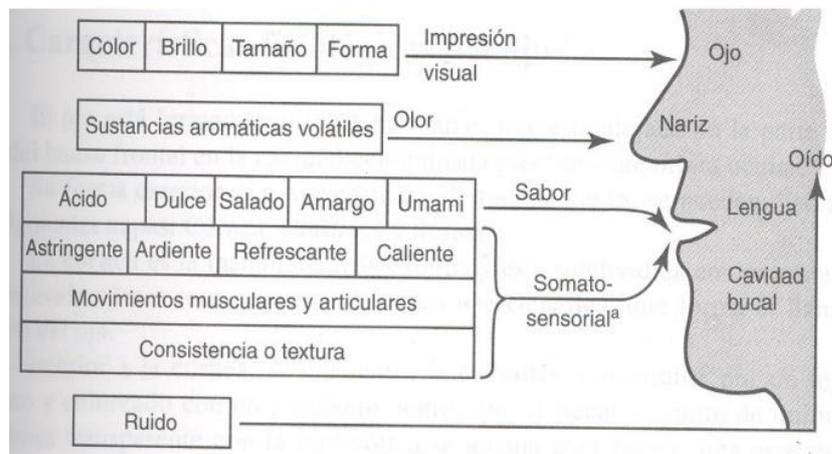


## 2.17. ACEPTABILIDAD SENSORIAL

El análisis sensorial es una disciplina que permite analizar e interpretar las reacciones de aquellas características de los alimentos y otras sustancias, es decir permite caracterizar al producto a través de los órganos de los sentidos, como es la vista, el gusto, el olfato, el tacto, el oído como se puede observar en la Figura 14, que permite determinar la aceptabilidad o rechazo de un alimento. Alarcon, (2005).

**Figura 14**

*Sensograma*

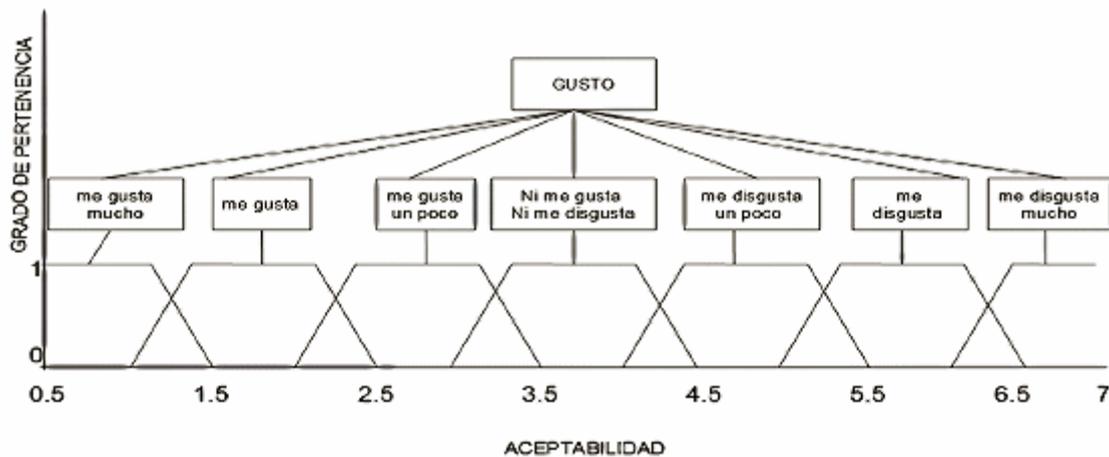


Tomada de: Alarcon. (2005)

Además Ávila & González, (2011) mencionan que, para determinar la aceptabilidad sensorial se realiza una encuesta que consta de atributos de color, sabor, aroma, textura, dependiendo del producto a analizar, de igual manera se establece una escala hedónica (me gusta mucho, me gusta, me gusta un poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta un poco, me disgusta, me disgusta mucho) como se puede observar en la Figura 15, que permite determinar el grado de agrado o desagrado del alimento a analizar.

**Figura 15**

*Escala hedónica de los indicadores del atributo gusto*



Tomada de: Ávila-de Hernández & González-Torrivilla, (2011)

## **2.18. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Según, Balanda (2005) son aquellos valores de todos los insumos que abarcan desde la materia prima que ingresa al ente hasta que el producto esté en condiciones de ser comercializado. En otras palabras, son las inversiones que se realizan para la obtención de un producto (este producto puede ser un bien o un servicio) (Soto, 2010).

### **2.18.1. COSTOS DIRECTOS**

Son los costos que se relacionan directamente con el producto dentro de una producción, como pueden ser: materia prima directa, mano de obra directa y servicios directos (Soto, 2010). De acuerdo con, Arredondo, (2015) considera que está estrechamente identificado con el producto u objeto que se vaya a costear para su venta.

### **2.18.2. COSTOS INDIRECTOS**

Son aquellos que no se asocian de forma directa con el producto, por ende, se dificulta representar con precisión cuanto de estos costos se debería incluir en el costo de los productos (Soto, 2010).

“Son aquellos que no son cuantificados ni asignados a una unidad de actividad o de producción, pero que son necesarios para que estas unidades tengan lugar”. (Alvarado Verdín, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos y en el laboratorio de Bio procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. A continuación, en la Tabla 8 se presenta los datos de la ubicación en donde se realizó el experimento.

**Tabla 8**

*Localización del experimento*

<b>Provincia:</b>	<b>Imbabura</b>
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El sagrario
Temperatura:	15.5°C
Altitud:	2250 m.s.n.m
HR promedio:	86 %
Latitud:	0°20'Norte

Tomada de: (INAMHI, 2019)

#### 3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

De acuerdo a la investigación, se utilizó diferentes materiales, instrumentos de medida, equipos y reactivos como se presenta en la Tabla 9, que permitieron cumplir con los objetivos planteados.

**Tabla 9***Materia prima, insumos, materiales y equipos necesarios para el experimento*

<b>Materia prima</b>	<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Uvilla en estado de madurez 5	Atomizador FT-80	Buretas	Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
	Balanza analítica	Crisoles	2-6 dichloroindophenol
	Potenciómetro	Embudos de plástico o vidrio	Metanol
	Refractómetro	Balón volumétrico de vidrio	Fenolftaleína
	Espectrofotómetro de reflectancia	Papel filtro	Hidróxido de sodio 0.1N
			Ácido gálico
	Liofilizador	Pipetas	Agua destilada
	Desecador	Probetas	Folin-Ciocalteu
	Plancha de agitación magnética	Vasos de precipitación	Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$
			Maltodextrina
	Centrifuga	Tubos de ensayo	Hipoclorito de sodio
		Vortex	Agitador magnético
			Celdas de plástico
		Matraz Erlenmeyer	Ácido - 6 -hidroxi - (2, 5, 7, 8 tetrametilcromano - 2 - carboxílico) trólox (AldrichChemistry)
		Papel aluminio	Acetona
	Papel film	Hexano	
	Embudo de separación	Tolueno	
		Etanol	

### 3.3. MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó diferentes análisis, cada una de estas se realizó en orden a los objetivos específicos planteados en la investigación, utilizando como materia prima el zumo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) ecotipo

colombiano que fue obtenida del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura, específicamente de la comunidad de Cumbas Conde, el que se utilizó para la extracción de zumo que fue evaluado a través de diferentes análisis.

### 3.3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ZUMO DE UVILLA

Para cumplir con el objetivo planteado se procedió a realizar una comparación de la fruta que se utilizó para la experimentación con la escala de estados de madurez establecida por la norma INEN. Una vez seleccionada la fruta se procedió a extraer el zumo al que se le realizó los análisis químicos, y a su vez se procedió a realizar los análisis del contenido funcional, aplicando los diferentes métodos descritos en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Métodos y normas para análisis químicos y funcionales*

Análisis	Método	Norma	Unidad
Sólidos solubles	Refractométrico	AOAC Official Methods 932.12- (1990)	$^{\circ}Brix$
		AOAC Official Methods 981.12- (1990)	
pH	Potenciométrico	(AOAC: Official methods of analysis, 1990)	%
Acidez titulable	Titulación ácido-base	AOAC Official Methods 942.15- (1990)	% de ácido cítrico
		AOAC Official Methods 967.21- (1995)	
Vitamina C	Titulación ácido-base	(AOAC: Official Methods of Analysis, 1995)	$mg \cdot g^{-1}$
Capacidad antioxidante	Espectrofotometría	Método ABTS descrito por (Ordoñez, Leon-Arevalo, Rivera-Rojas,	$\mu mol \frac{TE}{g \text{ de MS}}$

---

		& Vargas, 2019) con algunas modificaciones	
Contenido de polifenoles	Espectrofotometría	Método Folin-Ciocalteu descrito por (Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, 2014)	g GAE kg-1
$\beta$ -Carotenos	Espectrofotometría	Método descrito por (Corrales-Bernal, Vergara, Rojano, & Elhadi Yahia, 2015) con algunas modificaciones	mg /100 g

---

Tomado de: AOAC: Official methods of analysis, (1990)

### **3.3.2. EVALUAR LA TEMPERATURA Y FLUJO DE ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL PRODUCTO FINAL**

Para la realización del objetivo planteado se procedió a realizar el proceso de secado por atomización, que consiste en obtener el zumo de uvilla libre de impurezas, es decir sin semillas y piel, luego se procedió a concentrarlo en el evaporador para luego llevarlo al atomizador (Spray Dryer FT80), donde el concentrado antes de ingresar al atomizador estuvo previamente homogenizado con aditivo (maltodextrina) obteniendo de esta manera un zumo atomizado (polvo) al que se analizó las propiedades funcionales (capacidad antioxidante, polifenoles totales,  $\beta$ -carotenos y vitamina C).

Con el fin de observar el comportamiento de las propiedades funcionales al realizar un cambio en la temperatura y el flujo de alimentación del atomizador, para esto se realizó un diseño del experimento (DCA) con arreglo factorial AxB, en el que se aplicó los métodos descritos en la Tabla 11, para el análisis del zumo atomizado de uvilla (polvo).

**Tabla 11***Métodos para análisis de propiedades funcionales.*

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidad</b>
Capacidad antioxidante	Espectrofotometría	Método ABTS descrito por (Ordoñez, Leon-Arevalo, Rivera-Rojas, & Vargas, 2019) con algunas modificaciones	$\mu\text{mol} \frac{TE}{g \text{ de MS}}$
Vitamina C	Titulación ácido-base	AOAC Official Methods 967.21- (AOAC: Official Methods of Analysis, 1995)	$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
Contenido de polifenoles	Espectrofotometría	Método Folin-Ciocalteu descrito por (Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (Physalis peruviana L.), 2014)	$\text{g GAE kg}^{-1}$
$\beta$ -Carotenos	Espectrofotometría	Método descrito por (Corrales-Bernal, Vergara, Rojano, & Elhadi Yahia, 2015) con algunas modificaciones	$\mu\text{g de EAR}/100 \text{ g}$

Tomado de: Bernal, Vergara, Rojano, Yahia, & Maldonado, (2015); AOAC: Official Methods of Analysis (1995)

A partir de esto se describe a más detalle el diseño del experimento que se realizó en la investigación.

### 3.3.2.1. Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se realizó un diseño del experimento al azar (DCA) con arreglo factorial AxB, el cual presenta dos factores en estudio que son la temperatura y el flujo de alimentación con el que ingresó a la cámara de secado del atomizador.

### 3.3.2.2. Unidad experimental

Las unidades experimentales que se emplearon en la investigación son de 1 L de zumo de uvilla (ecotipo colombiano) concentrado y homogenizado con aditivo por cada repetición.

### 3.3.2.3. Factor en estudio

En la investigación se presentó dos factores en estudio que son la temperatura a la cual se realizó el secado en el atomizador y el flujo de alimentación como se observa en la Tabla 12

**Tabla 12**

*Factores en estudio.*

<b>Temperatura</b> °C	<b>Flujo de</b> <b>alimentación</b> (ml/s)
140	0.246 (4 Hz)
180	0.493 (8 Hz)

### 3.3.2.4. Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación se detallan en la Tabla 13, en el que se describe la temperatura y el flujo de alimentación que se empleó en el atomizador.

**Tabla 13**

*Tratamientos para el experimento.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
T1	Flujo de alimentación 0.246 ml/s y temperatura 140 °C
T2	Flujo de alimentación 0.246 ml/s y temperatura 180 °C
T3	Flujo de alimentación 0.493 ml/s y temperatura 140 °C
T4	Flujo de alimentación 0.493 ml/s y temperatura 180 °C

**3.3.2.5. Características del experimento**

**Tabla 14**

*Características del experimento.*

<b>Características del experimento</b>	
Tratamientos:	4
Repeticiones:	3
Unidades experimentales:	12

**3.3.2.6. Esquema del análisis estadístico**

El esquema del análisis estadístico que se empleó en la investigación se puede observar en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza DCA con arreglo factorial AxB.*

<b>Factor de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>
Total	11
Tratamientos	3
Temperatura (T)	1
Flujo de alimentación (F)	1
I. Tx F	1
Error	8

Se detectó diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se procedió a utilizar la prueba de Tukey al 5 %.

### **3.3.3. EVALUAR LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DEL PRODUCTO Y COSTOS DEL PROCESO DE SECADO.**

Para cumplir con el objetivo planteado se procedió a realizar una encuesta el cual permitió obtener el grado de aceptabilidad que tiene el producto obtenido (zumo de uvilla atomizado), en el que se utilizó una tabla que conste con atributos de gusto, aroma y color, donde se utilizó una escala hedónica (me gusta mucho, me gusta, me gusta un poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta un poco, me disgusta, me disgusta mucho), que tuvo una valoración de 1(me disgusta mucho) a 7 (me gusta mucho) respectivamente, este análisis se realizó a 30 personas de la comunidad de Tangalí y de la Granja Experimental Santa Mónica.

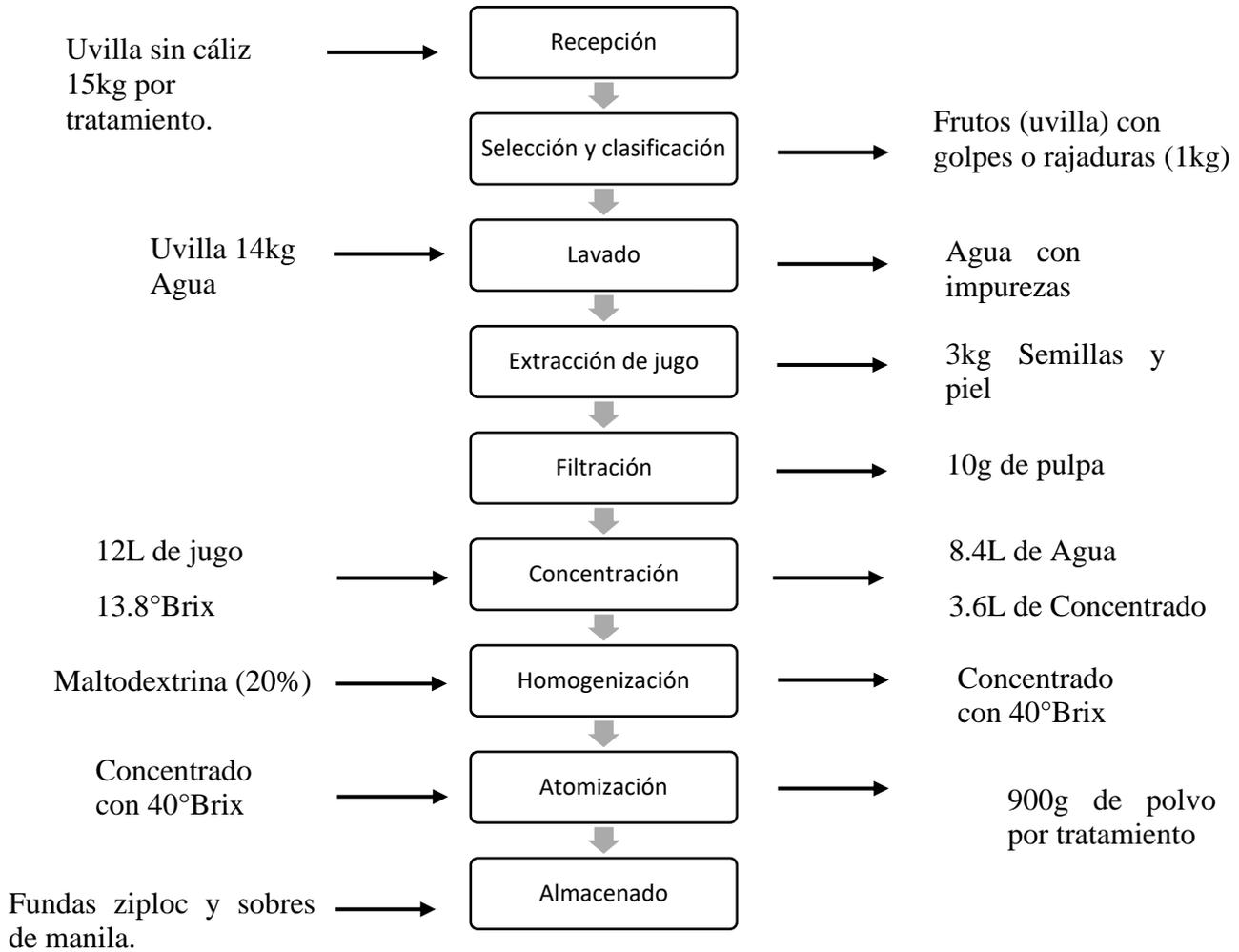
Así como también se realizó una tabla de costos directos e indirectos del proceso de secado por atomización para la obtención de zumo de uvilla en polvo, que constó dentro de los costos indirectos los servicios básicos, mano de obra indirecta y el transporte, mientras que en los costos directos constó de materias primas, envases y mano de obra.

### **3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

El manejo específico del experimento se realizó de acuerdo al diagrama de bloques que se presenta a continuación en la Figura 16, en el que se planteó los procesos que se realizaron en el experimento.

**Figura 16**

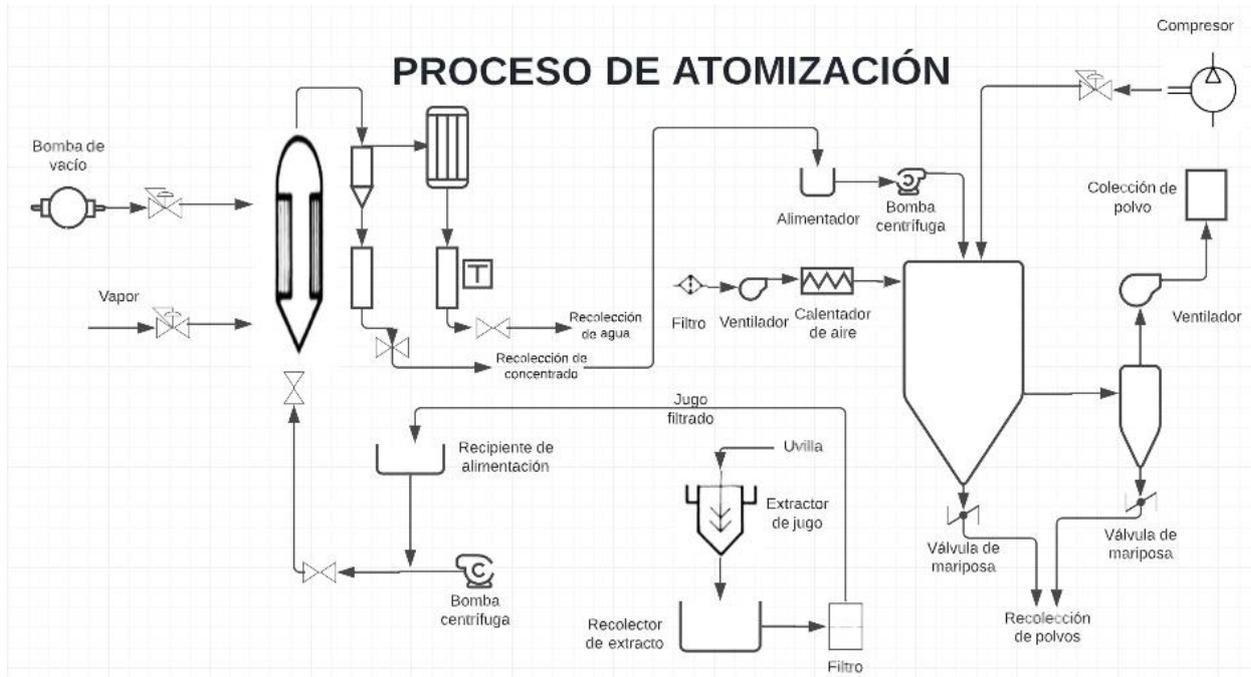
Diagrama de flujo del proceso de secado por atomización.



Así como también, dentro del manejo específico del experimento se realizó el diagrama ingenieril para el proceso de secado como se observa en la Figura 17.

**Figura 17**

*Diagrama ingenieril del proceso de secado por atomización.*



### 3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN

El proceso de secado por atomización presentó diferentes procesos para la obtención de polvo de uvilla, por tanto, a continuación se describe cada uno de estos.

#### 3.4.1.1. Materia prima

La materia prima fue obtenida del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura, específicamente en la comunidad de Cumbas Conde, la fruta fue recolectada y clasificada de acuerdo al estado de madurez cinco según la Norma Técnica Ecuatoriana 2485 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009) esta fruta se la considera de ecotipo colombiano debido a que el sector de donde se obtuvo la fruta trabaja con plántulas de este ecotipo debido a la demanda de la empresa con la que trabajan, como se muestra en la Figura 18.

## Figura 18

*Fruta fresca.*



### 3.4.1.2. Recepción

La recepción de la materia prima se realizó en las Unidades Edu-Productivas específicamente en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Técnica del Norte en recipientes adecuados en los que impida cualquier tipo de contaminación, una vez realizado la recepción se procedió a realizar su correspondiente pesaje determinando que, para esta investigación se utilizó 15 kg por cada tratamiento, como se muestra en la Figura 19.

## Figura 19

*Pesaje de fruta.*



### 3.4.1.3. Selección y clasificación

La fruta fue seleccionada y clasificada como se muestra en la Figura 20, de acuerdo con los requisitos que presenta la Norma Técnica Ecuatoriana 2485 (2009), es decir, la escala de



#### **3.4.1.5. Extracción de zumo**

La extracción de zumo se realizó en las Unidades Edu-productivas en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Técnica del Norte, donde se utilizó una licuadora industrial como se muestra en la Figura 22, en el que se colocó 15 kg de fruta fresca con estado de madurez 5 de acuerdo a la coloración presentada por la norma INEN 2485.

**Figura 22**

*Proceso de extracción de zumo de uvilla.*



#### **3.4.1.6. Filtrado**

Para realizar el filtrado se procedió a separar las semillas y piel de la fruta que se encuentra en el zumo con el uso de un tamiz o con ayuda de un colador de malla fina que evite el paso de las semillas y piel como se muestra en la Figura 23.

**Figura 23**

*Separación de piel y semillas del zumo.*



#### **3.4.1.7. Concentrado**

Se procedió a colocar 12 L de zumo de uvilla en el evaporador de película ascendente por cada tratamiento como se muestra en la Figura 24 que se encuentra en el laboratorio de Bioprocesos con la finalidad de concentrar el zumo de uvilla el cual presentó un contenido de sólidos solubles inicial de 13.8 °Brix aproximadamente obteniendo de esta manera un concentrado de 36 °Brix, facilitando el proceso de atomización.

**Figura 24**

*Concentración de zumo de uvilla.*



#### **3.4.1.8. Homogenizado**

La homogenización se realizó colocando 20% de maltodextrina en el zumo de uvilla concentrado como se muestra en la Figura 25, el cual presentó una temperatura de 45°C,

permitiendo un correcto proceso de homogenización, con el que se obtuvo una concentración de 40 °Brix, el cual facilitó el proceso de atomización en el que se obtuvo un atomizado de uvilla (polvo).

### **Figura 25**

*Adición de maltodextrina al zumo concentrado.*



#### **3.4.1.9. Atomizado**

Para este proceso de secado se utilizó el atomizador FT-80, se procedió a colocar 1 L de zumo de uvilla con 40 °Brix de concentración en el recipiente de alimentación del atomizador, luego se colocó los parámetros establecidos para el secado como son las temperaturas de entrada de (140 y 180 °C) , con un flujo de alimentación de 0.24 y 0.49 ml/s (4 y 8 Hz) el cual permitió obtener un polvo como se puede observar en la Figura 26 con humedad aproximada de 3 a 4 %.

**Figura 26**

*Producto en polvo de uvilla.*



#### **3.4.1.10. Almacenado**

Para el Almacenado se procedió a colocarlo en fundas ziploc como se muestra en la Figura 27, luego se colocó en sobres de manila para luego proceder a colocarlo en un desecador, evitando de esta manera que las muestras de zumo atomizado de uvilla absorban humedad.

**Figura 27**

*Recolección de polvo para almacenamiento.*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. PARÁMETROS QUÍMICOS Y FUNCIONALES DE UVILLA FRESCA (*Physalis peruviana* L.)

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) se obtuvo del sector de Cumbas Conde del cantón Cotacachi, la cual fue sometida a diferentes análisis como el pH, sólidos solubles y acidez titulable con la finalidad de determinar el estado de madurez de la fruta con la cual se trabajó para esta investigación que es el estado de madurez cinco.

De esta manera según Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2009) el estado de madurez se basa en una numeración de la coloración de la fruta que va de 0 a 6, por ende para obtener el estado de madurez de la fruta se procedió a obtener el índice de madurez de acuerdo con la NTC 4580 el cual menciona que para obtener dicho resultado se divide el total de sólidos solubles (13.80°Brix) entre la acidez (1.70%) obtenida del fruto, adquiriendo de esta manera 8.10 el cual representa un estado de madurez cinco según la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Índice de madurez de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) según la NTC 4580.*

<b>Color o grado de madurez</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brix mínimo)</b>	<b>Acidez titulable (% ácido cítrico máximo)</b>	<b>Índice de madurez</b>
0	9.40	2.69	3.50
1	11.40	2.70	4.20
2	13.20	2.56	5.20
3	14.10	2.34	6.00
4	14.50	2.03	7.10
5	14.87	1.83	8.10
6	15.10	1.68	9.00

Tomado de: NTC 4580

A partir de este resultado, se procedió a realizar los análisis químicos y funcionales de la fruta fresca como se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 17**

*Análisis químicos y funcionales de uvilla (Physalis peruviana L.).*

<b>Parámetros químicos y funcionales</b>	<b>Fruta fresca</b>
pH	3.59 ± 0.05
Sólidos solubles totales (°Brix)	13.80 ± 0.00
Acidez titulable (%)	1.70 ± 0.01
Polifenoles totales (mg GAE/100g )	169.28 ± 0.69
Capacidad antioxidante ABTS(μM TE/g)	248.13 ± 2.27
β-carotenos (μg/100g)	159.36 ± 1.81
Vitamina C (mg AA/100g )	41.67 ± 0.11

En esta tabla se muestra los resultados que se lograron obtener para los análisis químicos y funcionales de fruta fresca, en el que los sólidos solubles, así como la acidez titulable obtenidos (13.80°Brix; 1.70%) respectivamente son similares a los obtenidos por Arteaga & León, (2015) para fruta madura.

Dentro de estos parámetros químicos se analizó el pH en el que se obtuvo 3.59 valor similar a los obtenidos por Cuaspud et al., (2019) y Repo & Encina, (2008) demuestran que, mientras la fruta continua con su proceso de maduración, este va a disminuir debido a que presenta enzimas que descomponen la clorofila, obteniendo como resultado un endulzamiento conforme madura.

Para el contenido de polifenoles totales se obtuvo el valor de 169.28 expresados en mg GAE/100g, el cual tiene similitud a los valores obtenidos por Repo & Encina, (2008) de 154 (mg GAE/100 g) en el estudio acerca de la determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas del Perú, en el que menciona que el contenido de estos compuestos bioactivos depende del estado de madurez, puesto que, para uvilla en estado de madurez 3 verde-amarillo se reporta con mayor contenido de este compuesto a comparación con fruta madura.

Mientras que el contenido de actividad antioxidante realizado por el método ABTS fue de 248.13 μM Trolox/g que demostró valores altos a comparación con el obtenido por

Narváez, Mateus, & Restrepo, (2014) de 132  $\mu\text{M}$  Trolox/g, la variación de los resultados se debe al lugar de donde se cultiva la fruta, así como también de su estado de madurez, las condiciones climáticas, el tiempo transcurrido hasta su correspondiente análisis, etc. Bravo et al., (2014).

El contenido de  $\beta$ -caroteno que se logró obtener fue de 159.36  $\mu\text{g/g}$  que presenta una similitud con lo obtenido por Nizama, (2019) 139.73  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , así como también los autores De la Vega, Cañarejo, Cabascango, & Lara, (2019) determinaron que la uvilla en estado de madurez cinco presentó 149.26  $\mu\text{g/g}$  de carotenos.

A su vez, el estudio acerca de la calidad y madurez de la uvilla realizada por Fischer & Martínez, (1999) demuestran que, la uvilla en estado de madurez cinco, presenta alrededor de 150 y 200  $\mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -carotenos. Además Stahl & Sies, (2005) demuestran en su estudio de Bioactividad y efectos protectores de los carotenoides naturales, que el consumo de  $\beta$ -carotenos en la dieta diaria permite la prevención de diferentes tipos de cáncer.

Por otro lado, el contenido de vitamina C que se obtuvo fue de 41.67 mg AA/100g, datos que son similares a lo que reporta Rabie, Soliman, Diaconeasa, & Constantin, (2014) con una cantidad de 40.30 mg AA/100g, valores que se encuentran dentro del rango de 20 a 40 mg AA/100g presentado por Arteaga & León, (2015) en el estudio acerca de las propiedades fisicoquímicas de la uvilla.

A su vez, en el estudio acerca de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas realizado por Repo & Encina, (2008), muestran datos de 43.30 mg AA/100g, valores que se encuentran dentro del rango presentada por Puente, Pinto, Castro, & Cortés, (2011) que está entre 20 y 43 mg AA/100g, el cual determina que al presentarse dentro de éste rango aporta con beneficios para la salud, como es en el caso de Naidu, (2003) que según su estudio acerca de la vitamina C sobre la salud humana menciona que, el consumo de éste reduce los efectos que causan las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas.

## **4.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL POLVO.**

En el proceso de secado por atomización se evaluó dos temperaturas de entrada y dos flujos de alimentación, obteniendo de esta manera cuatro tratamientos. A su vez se realizó la

adecuación del zumo antes de ingresar al atomizador, es decir se adicionó un coadyuvante (maltodextrina al 20%) el cual evitó pérdidas de los compuestos que se analizaron, así como también evitó aglomeraciones del producto.

**Tabla 18**

*Contenido de polifenoles totales (mg AGE/100g), capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox/g}$ ),  $\beta$ -carotenos ( $\mu\text{g/g}$ ) y vitamina C (mg AA/100g) del polvo de uvilla*

F.V.	g	TRATAMI ENTOS	POLIFEN OLES	CAPACIDA D ANTIOXID ANTES	$\beta$ - CAROTEN OS	VITA MINA C
Modelo.	3	T1	134.12 $\pm$ 1.99 c	185.23 $\pm$ 2.11 c	162.61 $\pm$ 14.35 c	121.87 $\pm$ 1.74 b
TRATAMIEN TO	3	T2	148.14 $\pm$ 2.96 b	226.41 $\pm$ 2.81 a	213.81 $\pm$ 13.45 c	109.90 $\pm$ 0.61 c
FLUJO	1	T3	140.93 $\pm$ 0.32 c	158.44 $\pm$ 1.14 b	325.59 $\pm$ 13.93 b	134.13 $\pm$ 7.07 a
TEMPERATUR A	1	T4	156.79 $\pm$ 2.67 a	186.69 $\pm$ 1.20 b	457.71 $\pm$ 24.54 a	132.40 $\pm$ 0.71 ab
FLUJO*TEMPE RATURA	1					
Error	8					
Total	1 1					

En la Tabla 19 se puede observar el contenido obtenido de las propiedades funcionales de polvo de uvilla para cada uno de los tratamientos estudiados, así como también se aprecia el mejor tratamiento el cual se encuentra representado por letras, donde (a) es considerado como el que presentó mayor contenido de estos compuestos, mientras que para (b y c) se obtuvo valores bajos.

**Tabla 19***Anova de las propiedades funcionales del polvo de uvilla.*

		<b>POLIFENOLES</b>	<b>CAPACIDAD ANTIOXIDANTE</b>	<b>VITAMINA C</b>	<b>β - CAROTENOS</b>
Modelo.	3	0.0001	0.0001	0.0006	0.0001
TRATAMIENTO	3	0.0001 **	0.0001 **	0.0006 **	0.0001 **
FLUJO	1	0.0012 **	0.0001 **	0.0002 **	0.0001 **
TEMPERATURA	1	0.0001 **	0.0001 **	0.0297 *	0.0001 **
FLUJO*TEMPERATURA	1	0.5776 NS	0.0015 *	0.0838 NS	0,0104*
Error	8				
Total	11				

Nota: NS: no significativo.

\* significativo

\* \* altamente significativo

Así como también se presenta en la Tabla 19 el p-value 0.05 al realizar el análisis de varianza, en el que se aprecia el nivel de significancia de cada una de las propiedades funcionales analizadas, e indica si los factores en estudio que se utilizaron influyen o no durante el proceso de secado por atomización, obteniendo que en polifenoles el nivel de significancia recae sobre todos los factores en estudio a excepción de la interacción entre flujo y temperatura, esto se debe a que en el factor A (flujo de alimentación) se trabajó con niveles de 0.24ml/s y 0.49ml/s, valores que no obtuvieron un cambio representativo al interactuar con la temperatura de 140°C y 180°C, el cual obtuvo una diferencia de 1 punto aproximadamente, razón por el cual, estadísticamente es considerado como no significativo.

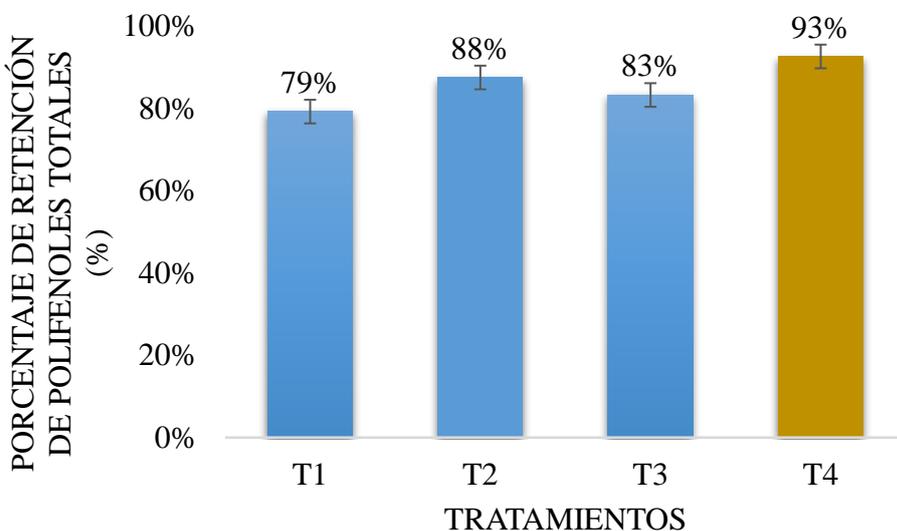
Por otro lado, se obtiene significancia en todos los factores en estudio para el contenido de capacidad antioxidante, el contenido de β-carotenos y la vitamina C, ya que los resultados obtenidos presentan valores menores al p-value de 0.05, determinando que tiene influencia sobre las propiedades funcionales, permitiendo de esta manera aceptar la hipótesis alternativa y rechazar la hipótesis nula.

#### **4.2.1. POLIFENOLES TOTALES**

En los resultados obtenidos para polifenoles totales se puede observar en la Figura 28 el porcentaje de retención que presentó el producto en polvo con relación a la materia prima.

**Figura 28**

*Porcentaje de retención de polifenoles totales.*



Se puede observar en la Figura 28, que los tratamientos que mayor retención de polifenoles totales presentaron fueron T2 y T4, siendo el mejor tratamiento T4 con un valor de retención del 92%, seguido por T2 con un valor de 88%, por otro lado, T1 y T3 mostraron menor porcentaje de retención, debido a que, estos tratamientos al trabajar con una temperatura baja de 140°C, evitaron que la evaporación de agua del jugo concentrado se realice de forma rápida, lo cual conllevó a aumentar el tiempo de secado de 90 min aproximadamente, siendo esta la causa del bajo contenido de polifenoles, dado que, Wojdylo, et al., (2013) consideran que este compuesto es inestable y termolábil a los tiempos prolongados en la cámara de secado a causa de temperaturas bajas.

Por otro lado, a una temperatura de 180°C se evidenció la rápida evaporación del agua, dando como resultado menor tiempo de secado de 30 min aproximadamente junto con la formación rápida de costras alrededor de la superficie de la gota, impidiendo de esta manera la degradación de este compuesto, frente a esto autores como Diaz, Torres, Serna, & Sotelo, (2017) indican que al emplear temperaturas bajas, se obtiene la formación de gotas con hendiduras, además de superficies rugosas y porosas que conllevan a que este compuesto sea más susceptible a la degradación como la oxidación, a diferencia de temperaturas altas, en donde las gotas presentan superficies lisas que resulta en una correcta encapsulación, lo cual garantiza la conservación de este compuesto.

Además, Bastías et al., (2019) determina que, durante el proceso de secado, al aumentar las temperaturas (130 a 150 a 170°C) se produce mayor retención de polifenoles totales (16.35; 22.05; 23.05) mg GAE/g, antocianinas (16.25; 19.38; 21.46) mg Cianidina-3-glucósido/g y actividad antioxidante (70.72; 74.37; 85.76) DPPH, determinando comportamientos similares para esta investigación, dado que, para los tratamientos con temperaturas de 180°C se obtuvo mayor contenido de polifenoles que al trabajar con 140°C, esto puede deberse a que las temperaturas altas permiten mayor evaporación de agua, menor tiempo de proceso y mayor preservación de compuestos sensibles al calor, este comportamiento fue obtenido por Brito De Souza, Thomazini, De Carvalho Balieiro, & Fávoro, (2015).

En cuanto al factor flujo de alimentación se observó que T4 al trabajar con 0.49ml/s se obtuvo mayor retención de polifenoles como se muestra en la Figura 28, este comportamiento puede deberse a que el flujo de alimentación está relacionado con el tiempo del proceso de secado del producto, siendo este inversamente proporcional, es decir a menor flujo de alimentación mayor tiempo de secado y viceversa. Este comportamiento fue observado por Paudel, Worku, Meeus, Guns, & den Mooter, (2013), quienes afirman que el flujo de alimentación determina el tiempo que una partícula permanece en la cámara de secado durante el proceso de atomización.

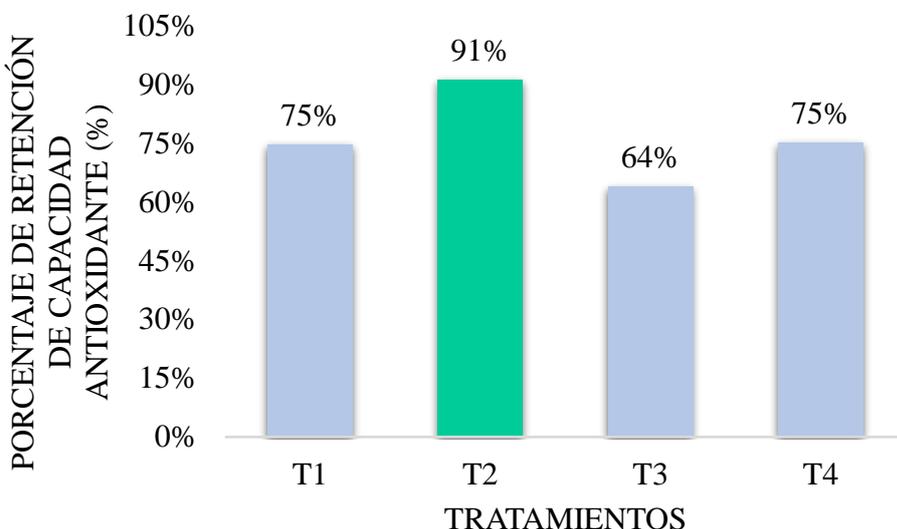
Al existir diferencias significativas para los factores en estudio se realizó el test de Tukey como se puede observar en la Tabla 24 del anexo 4, donde se evidenció que el mejor tratamiento fue T4 representado por la letra (a) con una temperatura de 180°C y un flujo de alimentación de 0.49ml/s, ya que, es aquel que conserva en su mayoría los compuestos, a comparación con T1, que se representó con la letra (c), en vista de que, fue el tratamiento que mayores pérdidas presentó, dado que, al trabajar con temperatura baja de 140°C su proceso de secado tuvo una duración de aproximadamente dos horas, generando de esta manera la degradación de este compuesto por el elevado tiempo de contacto con el aire caliente.

#### **4.2.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

A partir de los resultados obtenidos en cuanto a contenido de capacidad antioxidante realizado por el método de ABTS descrito en el anexo 2 (8.2.2 capacidad antioxidante), se obtuvo resultados que permiten observar el efecto del proceso de secado para cada tratamiento como se muestra en la Figura 29.

**Figura 29**

*Porcentaje de retención del contenido de capacidad antioxidante de jugo de uvilla (Physalis peruviana L.) atomizado (polvo).*



El tratamiento que mayor contenido de capacidad antioxidante presentó fue T2 como se puede observar en la Figura 29, a su vez, se determinó como mejor tratamiento, debido a que se obtuvo mayor retención de este compuesto, dado que, se trabajó a una temperatura de 180°C el cual presentó menor tiempo de secado, a comparación con los tratamientos T1 y T3 que se obtuvo valores menores de capacidad antioxidante, ya que, la temperatura de 140°C permitió mayor contacto con el aire caliente a causa de tiempos prolongados de secado, que dan paso al agrietamiento de las partículas formadas durante el proceso, obteniendo degradación de este compuesto, al respecto, Diaz, Torres, Serna, & Sotelo, (2017) consideran que las temperaturas bajas de secado por atomización producen tiempos prolongados de secado y genera calor que interviene de forma directa con la disminución de la capacidad antioxidante, dado que, permite la degradación térmica de metabolitos antioxidantes que conlleva al rompimiento de grupos químicos funcionales.

En relación a la temperatura de 180°C se obtuvo mayor retención de capacidad antioxidante, a causa de la formación rápida de costras en la superficie de la gota, que impidieron la degradación de este compuesto, este comportamiento fue observado por Gandi et al., (2010) quienes determinaron que durante el proceso de secado por

atomización las temperaturas altas producen superficies lisas de las partículas que permiten menor degradación de este compuesto, a causa de la evaporación y formación de costras en la superficie de la gota de manera rápida, comportamientos similares fueron observados por Kurozawa et al., (2009) y Tonon, Brabet, & Hubinger, (2008).

Por otro lado, a un nivel de flujo de alimentación de 0.24ml/s, se evidenció mayor contenido de capacidad antioxidante como se puede observar en la Figura 29, mientras que para los tratamientos en los que se utilizó un flujo de alimentación de 0.49ml/s se obtuvo menor contenido de este compuesto, debido a que, Diaz, Torres, Serna, & Sotelo, (2017) consideran que mientras mayor sea el flujo de alimentación menor capacidad antioxidante se obtendrá, a causa de que, tasas de alimentación más altas provocan transferencia de masa y calor de forma más lenta, dificultando el secado de las gotas, razón por el cual, para esta investigación se obtuvo menor contenido de capacidad antioxidante al utilizar flujos de alimentación de 0.49ml/s.

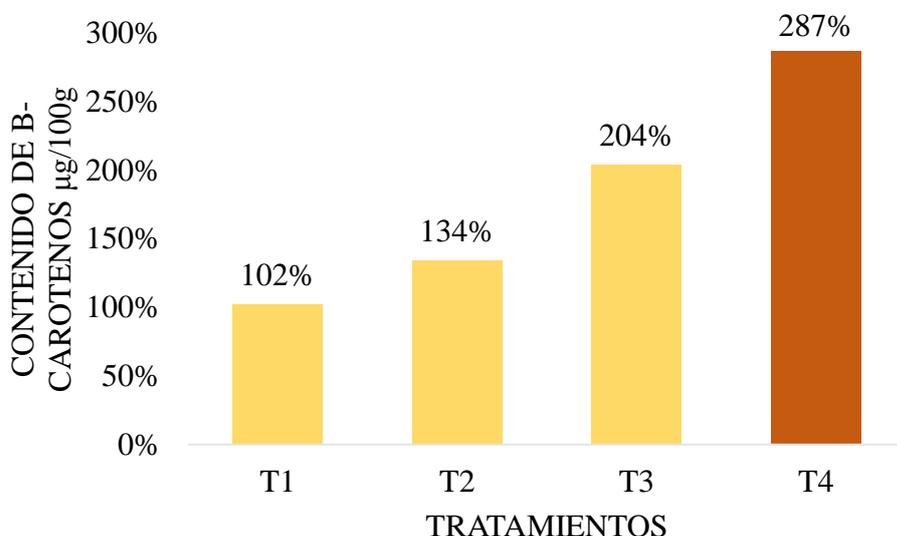
Al existir diferencia significativa se realizó la prueba Tukey al 5% para factores, el cual, demostró que el tratamiento T2, con flujo de alimentación de 0.24ml/s y 180°C de temperatura presentó alto contenido de capacidad antioxidante, considerándolo como el mejor tratamiento, obteniendo un valor de 226.41  $\mu\text{M}$  Trolox/g de muestra, superior al resultado de Jiménez et al., (2011) de 102.05  $\mu\text{M}$  TE/g para arándano, sin embargo, el tratamiento que presentó mayores pérdidas de capacidad antioxidante fue T3, con un valor de retención de 64%, que estadísticamente es representado por la letra (c), puesto que, su disminución fue a causa del uso de temperaturas y flujos de alimentación bajos, debido a que, estos parámetros permiten mayor contacto del polvo con el aire caliente, aumentando las pérdidas de este compuesto.

#### **4.2.3. CONTENIDO DE B-CAROTENOS**

De acuerdo a la investigación realizada se puede mostrar en la Figura 30 el porcentaje de retención de  $\beta$ -carotenos durante el proceso de secado por atomización.

**Figura 30**

*Porcentaje de  $\beta$ -carotenos del producto en polvo.*



Los tratamientos que se observan en la Figura 30, presentaron mayor contenido de  $\beta$ -caroteno luego del proceso de secado a comparación con la materia prima, determinando que T4 y T3 obtuvieron los valores más altos de este compuesto, siendo T4 el mejor tratamiento con un porcentaje de 287%, seguido de T3 con un valor de 204%, a comparación con T1 y T2 que presentaron menor contenido de este compuesto, debido a que, durante el proceso de secado a temperaturas bajas se produce mayor tiempo de secado y excesiva evaporación de agua, causando grietas y hendiduras en la superficie de las gotas que conllevan a una menor retención de  $\beta$ -caroteno, comportamiento similares se observaron por Corr3a, Lourenço, Mold3o, & Alves, (2019).

Sin embargo al trabajar a una temperatura de 180°C, en el contenido de  $\beta$ -carotenos se observ3o mayor aumento de este compuesto, donde, Valenciaga & Chongo, (2004), Clinton, (2009) y Herrera, (2018) determinaron que el incremento se produce a causa de altas temperaturas, que permite el rompimiento de membranas celulares que en su conformaci3n se encuentran  $\beta$ -carotenos ligados a las prote3nas, las cuales, al ser liberadas por calor, permiten que los reactivos utilizados para su extracci3n y cuantificaci3n detecten y lo formen parte de los ya existentes, obteniendo un aumento de  $\beta$ -carotenos a los resultados para polvos, este comportamiento fue observado a su vez por Li, Yang, Zhang, & Zhang, (2022) y Jorge, et al., (2018).

Por otra parte, se puede apreciar en la Figura 30 que el flujo de alimentación que presentó mayor contenido de  $\beta$ -carotenos fue con el que se trabajó a 0.49ml/s, determinando que T4 y T3 presentaron mayor contenido de este compuesto, debido a que demuestra un proceso de secado más corto que al trabajar con un flujo de alimentación de 0.24ml/s, por lo cual, los tratamientos T1 y T2, presentaron cantidades menores, debido a que el tiempo de secado fue mayor a los 45 min, perdiendo de esta manera el compuesto analizado durante el proceso, este comportamiento también se observa en el estudio realizado por Grabowski, Truong, & Daubert, (2008) quien determina un valor de 430  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de muestra para batata, valor similar al obtenido por esta investigación con 457.71  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de muestra seca.

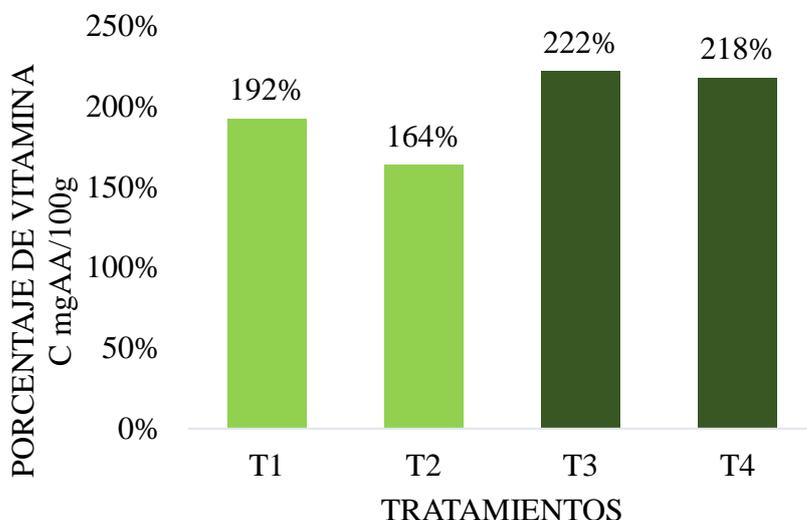
Al determinar que existe diferencia significativa entre tratamientos se realizó la prueba Tukey al 5% como se demuestra en la Tabla 34 del anexo 4, que el tratamiento con mayor contenido de  $\beta$ -carotenos es T4, el cual, es representado por la letra (a), estadísticamente considerado como mejor tratamiento, dando a conocer que, la temperatura de 180°C y flujo de alimentación de 0,49ml/s, permitió obtener mayor contenido de  $\beta$ -carotenos, a comparación con T1 que fue el tratamiento que obtuvo un contenido inferior a las demás muestras analizadas, dado que, al trabajar con flujo de alimentación de 0.24ml/s y una temperatura de 140°C se obtiene menor contenido de este compuesto, comportamiento similar se logró observar en el estudio de Fazaeli, Emam, Kalbasi, & Omid, (2012), quienes indican que al usar bajas temperaturas se obtienen menor contenido de este compuesto.

#### **4.2.4. VITAMINA C**

A partir de la investigación realizada se obtuvo los siguientes datos, los cuales muestran el contenido de ácido ascórbico del polvo de uvilla después del proceso de secado por atomización, el cual, se puede observar en la Figura 31.

**Figura 31**

*Porcentaje de vitamina C en producto en polvo.*



De acuerdo a la investigación realizada, se puede apreciar en la Figura 31 que todos los tratamientos presentan un alto contenido de vitamina C a comparación con la materia prima, este comportamiento es similar al obtenido en el contenido de  $\beta$ -carotenos, ya que se observó un aumento en lugar de una disminución, sin embargo para los tratamientos T3 y T4 presentó mayor contenido de vitamina C, considerando como mejor tratamiento a T3, el cual trabajó a una temperatura de  $140^{\circ}\text{C}$ , mientras que al trabajar a una temperatura de  $180^{\circ}\text{C}$  se observó menor contenido de este compuesto, debido a que, las temperaturas altas durante el proceso de secado, permiten formación rápida de costras alrededor de la superficie de la gota, impidiendo evaporación de agua y concentración de azúcares, las cuales, evitan que se obtenga mayor contenido de vitamina C, este comportamiento fue similar a lo obtenido por Souza, Thomazini, Balieiro, & Fávaro, (2015)

Por lo tanto, al trabajar a una temperatura de  $140^{\circ}\text{C}$  se obtiene mejor obtención de vitamina C, debido a que las temperaturas bajas permiten mayor evaporación de agua, el cual conlleva a una concentración de azúcares, obteniendo que se produzca mayor contenido de este compuesto, debido a que, Barata, Gomez, De Mesquita, & Lajolo, (2004) en su estudio sobre biosíntesis de ácido ascórbico determinó que durante el proceso de atomización, la vitamina C sufre un proceso de biosíntesis por la vía Pathway que se da al someter a este

compuesto a temperaturas mayores a 100°C, ocasionando su síntesis a partir de glucosa, obteniendo como resultado un incremento de este contenido.

Por otra parte, se puede observar en la Figura 31 que los tratamientos que menos contenido de vitamina C presentaron fueron T1 y T2, los cuales se trabajaron a un flujo de alimentación de 0.24ml/s, frente a esto, Miller & Gil, (2011) demuestran que este parámetro al ser bajo influye en el tamaño de las gotas, es decir, su diámetro disminuye, permitiendo mayor contacto con el aire caliente, conllevándolo a encogimientos y formación de grietas en las partículas de polvo, obteniendo menor retención de este compuesto, mientras que Himmetagaoglu & Erbay, (2018) demuestran que a flujos de alimentación altos se obtiene mayor velocidad de secado y menor contacto con el aire, por ende, en esta investigación al utilizar un flujo de alimentación de 0.49ml/s se evitó que el contenido de vitamina C disminuya.

En base al análisis estadístico realizado se obtuvo significancia para tratamientos, por ende se realizó la prueba Tukey al 5%, demostrando que, los tratamientos T3 y T4 presentaron mayor contenido de vitamina C, luego del proceso de secado por atomización, de modo que, comparten la misma letra (a) como se observa en la Tabla 39 del anexo 4, sin embargo, T3 es determinado como el mejor tratamiento, debido al mayor contenido de este compuesto, por otro lado, el tratamiento que menor contenido de vitamina C presentó fue T2 representado por la letra (c), con un valor de 109.9 mg AA/100g de polvo, en vista de que, se trabajó con un flujo de alimentación bajo, prolongando el tiempo de secado, a comparación con T3 que fue corto, obteniendo como resultado mayor contenido de este compuesto.

### **4.3. ACEPTABILIDAD SENSORIAL Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO ATOMIZADO**

Con la finalidad de obtener el nivel de aceptación del producto atomizado se procedió a realizar la aceptación sensorial del producto atomizado.

#### **4.3.1. ACEPTABILIDAD SENSORIAL**

La aceptabilidad sensorial es un procedimiento que se realiza con la finalidad de obtener el grado de aceptación por parte de las personas encuestadas, de esta manera determinar si el producto obtenido podría ser viable o no para su futura comercialización en los mercados o

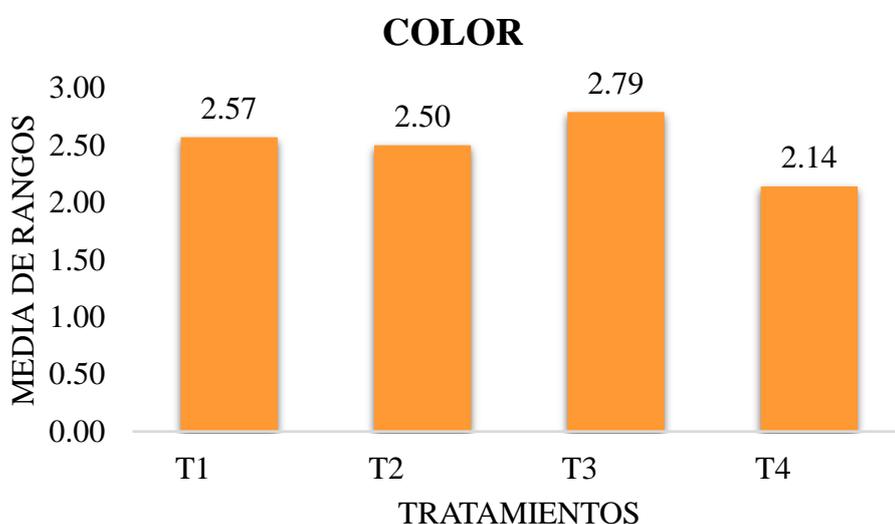
supermercados. Por ende, para esta investigación se procedió a realizar encuestas a 30 personas con la finalidad de obtener el nivel de agrado o desagrado del producto atomizado.

#### 4.3.1.1. Atributo color

A partir de las encuestas realizadas se logró determinar valores como se puede observar en la Figura 32, que permitieron demostrar si el polvo reconstituido, obtenido a partir de secado por atomización presentó aceptación de acuerdo a su atributo.

**Figura 32**

*Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo color.*



Al realizar la prueba estadística para tratamientos se obtuvo que T1, T2, T3 y T4, no presentaron niveles de significancia, como se puede observar en la Tabla 44 del anexo 6, debido a que, los panelistas no consiguieron apreciar, ya que todas presentaron coloraciones semejantes (amarillo-anaranjado). Sin embargo, en la Figura 32, se puede apreciar que el tratamiento que presentó mayor puntaje de aceptación fue T3, mientras que T4 presentó puntaje más bajo a comparación con T1 y T2.

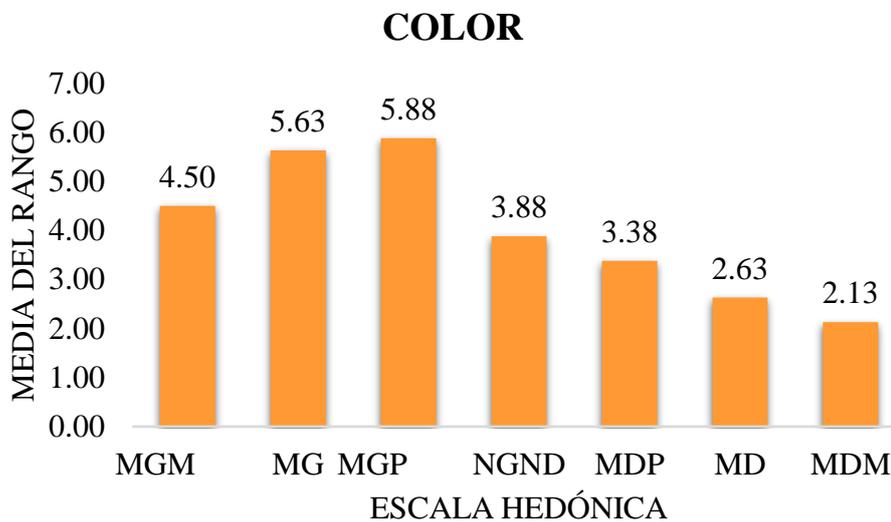
Más aún, Khalilian & Mohebbi, (2015) mencionan que, durante el proceso de secado por atomización de zanahoria y apio, se produce pérdidas de color a causa de altas temperaturas de secado y concentración de maltodextrina. Por otro lado, Chong & Wong, (2017) y Cardona, Patiño, & Ormaza, (2021) mencionan que, al utilizar flujos de alimentación altos

mayor será el recubrimiento que presente la superficie de la gota, garantizando mejor conservación del color.

Por lo tanto, para demostrar cual fue la calificación de me gusta mucho, me gusta, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco, me disgusta y me disgusta mucho (MGM, MG, MGP, NGND, MDP MD, MDM) y si es aceptable o no el producto reconstituido, se realizó un análisis de Friedman para escala hedónica como se puede observar en la Figura 33.

**Figura 33**

*Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo color*



Donde, se demuestra que las calificaciones MGM, MG, MGP, NGND y MDP, presencian mayores rangos, compartiendo la letra (a) como se puede observar en la Tabla 43 del anexo 6, sin embargo, se puede apreciar en la Figura 33, que la calificación me gusta poco (MGP) es la más sobresaliente, es decir, es la que mayor votación obtuvo por parte de los panelistas al realizar la encuesta, más aún, Castañeda, (2013) determina cuando el producto es aceptado o no, en base a una escala de 100, 0 , -100, considerando 100 como el lado positivo de la escala, es decir, calificaciones de agrado, mientras que -100 es el lado negativo (desgrado), y 0 como punto neutral (ni agrada ni desagrada), por lo tanto, se determina que el producto es aceptado, ya que, los resultados que se obtuvieron en las encuestas, presentaron valores

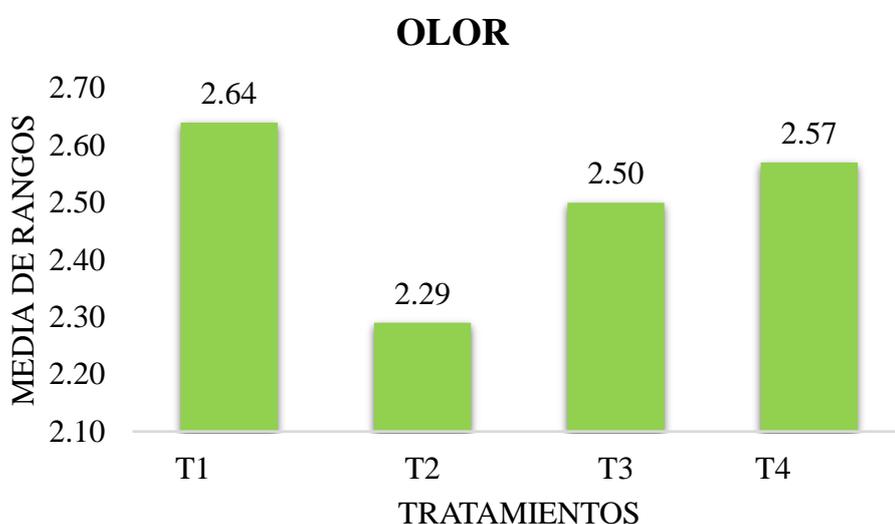
altos, en su mayor parte de agrado, demostrando que, los niveles de rechazo para el producto son mínimos.

#### 4.3.1.2. Atributo olor

Al realizar las encuestas a los panelistas se obtuvo resultados que permitieron realizar el análisis estadístico de Friedman, como se puede observar en las Figuras 34 y 35, con la finalidad de determinar si el atributo olor es aceptable o no.

**Figura 34**

*Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo olor.*



Para el atributo olor se realizó el análisis estadístico de Friedman para tratamientos, determinando que, no presenta nivel de significancia, puesto que, T1, T2, T3 y T4, comparten la misma letra (a), como se puede apreciar en la Tabla 46 del anexo 4, donde, los panelistas no distinguieron diferencias del atributo olor entre las distintas muestras que se analizaron. Más aún, se puede observar en la Figura 34, el tratamiento que mayor aceptación presentó fue T1, a comparación con T2 que presentó menor aceptación.

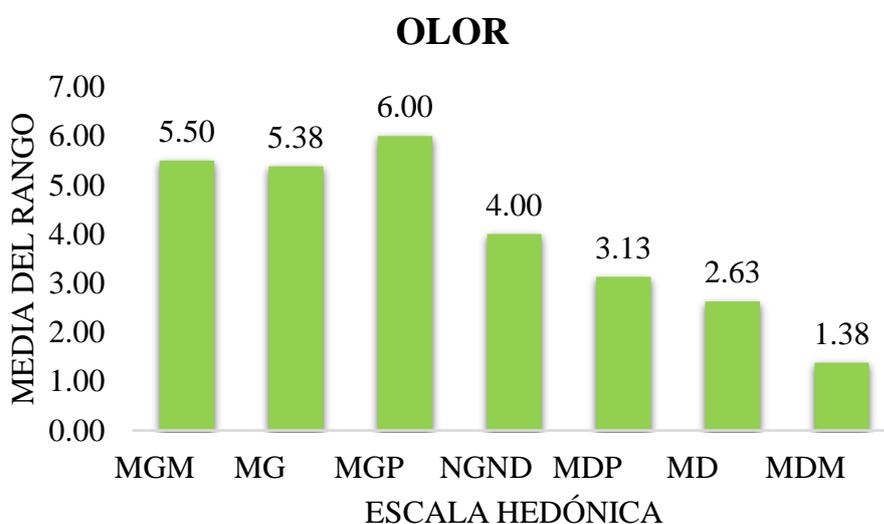
No obstante, Souza, Santos, Converti, & Maciel, (2020) determinaron que, un proceso que afecta directamente al atributo olor dentro de proceso de secado por atomización es la evaporación, en donde, el calor no solo evapora el agua que contienen las muestras, también permite pérdidas de compuestos volátiles y termosensibles que presenta la fruta, por tanto,

Saifullah et al., (2019) determinan que tanto el olor como el sabor son sensibles al calor, humedad, luz y aire, permitiendo su fácil degradación.

Por otra parte, para determinar si el producto fue aceptado o rechazado con relación al atributo olor, se realizó un análisis de Friedman para escala hedónica, como se puede observar en la Figura 35.

**Figura 35**

*Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo olor.*



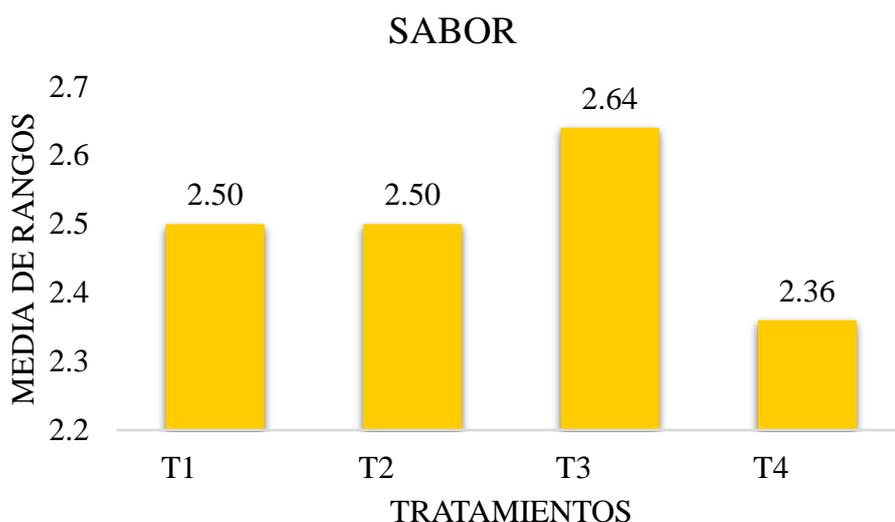
Donde, esta figura determina que, las calificaciones que presentaron mayores rangos de significancia fueron MGP, MGM, MG y NGND considerándolos con la letra (a) como se puede apreciar en la Tabla 45 del anexo 6, determinando que el atributo olor es aceptado por los panelistas, ya que, según el estudio realizado por Castañeda, (2013) menciona que, para decretar que un producto es aceptado o rechazado en un análisis de aceptación sensorial, en el que se usa escalas hedónicas debe encontrarse en el lado positivo de las calificaciones, es decir, debe obtener mayores resultados para el nivel de agrado, por lo contrario si los valores son altos para el lado negativo o de desagrado, se rechaza el producto. Es por esto que, las clasificaciones de MDP, MD y MDM son considerados como valores negativos, puesto que, presentan medias de rangos bajos, como se puede observar en la Figura 35, y a su vez, comparten el nivel de significancia con la letra (d), por tanto, la escala hedónica que mayores votos presentó fue me gusta poco (MGP).

#### 4.3.1.3. Atributo sabor

Con base en los datos obtenidos para el atributo sabor, como se puede observar en las Tablas 36 y 37, se logró determinar si el producto obtenido presentó características propias de la uvilla (*Physalis peruviana* L.), así como también, si es aceptado o no por los panelistas.

**Figura 36**

*Análisis estadístico de Friedman para tratamientos del atributo sabor.*



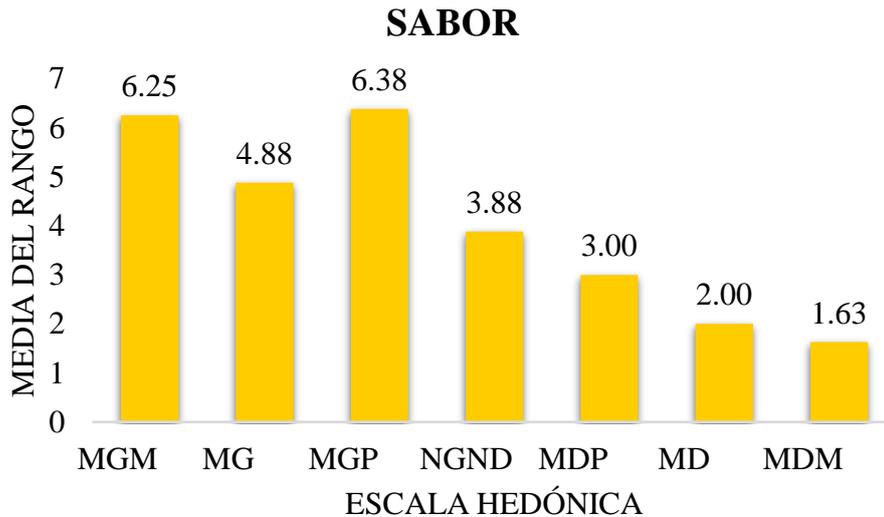
En la Figura 36, se realizó el análisis estadístico de Friedman para tratamientos, obteniendo que, T1, T2, T3 y T4 no presentaron nivel de significancia, es decir, compartieron la misma letra (a) como se aprecia en la Tabla 48 del anexo 6, dando a conocer que, las diferentes combinaciones de los parámetros utilizados durante el secado por atomización no influyeron en el sabor de acuerdo a los panelistas, es decir, todas las muestras del polvo reconstituido presentaron el mismo sabor (agridulce).

Más aún, se puede apreciar que el tratamiento que presentó mayor aceptación para atributo sabor fue T3, a comparación con T1, T2 y T4, dado que, Cardona, Patiño, & Ormaza, (2021) determinó que, el factor que mayor conservación de color y sabor fue el uso de maltodextrina, permitiendo encapsular estos atributos para evitar degradaciones y la obtención de sabores extraños en productos en polvo.

Por otro lado, para determinar si el polvo reconstituido presenta aceptación o rechazo para el atributo sabor, se realizó un análisis de Friedman para escala hedónica como se aprecia en la Figura 37.

**Figura 37**

*Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica del atributo sabor.*



Como se muestra en la Figura 37, para la calificación de MGP, MGM y MG, se obtuvo como resultado nivel de significancia alta, debido a que está representada por la letra (a) de acuerdo con la Tabla 47 del anexo 6, demostrando que las calificaciones de MDP, MD y MDM, presentaron menores medias de rangos, por tanto, se las representó con la letra (e), determinando que, los mayores valores se encuentran en el lado de agrado de la escala hedónica, aceptando el producto, así como también, se evidenció que el sabor presentó características propias de uvilla (*Physalis peruviana* L.), que fue sometido a un proceso de cocción, con un sabor agridulce, a su vez, se aprecia que la escala hedónica que mayor votación presentó fue me gusta poco (MGP).

#### **4.3.2. COSTOS DEL PROCESO DE SECADO**

Durante el proceso de atomización se realizó una estimación del costo que se realizó para la obtención de zumo de uvilla en polvo, el cual se puede mostrar en la Tabla 20 y 21.

**Tabla 20***Costos directos para la elaboración de zumo de uvilla en polvo.*

<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>INSUMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>
MANO DE OBRA	h/día	30	2.36	70.80
MATERIA PRIMA (UVILLA)	kg	60	1.20	72
ADITIVO (M)	kg	24	1.32	31.68
FUNDAS		12	0.10	1.20
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>175.68</b>

**Tabla 21***Costos indirectos para la elaboración de jugo de uvilla en polvo.*

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>INSUMO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	
JARRA PLÁSTICA	2	1	2	
LICUADORA	1	15	15	
TAMIZ	1	3.50	3.50	
CEPILLO RECOJEDOR DE POLVOS	1	2.25	2.25	
COLADOR	1	0.75	0.75	
UTENSILLOS DE LIMPIEZA	1	5	5	
SOBREMÁNILA	12	0.10	1.20	
<b>INSUMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>COSTO</b>	
ENERGÍA ELÉCTRICA	kw/h	0.49	5.88	
AGUA	m <sup>3</sup>	1	4	
<b>TOTAL COSTO INDIRECTOS</b>			<b>39.58</b>	
<b>TOTAL DE COSTOS</b>			<b>215.26</b>	

La Tabla 20 y 21 muestra el costo que se realizó para producir jugo de uvilla atomizado, en donde, los costos se encuentran estimados para 30 días aproximadamente, ya que, la investigación se realizó para 4 tratamientos en los que se utilizó 1 litro por repetición, es decir, 1 litro para cada corrida, con un costo de 0.49 ctvs por repetición y 1.47 dólares por

tratamiento, obteniendo 900g de polvo, por tanto, se realizó 12 corridas, obteniendo aproximadamente 3.6kg de producto en polvo, el cual tuvo un costo de 215.26 dólares, dando a conocer que, tanto la materia prima (uvilla) como el aditivo (maltodextrina) fueron los que obtuvieron mayor costo, a su vez, Jittanit, Chantara, Deying, & Ratanavong, (2011) obtuvo datos similares a los observados en esta investigación, señalando que, los materiales encapsulantes fueron los que mayor costo obtuvieron en especial la goma arábica. Obteniendo aproximadamente 3.6kg de producto en polvo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- La caracterización química y funcional de la materia prima a un determinado estado de madurez presentó un contenido alto de compuestos antioxidantes, a comparación con diferentes frutos como es la naranja y naranjilla, e inclusive se presentó un valor menor para uvilla (*Physalis peruviana* L.) cosechada en diferentes sectores de la provincia de Imbabura.
- Los parámetros de secado tuvieron efectos significativos sobre los contenidos de compuestos antioxidantes, dado que, al trabajar con altas temperaturas se conserva mejor las propiedades debido a la facilidad de evaporación de agua, el cual produce cortos tiempos del proceso de secado, a su vez, flujos de alimentación bajos producen pérdidas en los compuestos, a causa del agrietamiento de las partículas de polvo generadas por el tiempo de estadía en el atomizador.
- La aceptabilidad sensorial de los polvos no presentó significancia para tratamientos, sin embargo, para escala hedónica presentó significancia, evaluándose los atributos de color, olor y sabor, a través de la prueba Friedman, donde, el producto fue aceptado por los panelistas, destacando la calificación me gusta poco (MGP).
- El costo del proceso de secado a nivel de laboratorio al trabajar a una temperatura de 180°C y flujo de alimentación de 0.49 ml/s es de 1.47 dólar por 900g de polvo, con un tiempo de duración de 0.50 horas. Sin embargo, para temperaturas y flujos de alimentación bajos, los costos del proceso aumentan.
- Los parámetros de secado tuvieron influencia significativa en la conservación de las propiedades funcionales del polvo de uvilla, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa planteada en la investigación.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Evaluar el efecto de diferentes encapsulantes sobre las propiedades funcionales de la uvilla (*Physalis peruviana* L.).
- Determinar el efecto de diferentes concentraciones y niveles de dextrosa equivalente (DE) del aditivo (maltodextrina) en el proceso de atomización de uvilla (*Physalis peruviana* L.).
- Analizar el efecto del proceso de concentración por evaporación del jugo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) sobre las propiedades funcionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, K., Sepulveda-Ortega, S., Lara-Guzman, O., Navas-Arboleda, A., & Osorio, E. (8 de Agosto de 2014). *Influence of cultivar and ripening time on bioactive compounds and antioxidant properties in Cape Gooseberry (Physalis peruviana L.)*. Obtenido de Journal of the Science of food and agriculture: <https://sci-hub.se/10.1002/jsfa.6866>
- Figura, L., & Teixeira, A. A. (2007). *Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Ji , J., Fitzpatrickb, J., Croninb, K., Crean, A., & Miao, S. (2016). Evaluación de las características de medición para la rehidratación de polvos a base de proteína de leche. *Hidrocoloides alimentarios*, 151-161.
- López, C., González Gallardo, C., Guerrero Ochoa, M., Mariño, G., Jácome, B., & Beltrán Sinchiguano, E. (1 de Marzo de 2019). *ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LOS ANTIOXIDANTES DEL VINO DE FLOR DE JAMAICA (Hibiscus sabdariffa L) EN EL ALMACENAMIENTO*. Obtenido de Revista de Ciencias de la Vida: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476058342009/html/>
- Mondragón, R., Julia, J. E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 159-168.
- Quiñones, M., A. , A., & M. , M. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 76-89.
- Righi da Rosa, J., Nunes, G., Motta, M., Fortes, J., Cezimbra Weis, G., Rychecki Hecktheuer, L., . . . Severo da Rosa, C. (25 de Noviembre de 2018). *Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (Vaccinium spp.) by spray drying: characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions*. Obtenido de Food Hydrocolloids: <https://sci-hub.se/10.1016/j.foodhyd.2018.11.042>
- Wu, D., & Sun , D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 5-20.

- Acacio-Chirino, N. J.-d.-C.-M.-M.-B.-L.-B. (2013). Desarrollo de un procedimiento para la extracción de  $\beta$ -caroteno y glicerol a partir de la microalga *Dunaliella* sp. en la salina Las Cumaraguas. *Revista Cubana de Química*, 214-228.
- Aguilar Morales, J. (2012). *Método de conservación de alimentos*. Tlalnepantla: RED TERCER MILENIO S.C.
- Alarcon, E. H. (2005). *EVALUACION SENSORIAL*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia:  
<http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>
- Alvarado Verdín, V. M. (2016). *Ingeniería de costos*. Obtenido de elibro.net:  
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/40454>
- AOAC: Official methods of analysis. (1990). *Association of official analytical chemists*. Arlington, Virginia: Association of official analytical chemists, Inc. Obtenido de  
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- AOAC: Official methods of analysis. (1990). *Association of official analytical chemists*. Arlington, Virginia: Association of official analytical chemists, Inc. Obtenido de  
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- AOAC: Official Methods of Analysis. (1995). *Vitamin C (Ascorbic acid) in vitamin preparations and juices. 2,6-Dichloroindophenol titrimetric method*. Arlington, VA: Association of the Official Analytical Chemists.
- Araya L, H., Clavijo R., C., & Herrera, C. (2006). *Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile*. Obtenido de ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION:  
<https://www.capacitacionesonline.com/blog/wp-content/uploads/2022/01/Capacidad-antioxidante-de-frutas-y-verduras-cultivados-en-Chile.pdf>
- Arredondo González, M. M. (2015). *Contabilidad y Análisis de Costos*. Obtenido de elibro.net:  
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/40440>
- Arteaga Miñano, H. L., & León Estrada, J. A. (Diciembre de 2015). *Estimación de modelos de regresión entre el color y las propiedades fisicoquímicas del Aguaymanto (Physalis*

*peruviana* L). Obtenido de [revistas.ucv.edu.pe: http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/751/589](http://revistas.ucv.edu.pe:revistas.ucv.edu.pe: http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/751/589)

Ávila, J., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2006). *Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (Physalis peruviana L.), almacenada a 18°C*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ávila-de Hernández, R. M., & González-Torrivilla, C. C. (2011). La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: Una aproximación difusa. *Universidad, Ciencia y Tecnología*.

Ayala A, A. A., Serna C, L., & Mosquera V, E. S. (2010). LIOFILIZACIÓN DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*). *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 121-127.

Aziz, M. G., Yusof, Y. A., & Blanchard, C. (2018). Propiedades de los materiales y tabletas de polvos de frutas. *Food Engineering Reviews*, pp 66–80.

Balanda, A. T. (23 de Mayo de 2005). *editorial.unam.edu.ar*. Obtenido de Contabilidad de costos: [https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos\\_digitales/Contabilidad\\_de\\_Costos-Alberto\\_Balanda.pdf](https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/Contabilidad_de_Costos-Alberto_Balanda.pdf)

Balassa, L. L., Fanger, G. O., & Wurzburg, O. B. (1971). Microencapsulation in the food industry. *C R C Critical Reviews in Food Technology*, 245-265.

Barata-Soares, A., P. A. Gomez, M., De Mesquita, C., & Lajolo, F. (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental*, 147-154.

Barberán, T., & F, A. (2003). *Los polifenoles de los alimentos y la salud*. Obtenido de ALIMENTACION, NUTRICION Y SALUD: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/18042/3/lecturaPDF.pdf>

Bastías Montes, J., Choque Chávez, M., Alarcón Enos, J., Quevedo León, R., Muñoz Fariña, O., & San Martín, C. (Marzo de 2019). *Efecto del secado por aspersion a 150, 160 y 170 °C sobre las propiedades físicas y químicas del extracto de maqui (Aristotelia chilensis (Molina) Stuntz)*. Obtenido de revista chilena de investigacion agropecuaria:

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-58392019000100144&lang=pt#t3](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392019000100144&lang=pt#t3)

Bazalar Pereda, M. S., Nazareno, M. A., & Viturro, C. I. (2018). Nutritional and Antioxidant Properties of *Physalis peruviana* L. Fruits from the Argentinean Northern Andean Region. *Plant Foods for Human Nutrition*.

Begoña Olmedilla , A., Granado, F., & Navarro, I. (2001). *CAROTENOIDES Y SALUD HUMANA*. Obtenido de FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN: <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/1522007542.pdf>

Bernal, A. C., Vergara, A. I., Rojano, B., Yahia, E., & Maldonado, M. E. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (*Physalis peruviana* L.) en tres estadios de su maduración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 255-261. doi:

BIOTANIC, CIRAD, COMAV, CORPOICA, INIAP, PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, UFRGS. (2014). *UCHUVA (Physalis peruviana L): FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO*. Alicante, España: LIMENCOP S.L.

Bringas-Lantigua, M., A. Pino, J., & Aragüez-Forte, Y. (2014). Secado por atomización de jugo de frutas . *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 67-72.

Bringas-Lantigua, M., Pino, J. A., & Aragüez-Forte, Y. (2014). SECADO POR ATOMIZACIÓN DE JUGOS DE FRUTAS. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 67-72.

Brito De Souza, V., Thomazini, M., De Carvalho Balieiro, J., & Fávaro Trindade, C. (2015). *Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (Vitis labrusca)*. Obtenido de Food and Bioproducts Processing: <https://sci-hub.se/10.1016/j.fbp.2013.11.001>

Brito, D. (2002). Agroexportación de productos no tradicionales. *Boletín (Quito-Ecuador)*, 10 .

- Caicedo, M. A. (Junio de 2010). *Estudio de la cadena productiva de uvilla*. Obtenido de UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO: <http://192.188.53.14/bitstream/23000/950/1/95220.pdf>
- Cairone, F., Carradori, S., Locatelli, M., Casadei, M. A., & Cesa, S. (2020). Refectance colorimetry: a mirror for food quality—a mini review. *European Food Research and Technology*, 259–272.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P., Ramos, A., & 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 & Emerging Technologies*, 420-428. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Cardona Tangarife, D., Patiño Arias, L., & Ormaza Zapata, A. (10 de Enero de 2021). *Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión*. Obtenido de Ciencia y Tecnología Agropecuaria: [http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v22n1/es\\_0122-8706-ccta-22-01-1899.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v22n1/es_0122-8706-ccta-22-01-1899.pdf)
- Carmona, M. D. (2010). *Caracterización físico-químico y sensorial de nabiza y grelo (Brassica rapa L.)*. Univ Santiago de Compostela. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=OLsQF9t4A7oC&pg=PA115&dq=m%C3%A9todo+942.15+AOAC&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwirwYPws8fbAhUNz1MKHcbyA2UQ6AEIKjAB#v=onepage&q=m%C3%A9todo%20942.15%20AOAC&f=false>
- Castañeda Bustillo, C. D. (2013). *Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0e036a32-7809-4aa8-8746-6d5855a7b1b6/content>
- Castañeda, J., Arteaga, H., Siche, R., & Rodriguez, G. (2010). Estudio comparativo de la pérdida de vitamina C en chalarina (*Casimiroa edulis*) por cuatro métodos de deshidratación. *Scientia Agropecuaria*, 75 - 80.

- Cerón S, I., Higueta, J. C., & Cardona A, C. (2010). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 17 - 26.
- Chang Lee, K., Seok Yoon, Y., Fan-Zhu , L., & Jong-Bang, E. (2 de Mayo de 2016). *Effects of inlet air temperature and concentration of carrier agents on physicochemical properties, sensory evaluation of spray-dried mandarin (Citrus unshiu) beverage powder*. Obtenido de Applied Biological Chemistry: <https://sci-hub.se/10.1007/s13765-016-0246-8>
- Chen, B., Peng, H., & Chen, H. (1995). *Changes of Carotenoids, Color, and Vitamin A Contents during Processing of Carrot Juice* . Obtenido de J. Agric. Food Chem: <https://sci-hub.se/10.1021/jf00055a029>
- Chong, S., & Wong, C. (Diciembre de 2017). *Effect of spray dryer inlet temperature and maltodextrin concentration on colour profile and total phenolic content of Sapodilla (Manilkara zapota) powder*. Obtenido de International Food Research Journal: [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(06\)%202017/\(36\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(06)%202017/(36).pdf)
- Clinton, M.D., Ph.D, S. (2009). Lycopene: Chemistry, Biology, and Implications for Human Health and Disease. *Nutrition review vol 56, No.2, 35-51*.
- Corpoica, Iniap, Ciat, Proexant, Cirad. (15 de Julio de 2008). “*Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (Physalis peruviana L.), granadilla (Passiflora Ligularis L.) y tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*”. Obtenido de fontagro.org: [https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2003/01/final\\_infotec\\_03\\_14.pdf](https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2003/01/final_infotec_03_14.pdf)
- Corporación Universitaria Lasallista. (30 de Julio de 2011). *Desarrollo y transversalidad*. Obtenido de researchgate.net: [https://www.researchgate.net/profile/David-Molina-3/publication/278667819\\_Neuropsicologia\\_y\\_funciones\\_ejecutivas/links/5581c78e08ae6cf036c16e36/Neuropsicologia-y-funciones-ejecutivas.pdf#page=129](https://www.researchgate.net/profile/David-Molina-3/publication/278667819_Neuropsicologia_y_funciones_ejecutivas/links/5581c78e08ae6cf036c16e36/Neuropsicologia-y-funciones-ejecutivas.pdf#page=129)
- Corrales-Bernal, A., Vergara, A. I., Rojano, B., & Elhadi Yahia, M. E. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (Physalys peruviana L.) en tres estadios de su maduración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

- Cortés R., M., Hernández, G., & Estrada M, E. M. (2017). Optimización del proceso de secado por pulverización para obtener polvo de grosella espinosa: un alimento funcional innovador y prometedor. *ALIMENTOS: CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*.
- Cortés, M. R., Herrera, E. H., & Rodríguez, E. S. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas y alimentarias*, 47-56. Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/1703166098/fulltextPDF/237D73C6DC9F44EDPQ/1?accountid=36862>
- Costenbader, C. W. (2001). *GRAN LIBRO DE LAS CONSERVAS, EL (Bicolor)*. disfruto y hago.
- Cuaspuud Cuaical, S., Moreno Guerrero, C., Andrade-Cuvi, M., Alcívar León, C., & Guerrero, M. (30 de Junio de 2019). *Efecto de la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad poscosecha de uvilla orgánica (Physalis peruviana)*. Obtenido de Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha: <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562007/html/>
- Dag, D., Kilercioglu, M., & Oztop, M. (9 de Mayo de 2017). *Physical and chemical characteristics of encapsulated goldenberry(Physalis peruvianaL.) juice powder*. Obtenido de Department of Food Engineering: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817303225>
- Daza, L., Fujita, A., Fávoro-Trindade, C., Rodrigues-Ract, J., Granato, D., & Genovese, M. (2016). Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food and Bioproducts Processing*, ) 20–29.
- De la Vega, J. C., Cañarejo, M. A., Cabascango, O. N., & Lara, M. V. (Octubre de 2019). *Deshidratado de Physalis peruviana L. en dos Estados de Madurez y su Efecto sobre el Contenido de Polifenoles Totales, Capacidad Antioxidante, Carotenos, Color y Ácido Ascórbico*. Obtenido de [scielo.conicyt.cl: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500091&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500091&script=sci_arttext)

- Dias, M. I., Ferreira, I., & Barreiro, M. F. (2015). Microencapsulación de bioactivos para aplicaciones alimentarias. *Comida y Función*.
- Díaz, D., Beristain, C., Azuara, E., Luna, G., & Jimenez, M. (26 de Mayo de 2015). *Effect of wall material on the antioxidant activity and physicochemical properties of Rubus fruticosus juice microcapsules*. Obtenido de Journal of microencapsulation: <https://sci-hub.se/10.3109/02652048.2015.1010458>
- Eastman, J. E., & Moore, R. (1984). Cold-water-soluble granular starch for gelled food compositions. *United States Patent*, 1-18. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/e6/25/79/1d1875fff9851c/US4465702.pdf>
- Ecograins. (5 de Mayo de 2014). *AGUAYMANTO O UCHUVA*. Obtenido de Ecograins: <https://ecograins.wordpress.com/2014/05/02/caracteristicas-del-aguaymanto/>
- El-Beltagi, H., Mohamed , H., Safwat, G., Gamal, M., Megahed , B. M., & Pflanzen , G. (2019). Chemical Composition and Biological Activity of *Physalis peruviana* L. *Gesunde Pflanzen* 71, 113–122.
- Encina Zelada, C., Ureña, M., & Repo Carrasco, P. (2007). DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*, Linnaeus, 1753) Y DE SU CONSERVA EN ALMÍBAR MAXIMIZANDO LA RETENCIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO. *ECIPERU*, 6-10. Obtenido de ECIPERU.
- Etzbach, L., Meinert, M., Faber, T., Klein, C., Schieber, A., & Weber, F. (Noviembre de 2020). *Effects of carrier agents on powder properties, stability of carotenoids, and encapsulation efficiency of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) powder produced by co-current spray drying*. Obtenido de Current Research in Food Science: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927120300095>
- Ezhilarasi, P., Indrani, D., Jena, B., & Anandharamakrishnan, C. (2013). *Microencapsulation of Garcinia fruit extract by spray drying and its effect on bread quality*. Obtenido de Food Engineering department : <https://sci-hub.se/10.1002/jsfa.6378>

- FAO. (1997). *Almidón modificado, maltodextrina y sólidos de jarabe de maíz como materiales de pared para encapsulación de alimentos [1995]*. Obtenido de fao.org: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9634923>
- FAO, F. d. (2007). *Frutas y Hortalizas frescas*. Obtenido de CODEX ALIMENTARIUS: <http://www.fao.org/3/a-a1389s.pdf>
- Fazaeli, M., Emam Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., & Omid, M. (2012). *Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder*. Obtenido de Food and Bioproducts Processing: <https://sci-hub.se/10.1016/j.fbp.2012.04.006>
- Fennema, O. R. (2010). *Introducción a la química de los alimentos*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. Obtenido de <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Fereidoon , S., & Xiao-Qing , H. (2009). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 501-547.
- Fischer , G., Herrera, A., & Almanza, P. (2011). *Cape gooseberry ( Physalis peruviana L.)*. Obtenido de Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: <https://sci-hub.se/10.1533/9780857092762.374>
- Fischer, G., & Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana L*) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*, 35-39.
- Fischer, G., & Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis Peruviana L.*) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*, 35-39.
- Fischer, G., Miranda, D., Piedrahita, W., & Romero, J. (2005). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*. Bogota, D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Fisher, F. R., & Sora, G. A. (2000). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana*). *Universidad Nacional (Bogotá -Colombia)*, 165.

- Flaquer-Florez, D. R., Delgado-Solarte, D. M., Fernández Quintero Ph.D, A., & Ochoa-Martínez, C. I. (2016). SECADO POR ASPERSIÓN DE SOLUCIONES MODELO REPRESENTATIVAS DE ZUMOS DE FRUTAS. *Vitae*, 383-390.
- Flores- Aguilar, E., & P. Flores-Rivera, E. (2018). *Estabilidad de Antocianinas, Fenoles totales y Capacidad Antioxidante de Bebidas de Maíz Morado (Zea mays L.) y Uña de Gato (Uncaria tomentosa sp)*. Obtenido de Estabilidad de Antocianinas, Fenoles totales y Capacidad Antioxidante de Bebidas: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n2/0718-0764-infotec-29-02-00175.pdf>
- Flórez Roncancio, V. J., & Fischer, G. (2000). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). *RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT FOR FRUIT PRODUCTION SYSTEMS (STRAWBERRY AND BLACKBERRY) IN CUNDINAMARCA REPRESENTATIVE*, 1-25.
- Florez, V. J., Fischer, G., & Sora R, Á. D. (2000). *Producción, poscosecha y exportación de uchuva (Physalis Peruviana L.)*. Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Agronomía.
- Foundation, N. (1984). *Ciencia de la alimentación*. Reverte.
- Gandi Herrero, F., Jiménez Atiénzar, M., Cabanes, J., García Carmona, F., & Escribano, J. (2010). *Stabilization of the Bioactive Pigment of Opuntia Fruits through Maltodextrin Encapsulation*. Obtenido de JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY ARTICLE: <https://sci-hub.se/10.1021/jf101695f>
- García Alva, K. S. (2012). *"OBTENCIÓN DEL EXTRACTO EN POLVO A PARTIR DE Mandevilla scabra (R Y S) (CLA VOHUASCA) MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN"*. Obtenido de Facultad de industrias alimentarias: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2239/T-615.321-G25O.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gharsallaoui , A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International* , 1107–1121.

- Goula, A., & Adamopoulos, K. (2010). *A new technique for spray drying orange juice concentrate*. Obtenido de Innovative Food Science and Emerging Technologies: <https://sci-hub.se/10.1016/j.ifset.2009.12.001>
- Grabowski, J., Truong, V.-D., & Daubert, C. (2008). *Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder*. Obtenido de Food science and technology: <https://sci-hub.se/10.1016/j.lwt.2007.02.019>
- Gutiérrez Avella, D., Ortiz García, C., & Cisneros, A. (Octubre de 2008). *Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal*. Obtenido de Centro Nacional de Metrología: [https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf)
- Gutiérrez Rodríguez, F. (18 de Enero de 2018). *Estudio sobre la susceptibilidad a la isomerización de los carotenoides maculares*. Obtenido de helvia.uco.es: [https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/15879/TFM\\_Francisco\\_Javier\\_Guti%C3%A9rrez\\_Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20isomerizaci%C3%B3n%20de%20los%20carotenoides%20est%C3%A1%20relacionada%20con%20alteraciones%20en,\(todo%20DE\)](https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/15879/TFM_Francisco_Javier_Guti%C3%A9rrez_Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20isomerizaci%C3%B3n%20de%20los%20carotenoides%20est%C3%A1%20relacionada%20con%20alteraciones%20en,(todo%20DE))
- Harasym, J., & Oledzki, R. (2014). Effect of fruit and vegetable antioxidants on total antioxidant capacity of blood plasma. *Nutrition*, 511-517.
- Hernández Rodríguez, M., & Sastre Gallego, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Ediciones Díaz de Santos.
- Hernández-Sandoval, G. R., Cortés-Rodríguez, M., & Ciro-Velásquez, H. J. (2014). EFECTO DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE UN POLVO FUNCIONAL DE CABO GOOSEBERRY OBTENIDO POR SECADO POR SPRAY. *CIENCIAS AGRARIAS-Artículo Científico*, 139-149.
- Herrera Campos, S. L. (2018). *“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE GOMA ARÁBIGA Y TEMPERATURA DE AIRE DE SECADO POR ASPERSIÓN EN EL CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES, VITAMINA C Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA PULPA DE TOMATE DE ÁRBOL (Cythomandra betacea de solanum betaceum)”*.

Obtenido de  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4373/Herrera%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huachuillca Lizarme, D. (2017). *EFFECTO DE LIOFILIZACIÓN SOBRE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PULPA DE AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.)*. ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS.

Huertas, R. A. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 5669-5684.

INAMHI. (5 de Junio de 2019). *Instituto Nacional de Meteorología e hidrología*. Obtenido de INAMHI, pronóstico para Ibarra: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, N. (Marzo de 2009). *FRUTAS FRESCAS. UVILLA. REQUISITOS*. Obtenido de NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: <http://181.112.149.204/buzon/normas/2485.pdf>

Instituto Nacional de Capacitación Campesina. (31 de Noviembre de 2009). *PRINCIPALES CULTIVOS AGRICOLAS DEL PAIS*. Obtenido de Colomna Documents: <https://fdocuments.co/document/principales-cultivos-agricolas-del-pais.html>

Internacional, C. C. (2002). *Uchuva-Perfil del producto*. Inteligencia de mercados.

Internacional, C. C. (2002). *Uchuva-Perfil del producto*. inteligencia de mercados.

Intituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, E. E. (2014). Alimentos Ciencias e Ingenierías. *Universidad Técnica de Ambato*, 13-22.

Islas, R. P. (2002). Alimentos Microencapsulados: Particularidades de los Procesos para la Microencapsulación de Alimentos para Larvas de Especies Acuícolas . *Tecnología de Alimentos*, 439-447.

Izli, N., Yıldız, G., Unal, H., Isık, E., & Uylaser, V. (2014). *Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (Physalis peruviana L.)*. Obtenido de International Journal of Food Science and Technology: <https://sci-hub.se/10.1111/ijfs.12266>

- Jayaraman , K. S., & Das Gupta, D. K. (1992). DEHYDRATION OF FRUITS AND VEGETABLES - RECENT DEVELOPMENTS IN PRINCIPLES AND TECHNIQUES. *Drying Technology: An International Journal*, 1-50.
- Jianing , P., Bankston, J., & Subramaniam , S. (2011). *Developing microencapsulated flaxseed oil containing shrimp (Litopenaeus setiferus) astaxanthin using a pilot scale spray dryer*. Obtenido de Biosystems Engineering: <https://sci-hub.se/10.1016/j.biosystemseng.2010.11.005>
- Jiménez-Aguilar, D., Ortega-Regules, A., Lozada-Ramírez, J., Pérez-Pérez , M., Vernon-Carter, E., & Welti-Chanes, J. (2011). *Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material*. Obtenido de Journal of Food Composition and Analysis: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jfca.2011.04.012>
- Jittanit, W., Chantara In, M., Deying, T., & Ratanavong, W. (Febrero de 2011). *Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and Arabic gum as adjuncts*. Obtenido de Songklanakarin J. Sci. Technol: <https://www.thaiscience.info/journals/Article/SONG/10740959.pdf>
- Juntamay Tenezaca, E. R. (2010). *Evaluación nutricional de la uvilla (Physalis Peruviana L. ) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources.
- Kader, A. A. (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. UCANR Publications.
- Kashappa Goud , H. D., & Park, H. J. (2005). Food, Recent Developments in Microencapsulation of Ingredients. *Drying Technology: An International Journal*, 1361-1394.
- Khalilian Movahhed, M., & Mohebbi, M. (12 de Septiembre de 2015). *SPRAY DRYING AND PROCESS OPTIMIZATION OF CARROT–CELERY JUICE*. Obtenido de Journal of Food Processing and Preservation: <https://sci-hub.se/10.1111/jfpp.12598>

- Khanal, R., Howard, L., & Prior, R. (2010). *Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins*. Obtenido de Food Research International: <https://sci-hub.se/10.1016/j.foodres.2010.04.018>
- Krishnan, S., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 95–102.
- Kurozawa, L. E., Gomes Morassi, A., Vanzo, A. A., Park, K. J., & Dupas Hubinger, M. (2009). *Influence of Spray Drying Conditions on Physicochemical*. Obtenido de Drying Technology: <https://sci-hub.se/10.1080/07373930903267187>
- León, K., Domingo, M., Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 1084–1091.
- Licodiedoff, S., Deitos Koslowski, L. A., & Hoffmann Ribani, R. (2013). Flavonols and antioxidant activity of *Physalis peruviana* L. fruit at two maturity stages. *Acta Scientiarum. Technology*, 393-399.
- Lima, E.M.F, Madalão, M.C.M, Benincá, D.B, . . . P.I. (Abril de 2019). *Effect of encapsulating agent and drying air temperature on the characteristics of microcapsules of anthocyanins and polyphenols from juçara (Euterpe edulis Martius)*. Obtenido de International Food Research Journal 26(2): [https://www.researchgate.net/profile/Emilia-Lima-3/publication/332706225\\_Effect\\_of\\_encapsulating\\_agent\\_and\\_drying\\_air\\_temperature\\_on\\_the\\_characteristics\\_of\\_microcapsules\\_of\\_anthocyanins\\_and\\_polyphenols\\_from\\_jucara\\_Euterpe\\_edulis\\_Martius/links/5efbdebd9285](https://www.researchgate.net/profile/Emilia-Lima-3/publication/332706225_Effect_of_encapsulating_agent_and_drying_air_temperature_on_the_characteristics_of_microcapsules_of_anthocyanins_and_polyphenols_from_jucara_Euterpe_edulis_Martius/links/5efbdebd9285)
- Liu , H., Qiu, N., Ding, H., & Yao, R. (2007). Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food Research International*, 363–370.
- López M, B., Carvajal de P, L., & Millan C de J., L. (13 de Agosto de 2009). *ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES DE LA MEZCLA DE PULPA DE BANANO (Musa paradisiaca L.) PARA SOMETER A SECADO POR ASPERSIÓN*. Obtenido de REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA:

[https://www.researchgate.net/publication/262447280\\_Establishing\\_of\\_the\\_conditions\\_of\\_the\\_blend\\_of\\_pulp\\_with\\_banana\\_Musa\\_paradisiaca\\_L\\_to\\_submit\\_spray\\_drying](https://www.researchgate.net/publication/262447280_Establishing_of_the_conditions_of_the_blend_of_pulp_with_banana_Musa_paradisiaca_L_to_submit_spray_drying)

López, J., Vega-Gálvez, A., Torres, M., Lemus-Mondaca, R., Quispe-Fuentes, I., & De Scala, K. (31 de Mayo de 2013). *Effect of dehydration temperature on physico-chemical properties and antioxidant capacity of goldenberry (Physalis peruviana L.)*. Obtenido de SciELO Analytics: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392013000300013&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392013000300013&script=sci_arttext&tlng=en)

Luna-Guevara, M., & Delgado-Alvarado, A. (2014). *Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Obtenido de Avances en Investigación Agropecuaria: <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2014/enero/5.pdf>

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science and Technology* , 1–21.

Madriñan Palomino, C. E. (2010). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE Physalis peruviana L. DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3382/07505002.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina Villegas, G. A. (2006). *Determinación del potencial nutritivo y nutraceutico de dos ecotipos de uvilla (Physalis peruviana L.) y granadilla (Passiflora ligularis L.)*. (Tesis de Doctora). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas.

Meléndez-Martínez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (Junio de 2004). *Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos*. Obtenido de Archivos Latinoamericanos de Nutrición: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011)

Mendoza Ch, J. H., Rodríguez De S., A., & Millán C., P. (2012). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. *CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA UCHUVA (Physalis peruviana) EN LA REGIÓN DE SILVIA CAUCA*, 188 - 196.

- Mendoza-Corvis, F., Arteaga M., M., & Pérez S., O. (Junio de 2016). *Comportamiento de la vitamina C en un producto a base de lactosuero y pulpa de mango variedad Magdalena River (Mangífera Indica /.) durante el secado por aspersión*. Obtenido de Revista chilena de nutrición: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182016000200008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000200008)
- Mondragón, R., Julia, E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Cerámica y Vidrio ARTICULO DE REVISIÓN*, 159-168.
- Morcillo Ortega, G., Cortés Rubio, E., & García López, J. L. (2013). *Biotecnología y alimentación*. Editorial UNED.
- Moreno Miranda, C., Moreno Miranda, R., Pilamala Rosales, A. A., Molina Sánchez, J. I., & Cerda Mejía, L. (2019). *El sector hortofrutícola de Ecuador: Principales características sociales-productivas de la red agroalimentaria de la uvilla (Physalis peruviana)*. Obtenido de Ciencia y Agricultura (Cien. Agri.) vol. 16 (1): [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_agricultura/article/view/8809/7295](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/8809/7295)
- Morillo Coronado, A. C., Morillo Coronado, Y., & Gonzáles Castillo, J. A. (2018). CARACTERIZACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE UCHUVA (Physalis peruviana L.) EN BOYACÁ. *Scientific Electronic Library Online*.
- Muniz, J., Rufato, L., Pelizza, T. R., Kretzschmar, A. A., Rufato, A. D., & de Macedo, T. A. (11 de Julio de 2013). *General aspects of physalis cultivation*. Obtenido de SciELO Analytics: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782014005000006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782014005000006&script=sci_arttext)
- Mushagalusa Kasali, F., Tusiimire, J., Ntokamunda Kadima, J., Umba Tolo, C., Weisheit, A., & Ganafa Agaba, A. (2021). Ethnotherapeutic Uses and Phytochemical Composition of Physalis peruviana L.: An Overview. *The Scientific World Journal*, vol. 2021, 22 pages.
- Naidu, K. A. (2003). ¿La vitamina C en la salud humana y la enfermedad sigue siendo un misterio? Un resumen. *Diario de nutrición*, 2-7.
- Narváez-Cuenca, C. E., Mateus-Gómez, Á., & Restrepo-Sánchez, L. P. (19 de Marzo de 2014). *Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de uchuva ( Physalis peruviana L.)*

- secada al aire en diferentes estados de maduración*. Obtenido de Agronomía Colombiana: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652014000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652014000200010)
- National Research Council, P. a. (1989). *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. National Academies Press.
- Naturel, I. -I. (2003). *Physalis peruviana L.* Obtenido de INPN - Inventaire National du Patrimoine Naturel: [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/113329](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/113329)
- Nizama Mena, T. D. (2019). *CONTENIDO DE COMPUESTOS CAROTENOIDES Y DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DE Physalis peruviana L “AGUAYMANTO”*. Obtenido de ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36209/nizama\\_mt.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36209/nizama_mt.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Novoa, R., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana L.*). *Agronomía Colombiana*.
- Nunes, J., Lago, M., Castelo-Branco, V., Oliveira, F., Torres, A., Perrone, D., & Monteiro, M. (12 de Noviembre de 2015). *Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile*. Obtenido de Food Chemistry: <https://sci-hub.se/10.1016/j.foodchem.2015.11.050>
- Nursery, M. H. (2004). *PLANT INFORMATION*. Obtenido de Mountain Herbs Estate Nursery: <https://www.herbgarden.co.za/mountainherb/herbinfo.php?id=406>
- Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J., Ruiz-Cruz, S., Ibarra-Junquera, V., Pérez-Martínez, J. D., Guevara-Arauz, J. C., & Aguilar, C. N. (2013). TECNOLOGÍAS DE DESHIDRATACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Ciencias Biológicas y de la Salud*, 39-46 .
- Olivares-Tenorio, M. L., Verkerk, R., Boeke, M. A., & Dekker, M. (2017). *Thermal stability of phytochemicals, HMF and antioxidant activity in cape gooseberry (Physalis*

- peruviana* L.). Obtenido de Journal of Functional Foods: <https://scihub.se/10.1016/j.jff.2017.02.021>
- Oliveira, S., A. Gonçalves, F., R. Correia, P., & F. Guiné, R. (2016). Physical properties of *Physalis peruviana* L. *Open Agriculture*.
- Ordoñez, E. S., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Scientia Agropecuaria*, 175 – 183.
- Oswell, N. J., Amarowicz, R., & Pegg, R. B. (2019). Food and Nutritional Analysis / Fruits and Fruit Products. *Encyclopedia of Analytical Science (Third Edition)*, 428-435.
- P, J. (2014). *SOYBEAN RESEARCH*. Madhya Pradesh, India: ISSN 0973-1830 .
- Parker, C. (20 de Septiembre de 2012). *Physalis peruviana (Uchuva)*. Obtenido de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40713>
- Patiño Olivares, A. (2000). *Introducción a la ingeniería química: balances de masa y energía. Tomo I*. Santa Fe Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Pérez Leal, F. (2017). *FISIOLOGIA VEGETAL*. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026080L?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez Luna, J. C. (2017). *OBTENCIÓN DE POLVO DESHIDRATADO DE GUANÁBANA MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN*. Obtenido de Facultad de ingeniería química: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11562/1/T-UCE-0017-0027-2017.pdf>
- Phisut, N. (2012). *Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product* . Obtenido de International Food Research Journal: [http://ifrj.upm.edu.my/19%20\(04\)%202012/2%20IFRJ%2019%20\(04\)%202012%20Phisut%20\(006\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/19%20(04)%202012/2%20IFRJ%2019%20(04)%202012%20Phisut%20(006).pdf)

- Pinchao, Y. A., Osorio, O. P., & Ordoñez-Santos, L. P. (2016). Correlación del índice de madurez de uchuva (*Physalis peruviana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) con la concentración de carotenoides. *Vitae*, 260-263.
- Pinzón, E., Reyes, A., Alvarez, J., Leguizamo, M., & Joya, J. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 26 - 35.
- ProEcuador. (2014). Exportaciones de las principales frutas exóticas del Ecuador al mundo. *Análisis Sectorial de Frutas Exóticas*, 6-7.
- Proecuador. (31 de Enero de 2017). *Ecuador incrementa la exportación de uvilla deshidratada hacia Alemania en un 160%*. Obtenido de El Productor: <http://elproductor.com/noticias/ecuador-incrementa-la-exportacion-de-uvilla-deshidratada-hacia-alemania-en-un-160/>
- ProEcuador. (2018). *Evolución de las Exportaciones No Petroleras*. Obtenido de Banco Central del Ecuador: <https://www.proecuador.gob.ec/monitoreo-de-exportaciones/>
- Puente, L., Pinto-Muñoz, C., Castro, E., & Cortés, M. (28 de Septiembre de 2010). *Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit*. Obtenido de ELSEVIER: <http://cyber.sci-hub.tw/MTAuMTAxNi9qLmZvb2RyZXMuMjAxMC4wOS4wMzQ=/10.1016%40j.foodres.2010.09.034.pdf>
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S., & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review*. *Food Research International*, 1733–1740.
- Quek, S., Chok, N., & Swedlund, P. (Mayo de 2007). *The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders*. Obtenido de Chemical Engineering and Processing: Process Intensification: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270106002133>
- Química, I. (7 de Septiembre de 2020). *Qué son las cartas psicrométricas*. Obtenido de ingenieriaquimicareviews.com: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/09/cartas-psicrometricas.html>

- Rabie, M. A., Soliman, A. Z., Diaconeasa, Z. S., & Constantin, B. (31 de Julio de 2014). *Effect of Pasteurization and Shelf Life on the Physicochemical Properties of Physalis (Physalis peruviana L.) Juice*. Obtenido de ifst.onlinelibrary.wiley.com: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.12320>
- Ramadan, M. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International*, 1830-1836.
- Ramírez Navas, J. S. (2006). *Liofilización de alimentos*. Cali-Colombia: ReCitelA.
- Ré, M. I. (1998). MICROENCAPSULATION BY SPRAY DRYING. *Drying Technology: An International Journal*, 1195-1236.
- Reid , A., Renquist , R., & J. B. (1998). Quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit from four bloom dates in relation to optimal harvest timing. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 161-168.
- Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (Junio de 2008). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas*. Obtenido de Revista de la Sociedad Química del Perú: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1810-634x2008000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1810-634x2008000200004&script=sci_arttext)
- Repo, R. d., & Encina, Z. C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Sociedad Química del Perú*.
- Rodríguez Hernandez, G. R., González García, R., Grajales, A. L., Ruiz Cabrera, M. A., & Abud, M. A. (2007). Spray-Drying of Cactus Pear Juice ( *Opuntia streptacantha* ): efecto sobre las propiedades fisicoquímicas del polvo y el producto reconstituido. *Tecnología de secado*, 955-973.
- Rodríguez Ulloa, E. M., & Rodríguez Ulloa, S. L. (2007). Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Revista Médica Vallejana*, 43-53.

- Ruiz Gaitan, L. M., Castellanos Gonzáles, L., & Villamizar, C. J. (Abril de 2018). *Cultivo de la Uchuva (Physalis peruviana L)*. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/>: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/163/198>
- Saifullah, M., Islam Shishir, M., Ferdowsi, R., Tanver Rahman, M., & Van Vuong, Q. (2019). *Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review*. Obtenido de Trends in Food Science & Technology: <https://sci-hub.se/10.1016/j.tifs.2019.02.030>
- Santander-M, M., Osorio M, O., & Mejía-España, D. (2017). *Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado*. Obtenido de BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA Y DE ALIMENTOS: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v34n1/v34n1a07.pdf>
- Santiaguillo Hernández, J. F., Vargas Ponce, O., Grimaldo Juárez, O., Magaña Lira, N., Caro Velarde, F., Peña Lomelí, A., & Sánchez Martínez, J. (2012). Frutos en desarrollo de tomate de cáscara. En J. F. Santiaguillo Hernández, O. Vargas Ponce, O. Grimaldo Juárez, N. Magaña Lira, F. Caro Velarde, A. Peña Lomelí, & J. Sánchez Martínez, *Perfil de diagnóstico de la red tomate de cáscara* (pág. 48). Guadalajara, Jalisco, Mex.: Prometeo Editores S.A. de C.V.
- Sarmiento Rubiano, L. (2006). Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *ORINOQUIA - Universidad de los Llanos*, 1-5.
- Saucedo, J. C. (2017). *Termodinamica Termodinamica del aire y Psicrometría*. Obtenido de studocu.com: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-martin-peru/elementos-de-maquinas-ii/0000006-termodinamica-termodinamica-del-aire-y-psicrometria/7321040>
- Saura, F. C., & Goñi, I. (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 442–447.
- Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., & Battino, M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Basic nutritional investigation*, 207–213.

- Serna Cock, L., Torres León, C., & Ayala Aponte, A. (14 de Julio de 2014). *Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (Mangifera indica) como fuente de Ingredientes Funcionales*. Obtenido de Información Tecnológica: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art06.pdf>
- Shittu, T. A., & Lawal, M. O. (2007). Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry* , 91–98.
- Singh, P., & Heldman, D. (2009). *Introducción a la Ingeniería de los Alimentos*. Saragoza: ACRIBIA, S.A.
- Solagro. (2006). *Uvilla (Physalis peruviana)*. Obtenido de Solución para el agro: <http://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=uvilla>
- Solval , K. M., Sundararajan, S., Alfaro , L., & Sathive, S. (2012). Development of cantaloupe (Cucumis melo) juice powders using spray drying technology. *LWT - Food Science and Technology*, 287-293.
- Soto, C. A. (2010). *elibro.net*. Obtenido de Costos: Decisiones Empresariales: <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/69100>
- Souza, M., Santos, A., Converti, A., & Maciel, M. (29 de Enero de 2020). *Optimisation of umbu juice spray drying, and physicochemical, microbiological and sensory evaluation of atomised powder*. Obtenido de Journal of Microencapsulation: <https://sci-hub.se/10.1080/02652048.2020.1720031>
- Stahl , W., & Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Institute of Biochemistry and Molecular Biology*, 101-107.
- Stavra, K., Plati, F., Pavlidou, E., & Paraskevopoulou, A. (2022). Characterization of lemon juice powders produced by different drying techniques and carrier materials . *DRYING TECHNOLOGY*, 1923–1934.
- Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M., & Saari, N. (31 de January de 2012). *Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits*. Obtenido de Journals of medical plants research: <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-abstract/CEDEF6417282>

- Thuy, N., Phuong, N., Suong C., T., & Tai, N. (2020). Physical and chemical characteristics of goldenberry (*Physalis peruviana*) grown in Lam Dong province, Vietnam. *Department of Food Technology*, 1217 - 1225.
- 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*. Obtenido de Journal of Food Engineering: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029>
- Trincherro, G., Sozzi, G., Cerri, A., Vilella, F., & Frascina, A. (1999). Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology*, 139-145.
- Universidad Nacional del Santa. (24 de Diciembre de 2014). *Colorimetría en frutas*. Obtenido de slideshare.net: <https://es.slideshare.net/vegabner/colorimetra-en-manzana>
- Valdenegro, M., Fuentes, L., Herrera, R., & Moya-León, M. (Diciembre de 21 de 2011). *Changes in antioxidant capacity during development and ripening of goldenberry*. Obtenido de ELSEVIER: <http://cyber.sci-hub.tw/MTAuMTAxNi9qLnBvc3RoYXJ2YmlvLjIwMTEuMTIuMDIx/10.1016%40j.postharvbio.2011.12.021.pdf>
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Vitamina C. Actas Dermo-Sifiliográficas*, 97(9), 557–568.
- Valenciaga, D., & Chongo, B. (2004). La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 38, núm. 4, 343-350.
- Valero, C., & Ruiz Altisent, M. (1996). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Dpto de Ing. rural ETSIA UPM MADRID*, 1-6.
- Vega, A., Chacana, M., & Lemus, R. (2007). LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS DESHIDRATADOS Y LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DEL PROCESO. *Departamento de Ingeniería en Alimentos*, 6.

- Velásquez Barreto, F., Riveros, A., & Ruíz, A. (2018). *The use of encapsulating improves the retention of ascorbic acid in atomized Physalis peruviana L. juice: Study of retention and modeling of hygroscopic behavior*. Obtenido de scielo.org.pe: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000400009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000400009&script=sci_arttext)
- Velásquez-Barreto, F., Riveros, A., & Ruíz, A. (2011). El uso de encapsulantes mejora la retención de ácido ascórbico en zumo de *Physalis peruviana L.* atomizado: Estudio de retención y modelación del comportamiento higroscópico. *Scientia Agropecuaria*, 535-542.
- Vidović, S., Vladić, J., Vaštag, Ž., Zeković, Z., & Popović, L. (2014). Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in *Satureja montana* dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology*, 209–215.
- Vitale, A. A., Bernatene, E. A., & Pomilio, A. B. (2010). Carotenoides en quimioprevención: Licopeno. *Bioquímica Clínica*, 195-238.
- Waterhouse, G., Sun-Waterhouse, D., Su, G., Zhao, H., & Zhao, M. (30 de Enero de 2017). *Spray-Drying of Antioxidant-Rich Blueberry Waste Extracts; Interplay Between Waste Pretreatments and Spray-Drying Process*. Obtenido de Food Bioprocess Technol: <https://sci-hub.se/10.1007/s11947-017-1880-9>
- Whitson, M., & Manos, P. (2005). *Untangling Physalis (Solanaceae) from the Physaloids: A Two-Gene Phylogeny of the Physalinae*. Obtenido de BioOne: <https://sci-hub.se/10.1600/0363644053661841>
- Wojdylo, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (29 de Mayo de 2013). *Efecto del secado por convección y vacío-microondas sobre los compuestos bioactivos, el color y la capacidad antioxidante de las guindas*. Obtenido de link.springer.com: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-013-1130-8>
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana L.*). *Journal of Food Science and Technology*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-014-1280-3>

- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*.  
Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/30bd6d01d71970836dde19572ffb1bed/10.1007%40s13197-014-1280-3.pdf>
- Zamora S., J. (Marzo de 2007). *ANTIOXIDANTES: MICRONUTRIENTES EN LUCHA POR LA SALUD*. Obtenido de Revista chilena de nutrición:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000100002&script=sci\\_arttext&tlng=p](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000100002&script=sci_arttext&tlng=p)
- Zapata, K., Rojano, B., & Cortes, F. (2015). *Thermal effect of spray dried on the antioxidants of Banana Passion Fruit (Passiflora mollissima baley)*. Obtenido de scielo.conicyt.cl:  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642015000100009&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642015000100009&script=sci_arttext&tlng=e)
- Zapata, S., Piedrahita, A. M., & Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Escuela de Nutrición y Dietética\_PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA*, 25-36.
- Zerdin, K., Rooney, M., & Vermue, J. (18 de Noviembre de 2002). *The vitamin C content of orange juice packed in an oxygen scavenger material*. Obtenido de Food Chemistry:  
[file:///C:/Users/USER/Downloads/s0308-8146\(02\)00559-9.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/s0308-8146(02)00559-9.pdf)

## ANEXOS

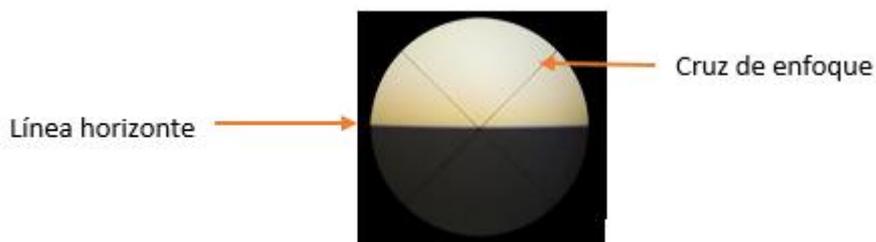
### 7.1. ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL FRUTO

#### 7.1.1. SÓLIDOS SOLUBLES

Para realizar la lectura de sólidos solubles se utilizará el método descrito por la AOAC Official Methods 932.12- (1990) con pequeñas modificaciones, en el que se procederá a calibrar el refractómetro digital con agua destilada, luego se colocará una gota de muestra (zumo de uvilla) en el refractómetro, se realizará la búsqueda de la línea horizonte que deberá centrarse en la cruz de enfoque como se muestra en la figura 38 para proceder a realizar la lectura, la cual se expresará en °Brix a una temperatura de 20°C, esta lectura se realizará por triplicado.

#### Figura 38

*Patrón de visión del refractómetro digital.*



#### 7.1.2. pH

Para realizar la medición de pH en el jugo de uvilla, se tomará como referencia el método 981.12 de la AOAC, (1990) en el que se colocará 50 ml de jugo de uvilla en un vaso de precipitación y se procederá a determinar el valor de pH, se medirá directamente mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) calibrado con un buffer de pH 2 y pH 7.

#### 7.1.3. ACIDEZ TITULABLE

Este análisis se realizará con referencia al método descrito por la AOAC 942.15- (1990). En el que se colocará 5 ml de muestra (jugo de uvilla) en un vaso de precipitación y se le

adicionará 50 ml de agua destilada, luego se añadirá 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Se procederá a titular la solución con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N hasta que tome un coloración rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína. Los resultados se expresarán en porcentaje (%) de ácido cítrico como se puede observar en la siguiente ecuación.

$$\%Acidez = \frac{fa * V * N * f}{Vo}$$

Donde:

fa: factor del ácido predominante (ácido cítrico = 0,064)

V: volumen de NaOH utilizado

N: normalidad de la solución de NaOH

f: factor del NaOH (0,9775)

Vo: volumen de la muestra.

## **7.2. ANEXO 2: EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES, $\beta$ -CAROTENOS Y VITAMINA C) EN ZUMO ATOMIZADO DE UVILLA.**

### **7.2.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Para determinar la capacidad antioxidante se realizará de acuerdo al método descrito por (Ordoñez, Leon-Arevalo, Rivera-Rojas, & Vargas, 2019).

#### **7.2.1.1. Preparación de la curva de calibración**

Se prepara una curva de calibración con una solución patrón, en el que se disolverá 50 mg de trolox en 100 ml de metanol, luego se realizará las siguientes diluciones que se muestran en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Curva estándar de trolox para ABTS.*

<b>Concentración (<math>\mu\text{mol}</math>)</b>	<b>Stock (ml)</b>	<b>Metanol (ml)</b>
200	0	10
300	0.25	10
400	1.47	10
500	2.93	10
600	4.40	10
700	5.85	10
800	7.82	10

Tomado de: Bernal, Vergara, Rojano, Yahia, & Maldonado, (2015)

Una vez realizada las disoluciones se procede a tomar 150  $\mu\text{l}$  de cada concentración más 2850  $\mu\text{l}$  de solución de trabajo ABTS y de dejará reposar durante 2 horas en oscuridad, una vez realizado esto se procederá a realizar la lectura a una absorbancia de 734 nm los cuales serán expresados en  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g de muestra.

Para la preparación de la solución patrón o de trabajo ABTS, se pesará 40,6 mg de ABTS aforados en 10 ml de agua destilada, luego se procederá a pesar 7 mg de persulfato de potasio aforados en 10 ml de agua destilada, una vez obtenidas las dos soluciones se procederá a mezclar y dejar reposar por 12 horas en la oscuridad obteniendo de esta manera la solución patrón o la solución de trabajo ABTS, del cual se tomará 1 ml al que se le adicionará 60 ml de metanol y se procederá a leer a 734 nm, hasta obtener una lectura de absorbancia de  $1.1 \pm 0.02$ .

#### **7.2.1.2. Preparación de la muestra**

Previo al análisis se liofilizará las muestras de uvilla en bandejas de aluminio, este proceso se aplicará con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos bioactivos presentes en la uvilla. El proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos: congelar el producto a  $-20^{\circ}\text{C}$  y secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida (Ramírez Navas, 2006).

La liofilización se realizará con el liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53). Al fin de este proceso la muestra se triturará y se almacenará en bolsas de papel kraft en el desecador hasta el análisis del compuesto antioxidante.

#### **7.2.1.3. Preparación del extracto**

Se procederá a pesar 0.5 g de muestra de uvilla liofilizada el cual se colocará en tubos de centrifugación y se añadirá 10 ml de metanol al 80 %, se homogenizará en un vortex durante 15 min y se dejará reposar por 24 horas en refrigeración, luego se procederá a centrifugar a 4000 rpm por 20 min, para finalmente obtener una primera extracción que se filtrará con papel Watman N° 4 y será almacenado en frascos ámbar en refrigeración.

#### **7.2.1.4. Determinación de capacidad antioxidante**

Se colocará 150 µl de cada extracto de las muestras de uvilla liofilizada en el que se les adicionará 2850 µl de solución de ABTS, se agitará vigorosamente y se mantendrá en obscuridad durante 2 horas, luego se procederá a realizar la lectura a una absorbancia de 734 nm. Los resultados se expresarán en µmol de Trolox (ET) /g de muestra.

### **7.2.2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE POLIFENOLES**

Para determinar el contenido de polifenoles totales se realizará en base al método de Folin-Ciocalteu descrito por Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, (2014).

#### **7.2.2.1. Preparación de la muestra**

Para preparar la muestra se procederá a colocar pulpa de uvilla congelada en bandejas de aluminio para luego proceder a colocarlas en el liofilizador, en donde Cortés, Herrera, & Rodríguez, (2015) “menciona que el proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos: congelar el producto a -20°C y secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida”. Luego, se procederá a moler el fruto y se lo almacenará en fundas de papel Kraft.

#### **7.2.2.2. Preparación del extracto**

Se procederá a pesar 0.5 g de muestra de uvilla liofilizada el cual se colocará en tubos de centrifugación y se añadirá 10 ml de metanol al 70 %, se homogenizará en un vortex durante 15 min y se dejará reposar por 24 horas en refrigeración, luego se procederá a centrifugar a 4000 rpm por 20 min, para finalmente obtener una primera extracción que se filtrará con papel Watman N° 4 y será almacenado en frascos ámbar en refrigeración.

### **7.2.2.3. Cuantificación de contenido de polifenoles**

Previo a la cuantificación del contenido de polifenoles totales se realizará la curva de calibración con ácido gálico. Luego, se colocará en tubos de ensayo 0.5 ml de en el que se le adicionará agua destilada, Folin-Ciocalteu y se mezclará en un vortex por 15 segundos, luego de 5min se añadirá carbonato de sodio y se agitará 10 segundos. La lectura de absorbancia se realizará en un Espectrofotómetro. Para la calibración de equipos se usará metanol. Los resultados se expresarán en miligramos equivalente de ácido gálico en 100 gramos de peso.

### **7.2.3. VITAMINA C**

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se menciona el método descrito por la AOAC 967.21- (1990) con algunas modificaciones, este método incluye titulación redox con el colorante 2,6-dichloroindophenol, durante el cual, la oxidación del ácido ascórbico va acompañada con reducción del indicador a su forma incolora.

#### **7.2.3.1. Preparación del extracto**

En el presente estudio los ensayos se realizarán en muestras de fruta que consistirán en epicarpio (piel) + pulpa de fruto. Se procederá a triturar el fruto con la finalidad de separar la semilla, de la pulpa y epicarpio, luego se pesará la muestra y se añadirá la solución de extracción compuesta por ácido metafosfórico y ácido acético. La solución se homogenizará en una agitadora magnética durante 30min, luego se filtrará y aforará con la solución de extracción en balones de 50 ml.

#### **7.2.3.2. Cuantificación del contenido de ácido ascórbico**

Previamente se titulará la solución estándar de Ácido Ascórbico (grado analítico) y el blanco de extracción, luego se evaluará el contenido de ácido ascórbico en 2 ml de extracto de la fruta (uvilla) fresca mediante la titulación con 2,6-dichloroindophenol hasta el cambio de color a rosa y este persista durante 15 segundos. Los resultados se expresarán en mg de ácido ascórbico equivalente por 100g de fruta, mediante la siguiente ecuación.

$$mg \text{ Ácido ascórbico} = (X - B) \times \left(\frac{F}{E}\right) \times \left(\frac{V}{Y}\right)$$

Donde:

X: ml de 2,6-dichloroindophenol a usar en la muestra

B: ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulación del blanco

F: mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de solución de 2,6-dichloroindophenol

E: peso de la muestra

V: volumen inicial de la solución ensayada

Y: volumen de la muestra tomada para el ensayo.

#### **7.2.4. DETERMINACIÓN DE $\beta$ -CAROTENOS**

##### **7.2.4.1. Determinación de la concentración de carotenos totales**

Las extracciones de carotenos y carotenoides totales se realizaron utilizando el método AOAC 970.64 con algunas modificaciones. Las muestras de 0,5 g de liofilizado se mezclaron con 10 mL de hexano /acetona /tolueno /etanol (10: 7: 7: 6, v / v / v / v), se agitó a 56 ° C durante 20 min, se enfrió con agua corriente, y se añadió 10 mL de 10% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, se agitó y se incubó en oscuridad hasta la separación de fases (aproximadamente 10 min). La fase superior se separó y se utilizó para la cuantificación de los carotenoides totales en espectrofotómetro a 450 nm (Beckman Coulter, DU-650, California). La concentración de carotenoides se determinó por curva de calibración utilizando  $\beta$ -Caroteno como sustancia patrón. Los resultados se expresaron como mg  $\beta$ -Caroteno / 100 g pulpa seca.

### **7.3. ANEXO 3: EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ZUMO ATOMIZADO DE UVILLA (POLVO REHIDRATADO)**

#### **7.3.1. INSTRUCCIONES**

Se procederá a realizar indicaciones que permitan al catador determinar de la mejor manera los parámetros a analizar, por ejemplo (para evaluar cada muestra, marque con una X en los atributos que crea que está correcto, en el que tendrá que utilizar los órganos de los sentidos como la vista, el olfato y el gusto, tomando en cuenta la siguiente información.

Para los análisis de:

COLOR: El color libre de impurezas con tendencia a un amarillo brillante.

**OLOR:** El zumo de uvilla rehidratado presenta un olor característico propio de la uvilla que es medianamente ácido y presenta un olor ligeramente a cocido, y a su vez hay que tomar en cuenta la uvilla es muy aromática.

**SABOR:** El zumo de uvilla rehidratado debe tener un sabor ligeramente ácido con cierta similitud al tamarindo, se recomienda que se tome en cuenta presencia de sabores que no correspondan al zumo de uvilla rehidratado, lo cual disminuiría su calidad.

ATRIBUTO	Muestras	Me gusta mucho	Me gusta	Me gusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta un poco	Me disgusta	Me disgusta mucho
COLOR	T1							
	T2							
	T3							
	T4							
ATRIBUTO	Muestras	Me gusta mucho	Me gusta	Me gusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta un poco	Me disgusta	Me disgusta mucho
OLOR	T1							
	T2							
	T3							
	T4							
ATRIBUTO	Muestras	Me gusta mucho	Me gusta	Me gusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta un poco	Me disgusta	Me disgusta mucho
SABOR	T1							
	T2							
	T3							
	T4							

## 7.4. ANEXO 4: ANÁLISIS FUNCIONAL TUKEY PARA TRATAMIENTOS Y DMS PARA FACTORES

### 7.4.1. POLIFENOLES

**Tabla 23**

*Análisis estadístico del contenido de polifenoles totales en producto atomizado (polvo).*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>	
Modelo	851,54	3	283,85	37,93	0,0001	
TRATAMIENTO	851,54	3	283,85	37,93	0,0001	**
FLUJO	179,41	1	179,41	23,98	0,0012	**
TEMPERATURA	669,61	1	669,61	89,49	0,0001	**
FLUJO*TEMPERATURA	2,52	1	2,52	0,34	0,5776	NS
Error	59,86	8	7,48			
Total	911,41	11				

**Tabla 24**

Prueba Tukey al 5% para el contenido de polifenoles en tratamientos

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
4	156,79	3	1,58	a
2	148,14	3	1,58	b
3	140,94	3	1,58	c
1	134,12	3	1,58	c

**Tabla 25**

*Prueba DMS para el factor flujo con relación al contenido de polifenoles*

<b>FLUJO</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
2	148,87	6	1,12	a
1	141,13	6	1,12	b

**Tabla 26**

*Prueba DMS para factor temperatura con relación al contenido de polifenoles.*

<b>TEMPERATURA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
2	152,47	6	1,12	a

1	137,53	6	1,12	b
---	--------	---	------	---

**Tabla 27**

*Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación al contenido de polifenoles.*

FLUJO	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	
2	2	156,79	3	1,58	a
1	2	148,14	3	1,58	b
2	1	140,94	3	1,58	c
1	1	134,12	3	1,58	c

#### 7.4.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

**Tabla 28**

*Análisis estadístico del contenido de capacidad antioxidante en producto atomizado.*

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor	
Modelo	7059,03	3	2353,01	415,7	0,0001	
TRATAMIENTO	7059,03	3	2353,01	415,7	0,0001	**
FLUJO	3317,69	1	3317,69	586,13	0,0001	**
TEMPERATURA	3616,09	1	3616,09	638,85	0,0001	**
FLUJO*TEMPERATURA	125,26	1	125,26	22,13	0,0015	**
Error	45,28	8	5,66			
Total	7104,32	11				

**Tabla 29**

*Prueba Tukey al 5% para capacidad antioxidante para tratamientos.*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	226,41	3	1,37	a
4	186,69	3	1,37	b
1	185,23	3	1,37	b
3	158,44	3	1,37	c

**Tabla 30***Prueba Tukey al 5% para el factor flujo con relación a la capacidad antioxidante*

FLUJO	Medias	n	E.E.	
1	205,82	6	0,97	a
2	172,57	6	0,97	b

**Tabla 31***Prueba Tukey al 5% para factor temperatura con relación a la capacidad antioxidante.*

TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	
2	206,55	6	0,97	a
1	171,83	6	0,97	b

**Tabla 32***Prueba Tukey al 5% para la interacción entre flujo y temperatura con relación a la capacidad antioxidante.*

FLUJO	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	
1	2	226,41	3	1,37	a
2	2	186,69	3	1,37	b
1	1	185,23	3	1,37	b
2	1	158,44	3	1,37	c

### 7.4.3. $\beta$ -CAROTENOS

**Tabla 33***Análisis estadístico del contenido de  $\beta$ -carotenos en producto en polvo*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	154285,1	3	51428,37	115,9	0,0001	
TRATAMIENTO	154285,1	3	51428,37	115,9	0,0001	**
FLUJO	124167,57	1	124167,57	279,83	0,0001	**
TEMPERATURA	25206,5	1	25206,5	56,81	0,0001	**
FLUJO*TEMPERATURA	4911,03	1	4911,03	11,07	0,0104	**
Error	3549,75	8	443,72			
Total	157834,85	11				

**Tabla 34***Prueba Tukey al 5% para  $\beta$ -carotenos.*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
4	457,71	3	12,16	a
3	325,59	3	12,16	b
2	213,81	3	12,16	c
1	162,61	3	12,16	c

**Tabla 35***Prueba Tukey al 5% para el factor flujo con relación al contenido de  $\beta$ -carotenos.*

FLUJO	Medias	n	E.E.	
2	391,65	6	8,6	a
1	188,21	6	8,6	b

**Tabla 36***Prueba DMS para factor temperatura con relación al contenido de  $\beta$ -carotenos.*

TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	
2	335,76	6	8,6	a
1	244,1	6	8,6	b

**Tabla 37***Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación al contenido de  $\beta$ -carotenos.*

FLUJO	TEMPERATURA	Medias	n	E.E.	
2	2	457,71	3	12,16	a
2	1	325,59	3	12,16	b
1	2	213,81	3	12,16	c
1	1	162,61	3	12,16	c

#### 7.4.4. VITAMINA C

**Tabla 38**

*Análisis estadístico del contenido de vitamina C en producto en polvo.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>	
TRATAMIENTO	1125.55	3	375.18	18.58	0.0006	**
FACTOR FLUJO (F)	906.02	1	906.02	44.87	0.0002	**
FACTOR TEMPERATURA (T)	140.84	1	140.84	6.97	0.0297	*
FLUJO*TEMPERATURA (F*T)	78.69	1	78.69	3.9	0.0838	NS
Error	161.54	8	20.19			
Total	1287.09	11				

**Tabla 39**

*Prueba Tukey al 5% para vitamina C.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
T3	134.13	3	2.59	a
T4	132.4	3	2.59	a b
T1	121.87	3	2.59	b
T2	109.9	3	2.59	c

**Tabla 40**

*Prueba DMS para el factor flujo con relación a la vitamina C*

<b>FLUJO</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
F2	133.26	6	1.83	a
F1	115.88	6	1.83	b

**Tabla 41**

*Prueba DMS para factor temperatura con relación a la vitamina C.*

<b>TEMPERATURA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
T1	128	6	1.83	a
T2	121.15	6	1.83	b

**Tabla 42**

*Prueba DMS para la interacción entre flujo y temperatura con relación a la vitamina C.*

<b>FLUJO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
F2	T1	134.13	3	2.59	a
F2	T2	132.4	3	2.59	a b
F1	T1	121.87	3	2.59	b
F1	T2	109.9	3	2.59	c

## **7.5. ANEXO 5: CÁLCULOS DEL BALANCE DE MASA Y ENERGÍA**

### **7.5.1. CÁLCULOS DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN**

Para los cálculos respectivos las fórmulas que se utilizan para la Ec:1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, son determinadas por Singh & Heldman, (2009), así como también para la Ec 2 expresada por Pérez, (2017), de igual manera para la Ec:3 establecida por (García Alva, 2012) y finalmente las Ec: 11 y 12 planteadas por (Jianing , Bankston, & Subramaniam , 2011).

#### **7.5.1.1. Balance de masa**

$$\text{Entra} = \text{Sale}$$

$$(\dot{m}f * wf) + (\dot{m}a_1 * Wa_1) = (\dot{m}p * wp) + (\dot{m}a_2 * Wa_2) \quad (\text{Ec.1})$$

$\dot{m}f$  = flujo másico de uvilla

$\dot{m}a$  = flujo másico del aire

$\dot{m}p$  = flujo másico del polvo

$wf$  = humedad de la uvilla

$Wa$  = humedad del aire

$wp$  = humedad del polvo

Datos del higrómetro

$T^{\circ}bs = 36^{\circ}C$  } se usa tabla

$T^{\circ}bh = 22^{\circ}C$                       psicrométrica

Obteniendo:  $Wa1 = 0.0162kg H_2O/ kg as$

### **Cálculo de la temperatura media logarítmica**

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}\right)} \quad (Ec. 2)$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(180 - 45) - (60 - 45)}{\ln\left(\frac{180 - 45}{60 - 45}\right)}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(135) - (15)}{\ln\left(\frac{135}{15}\right)} \implies \Delta T_{ml} = \frac{120}{2.19} \implies \Delta T_{ml} = 54.79^{\circ}C$$

Eficiencia global del secado

$$n_{global} = \left[ \frac{(T1 - T2)}{(T1 - T_o)} \right] \quad (Ec. 3)$$

$$n_{global} = \left[ \frac{(180 - 60)}{(180 - 36)} \right]$$

$$n_{global} = \left[ \frac{(120)}{(144)} \right] \implies n_{global} = 0.83 \implies n_{global} = 83\%$$

Cálculo de la humedad del aire a la salida

$$Wa2 = 0.622 \frac{P_w}{PB - P_w} \quad (Ec. 4)$$

$$P_w = p_{wb} - \frac{(PB - p_{wb})(T_a - T_w)}{1555.56 - 0.722T_w} \quad (Ec. 5)$$

$P_w$  = presión parcial del vapor de agua (KPa)

$PB$  = presión barométrica de Ibarra = 78.53 (KPa)

$p_{wb}$  = es la presión de saturación del vapor de agua = 15.626 (KPa) tabla A-4

$T_a$  = temperatura de bulbo seco = (60°C)

$T_w$  = temperatura de bulbo húmedo = (54.79°C)

Se utiliza la Ec.5 para el cálculo de la presión parcial del aire y la humedad de aire de salida Ec.4.

$$P_w = 15.626 - \frac{(78.53 - 15.626)(60 - 54.79)}{1555.56 - 0.722(54.79)}$$

$$P_w = 15.626 - \frac{(62.904)(5.21)}{1555.56 - 39.55}$$

$$P_w = 15.626 - \frac{327.75}{1516.01}$$

$$P_w = 15.626 - 0.2161$$

$$P_w = 15.40 \text{ KPa}$$

$$W_{a2} = 0.622 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kg AS}} * \frac{15.40 \text{ KPa}}{(78.53 - 15.40) \text{ KPa}}$$

$$W_{a2} = 0.622 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kg AS}} * \frac{15.40}{63.13}$$

$$W_{a2} = 0.622 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kg AS}} * 0.2439$$

$$W_{a2} = 0.151 \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kg AS}}$$

Remplazo de datos en Ec.1 para obtención de flujo másico del aire a la entrada

$$\dot{m}f * wf + \dot{m}a * Wa_1 = \dot{m}p * wp + \dot{m}a * Wa_2$$

$$\dot{m}a * Wa_2 - \dot{m}a * Wa_1 = \dot{m}f * wf - \dot{m}p * wp$$

$$\dot{m}a(Wa_2 - Wa_1) = \dot{m}f * wf - \dot{m}p * wp$$

$$\dot{m}a = \frac{\dot{m}f * wf - \dot{m}p * wp}{(Wa_2 - Wa_1)}$$

$$\dot{m}a = \frac{\left(2.88 \frac{kg}{h} * 1.5 \frac{kg H2O}{kg SS}\right) - \left(0.6 \frac{kg}{h} * 0.031 \frac{kg H2O}{kg SS}\right)}{(0.151 - 0.0162) \frac{kg H2O}{kg AS}}$$

$$\dot{m}a = \frac{\left(4.32 \frac{kg}{h} \frac{kg H2O}{kg SS}\right) - \left(0.018 \frac{kg}{h} \frac{kg H2O}{kg SS}\right)}{0.1348 \frac{kg H2O}{kg AS}}$$

$$\dot{m}a = \frac{\left(4.302 \frac{kg}{h} * \frac{kg H2O}{kg AS}\right)}{0.1348 \frac{kg H2O}{kg AS}} \Rightarrow \dot{m}a = 31.91 \frac{kg}{h}$$

### 7.5.1.2. Balance de energía

$$Entra = Sale$$

$$(\dot{m}f * Hf) + (\dot{m}a * Ha_1) = (\dot{m}p * Hp) + (\dot{m}a * Ha_2) + QL \quad (Ec.6)$$

$\dot{m}$  = flujo másico

H = entalpía

QL= pérdidas de calor

- $\dot{m}a$  = flujo másico del aire 31.91 kg/h
- $\dot{m}f$  y  $\dot{m}p$  = flujo másico de uvilla inicial y final = 2.88 kg/h y 0.6 kg/h
- $Hf$  y  $Hp$  = entalpía de uvilla inicial y final = 450 kJ/kg y 54.37 kJ/kg
- $Ha_1$  y  $Ha_2$  = entalpía del aire inicial y final = 549.61 kJ/kg y 267.74 kJ/kg

Obtención de entalpías para producto y aire

Entalpía del aire

$$Ha = Cs(Ta - To) + WH_L \quad (\text{Ec.7})$$

Cs = calor húmedo del aire

Ta = temperatura del aire

To = temperatura de referencia, generalmente 0°C

H<sub>L</sub> = calor latente de vaporización del agua

W = humedad del aire

Para obtención de calor latente de vaporización se utilizó:

Tabla A-4 a 36°C = 2415.38 kJ/kg para Ha1

Tabla A-4 a (54.79 + 60) °C= 114.79°C = 2216.56 kJ/kg para Ha2

Interpolación

T°	H <sub>L</sub>	T°	H <sub>L</sub>
35	2417.9	110	2229.7
<b>36</b>	<b>x = 2415.38</b>	<b>114.79</b>	<b>x= 2216.56</b>
40	2406.0	115	2216.0

Entalpía del producto

$$Hp = Cp(Tp - To) + wp \cdot Cpw(Tp - To) \quad (\text{Ec. 8})$$

Hp = entalpía del producto

Cpp = calor específico del producto (KJ/kg\*°C)

Tp = temperatura del producto

Cpw = calor específico del agua = 4.18 (KJ/kg\*°C)

wp = humedad del producto

Calor específico del aire y del producto

$$C_s = 1.005 + 1.88W \quad (\text{Ec.9})$$

$C_s$  = calor húmedo (kJ/kg\*K)

$W$  = humedad (kg H<sub>2</sub>O/kg as)

Calor específico del aire a la entrada

$$C_s = 1.005 + 1.88(0.0162)$$

$$C_s = 1.005 + 0.030$$

$$C_s = 1.035 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Calor específico del aire a la salida

$$C_s = 1.005 + 1.88(0.151)$$

$$C_s = 1.005 + 0.283$$

$$C_s = 1.288 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Calor específico del alimento

$$C_p = 0.837 + 3.349X_w \quad (\text{Ec.10})$$

$C_p$  = calor específico del producto

$X_w$  = contenido de agua expresada como fracción

Calor específico de la alimentación

$$C_{pf} = 0.837 + 3.349(0.864)$$

$$C_{pf} = 3.73 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}}$$

Calor específico del polvo

$$C_{pp} = 0.837 + 3.349 (0.009)$$

$$C_{pp} = 0.867 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Remplazando en Ec.7 para entalpía del aire

$$Ha_1 = 1.035(36 - 0) + (0.151 * 2415.38)$$

$$Ha_1 = 186.3 \frac{kJ}{kg} + 364.72 \frac{kJ}{kg}$$

$$Ha_1 = 551.02 \frac{kJ}{kg}$$

$$Ha_2 = 1.288(180 - 0) + (0.0162 * 2216.56)$$

$$Ha_2 = 231.84 \frac{kJ}{kg} + 35.90 \frac{kJ}{kg}$$

$$Ha_2 = 267.74 \frac{kJ}{kg}$$

Remplazo de datos en Ec.8 para entalpía del producto

$$Hf = 3.73 \frac{kJ}{kg \cdot K} (45^\circ C) + 1.5 * 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot K} (45^\circ C)$$

$$Hf = 167.85 \frac{kJ}{kg} + 282.15 \frac{kJ}{kg}$$

$$Hf = 450 \frac{kJ}{kg}$$

$$Hp = 0.867 \frac{kJ}{kg \cdot K} * (54.79^\circ C) + 0.031 * 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot K} * (54.79^\circ C)$$

$$Hp = 47.50 \frac{kJ}{kg} + 6.87 \frac{kJ}{kg}$$

$$Hp = 54.37 \frac{kJ}{kg}$$

Despejo y Remplazo los datos en la ecuación Ec.6 para obtención de pérdidas de calor

$$\dot{m}f * Hf + \dot{m}a * Ha_1 = \dot{m}p * Hp + \dot{m}a * Ha_2 + QL$$

$$QL = \dot{m}f * Hf + \dot{m}a * Ha_1 - \dot{m}p * Hp - \dot{m}a * Ha_2$$

$$QL = \left(2.88 \frac{kg}{h} * 450 \frac{kJ}{kg}\right) + \left(31.91 \frac{kg}{h} * 551.02 \frac{kJ}{kg}\right) - \left(0.6 \frac{kg}{h} * 54.37 \frac{kJ}{kg}\right) - \left(31.91 \frac{kg}{h} * 267.74 \frac{kJ}{kg}\right)$$

$$QL = \left(1296 \frac{kJ}{h}\right) + \left(17583.04 \frac{kJ}{h}\right) - \left(32.62 \frac{kJ}{h}\right) - \left(8543.58 \frac{kJ}{h}\right)$$

$$QL = 10302.84 \frac{kJ}{h} * 0.5 h$$

$$QL = 5151.42 kJ$$

Tasa de evaporación

$$Eva = \dot{m}aWa2 - \dot{m}aWa1 \quad (\text{Ec.11})$$

$$Eva = 31.91 \frac{kg}{h} (0.151 - 0.0162)$$

$$Eva = 27.40 \frac{kg}{h} (0.1348)$$

$$Eva = 4.30 \frac{kg}{h}$$

$$Evp = \dot{m}fwf - \dot{m}pwp - \dot{m}PwP \quad (\text{Ec.12})$$

$$Evp = (2.88 * 1.5) \frac{kg}{h} - (0.6 * 0.031) \frac{kg}{h} - (2.28 * 0.031) \frac{kg}{h}$$

$$Evp = 4.32 \frac{kg}{h} - 0.0186 \frac{kg}{h} - 0.0706 \frac{kg}{h}$$

$$Evp = 4.23 \frac{kg}{h}$$

Cálculo del costo de consumo de energía

$$\text{costo} = 10302.84 \frac{kJ}{h} \left(\frac{1h}{3600s}\right)$$

$$\text{costo} = 2.86kW * 0.5h$$

$$\text{costo} = 1.43 Wh * 0.17ctvs$$

$$\text{costo} = 0.24 ctvs$$

## 7.5.2. CÁLCULOS DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN

Masa y flujo másico de uvilla

Densidad del jugo de uvilla = (1.046 kg/L)

Tiempo de evaporación = 30 min

Cantidad de jugo = 4 L

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho \cdot v$$

$$m = 1.046 \frac{kg}{L} * 4L$$

$$m = 4.184 kg$$

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

$$\dot{m} = \frac{4.184 kg}{30 min}$$

$$\dot{m} = \frac{4.184 kg}{30 min} \left( \frac{60 min}{1 h} \right) = 8.36 \frac{kg}{h}$$

Parámetros obtenidos

Presión del vapor = 10 KPa

Temperatura de ebullición del jugo T1 = 53°C

Temperatura a la que entra el jugo Tf = 22 °C

### 7.5.2.1. Balance de masa

$$\dot{m}f = \dot{m}p + \dot{m}v \quad (\text{Ec.13})$$

$$\dot{m}fXf = \dot{m}pXp + \dot{m}vXv \quad (\text{Ec.13.1})$$

$\dot{m}f$  = flujo másico de la alimentación (jugo)

$\dot{m}p$  = flujo másico del concentrado

$\dot{m}v$  = flujo másico del evaporado

$Xf$  = fracción de sólidos de la alimentación

$Xp$  = fracción de sólidos del concentrado

$Xv$  = fracción de sólidos del evaporado

Flujo másico del concentrado remplazo de datos en Ec.13.1

$$\dot{m}fXf = \dot{m}pXp$$

$$\dot{m}p = \frac{\dot{m}f \cdot Xf}{Xp}$$

$$\dot{m}p = \frac{8.36 \frac{kg}{h} \cdot 0.138}{0.36}$$

$$\dot{m}p = 3.20 \frac{kg}{h}$$

Flujo másico del evaporado, despeje y reemplazo en Ec.13

$$\dot{m}v = \dot{m}f - \dot{m}p$$

$$\dot{m}v = 8.36 - 3.20$$

$$\dot{m}v = 5.16 \frac{kg}{h}$$

#### 7.5.2.2. Balance de energía

$$Entra = Sale$$

$$\dot{m}SHvs + \dot{m}fHf = \dot{m}pHp + \dot{m}SHcs + \dot{m}vHv \quad (Ec.14)$$

$\dot{m}_s$  = flujo másico del vapor = kg/h

$H_{vs}$  = entalpía del vapor = kJ/kg

$\dot{m}_f$  = flujo másico de la alimentación = kg/h

$H_f$  = entalpía de la alimentación = kJ/kg

$\dot{m}_p$  = flujo másico del concentrado = kg/h

$H_p$  = entalpía del concentrado = kJ/kg

$H_{cs}$  = entalpía del condensado = kJ/kg

$\dot{m}_v$  = flujo másico del evaporado = kg/h

$H_v$  = entalpía del evaporado = kJ/kg

Calor específico para la alimentación y el concentrado, Ec:10

Alimentación

$$C_{pf} = 0.837 + 3.349X_w$$

$$C_{pf} = 0.837 + 3.349(3.60)$$

$$C_{pf} = 12.893 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Concentrado

$$C_{pp} = 0.837 + 3.349X_w$$

$$C_{pp} = 0.837 + 3.349(0.92)$$

$$C_{pp} = 3.917 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Obtención de entalpías

Para 10Kpa

$$T^{\circ} = 45.81 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_v = 2392.1 \text{ kJ/kg}$$

$$H_{vs} = 2583.9 \text{ kJ/kg}$$

$$H_{cs} = 191.81 \text{ kJ/kg}$$

Para alimentación

Para concentrado

$$H_f = C_{pf}(T_f - 0^{\circ}\text{C})$$

$$H_p = C_{pp}(T_1 - 0^{\circ}\text{C})$$

$$H_f = 12.893(22^{\circ}\text{C})$$

$$H_p = 3.917(53^{\circ}\text{C})$$

$$H_f = 283.64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$H_p = 207.60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Despejo y remplazo datos en Ec.14, para obtención de flujo másico del vapor

$$\dot{m}_s H_{vs} + \dot{m}_f H_f = \dot{m}_p H_p + \dot{m}_s H_{cs} + \dot{m}_v H_v$$

$$\dot{m}_s H_{vs} - \dot{m}_s H_{cs} = \dot{m}_p H_p + \dot{m}_v H_v - \dot{m}_f H_f$$

$$\dot{m}_s (H_{vs} - H_{cs}) = \dot{m}_p H_p + \dot{m}_v H_v - \dot{m}_f H_f$$

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{m}_p H_p + \dot{m}_v H_v - \dot{m}_f H_f}{(H_{vs} - H_{cs})}$$

$$\dot{m}_s = \frac{\left(3.20 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 207.60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) + \left(5.16 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 2392.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) - \left(8.36 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 283.64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)}{\left(2583.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 191.81 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)}$$

$$\dot{m}_s = \frac{\left(664.32 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right) + \left(12343.23 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right) - \left(2370.14 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}\right)}{\left(2392.09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)}$$

$$\dot{m}_s = \frac{10637.41 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2392.09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \Rightarrow$$

$$\dot{m}_s = 4.44 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Economía del vapor

$$Ev = \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_s}$$

(Ec. 15)

$$Ev = \frac{5.16}{4.44}$$

$$Ev = 1.16$$

Calor transferido

$$q = \dot{m}s(Hvs - Hcs) \quad (\text{Ec.16})$$

$$q = 4.44 \frac{kg}{h} (2583.9 - 191.81) \frac{kJ}{kg}$$

$$q = 10620.87 \frac{kJ}{h} * 0.5h$$

$$q = 5310.43kJ$$

Costo de energía consumida

$$costo = 10620.87 \frac{kJ}{h} * \frac{1h}{3600s}$$

$$costo = 2.95 kW * 0.5h$$

$$costo = 1.47 kWh * 0.17 ctvs$$

$$costo = 0.25 ctvs$$

## 7.6. ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA ACEPTABILIDAD SENSORIAL

### 7.6.1. ANÁLISIS DE COLOR

#### 7.6.1.1. Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica

**Tabla 43**

*Nivel de significancia para escala hedónica de color.*

ESCALA HEDÓNICA	Suma	Media			
MGP	23.50	5.88	a		
MG	22.50	5.63	a	b	
MGM	18.00	4.50	a	b	c
NGND	15.50	3.88	a	b	c
MDP	13.50	3.38		b	c
MD	10.50	2.63			c
MDM	8.50	2.13			c

#### 7.6.1.2. Análisis estadístico de Friedman para tratamientos

**Tabla 44**

*Nivel de significancia para tratamientos en análisis de color.*

TRATAMIENTO	Suma	Media	
T3	19.50	2.79	a
T1	18.00	2.57	a
T2	17.50	2.50	a
T4	15.00	2.14	a

### 7.6.2. ANÁLISIS DE OLOR

#### 7.6.2.1. Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica

**Tabla 45**

*Nivel de significancia para escala hedónica de olor.*

ESCALA HEDÓNICA	Suma	Media	
MGP	24.00	6.00	a
MGM	22.00	5.50	a

MG	21.50	5.38	a			
NGND	16.00	4.00	a	b	c	
MDP	12.50	3.13		b	c	d
MD	10.50	2.63			c	d
MDM	5.50	1.38				d

### 7.6.2.2. Análisis estadístico de Friedman para tratamientos

**Tabla 46**

*Nivel de significancia para tratamientos de análisis de olor.*

TRATAMIENTO	Suma	Media	
T1	18.50	2.64	a
T4	18.00	2.57	a
T3	17.50	2.50	a
T2	16.00	2.29	a

### 7.6.3. ANÁLISIS DE SABOR

#### 7.6.3.1. Análisis estadístico de Friedman para escala hedónica

**Tabla 47**

*Nivel de significancia para escala hedónica de sabor.*

ESCALA HEDÓNICA	Suma	Media				
MGP	25.50	6.38	a			
MGM	25.00	6.25	a			
MG	19.50	4.88	a	b		
NGND	15.50	3.88		b	c	
MDP	12.00	3.00			c	d e
MD	8.00	2.00				d e
MDM	6.50	1.63				e

### 7.6.3.2. Análisis estadístico de Friedman para tratamientos

**Tabla 48**

*Nivel de significancia para tratamientos de análisis de sabor.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>	
T3	18.50	2.64	a
T1	17.50	2.50	a
T2	17.50	2.50	a
T4	16.50	2.36	a