

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.1 ANTECEDENTES

Los orejones “son trozos de durazno deshidratado sin carozo, cuyas propiedades organolépticas están en función de la tecnología aplicada” (Espinoza y Vega, 2009). Estos productos son nutritivos, prácticos, portátiles, ricos en vitaminas, minerales, fibras y proteínas que benefician el cuerpo manteniendo al organismo saludable. Además, poseen ventajas técnico-económicas sobre las frutas frescas, son de calidad similar, tienen mayor vida útil (consecuentemente disponibilidad durante todo el año), al mismo tiempo que ofrece la posibilidad de desarrollar nuevos productos de acuerdo con la tecnología utilizada y/o componentes agregados.

Según la revista pro/CHILE, 2010., los países con mayor producción mundial de durazno deshidratado son: China, España, Estados Unidos, Italia, entre otros, aunque no se dispone de datos en volúmenes, China vende alrededor de 25 222 809 de dólares en durazno deshidratado, le sigue España con 6.87 millones de dólares, EE.UU. 2.24 millones de dólares, Italia 1.4 millones de dólares, considerando que esos datos son sólo de exportación.

En cuanto a Bolivia la producción de durazno deshidratado no se ha quedado atrás, dado que el precio de los últimos siete años se ha incrementado en un 150 %, los volúmenes que se consumen a nivel nacional superan las **1500 toneladas**, según el Servicios de Información de Mercados Agropecuarios y la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles (SIMA, FDTA de los Valles, 2010). En el año 2015, de acuerdo a los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), el consumo de durazno deshidratado en Bolivia estuvo por encima de las **1600 toneladas**. Tarija está entre los principales proveedores al país: Paicho y Tomayapo, entre otros, encabezan la lista de las regiones productoras de durazno deshidratado “elaboración artesanal” (Hinojosa, 2014).

Entre las empresas que se dedican a obtener orejones de durazno en Bolivia están: Titos Productos Naturales S.R.L. fundada en 1995 (La Paz), Marc a Armador, Fraccionadora

de productos (La Paz) y "IBL Industria Boliviana de Liofilización S.R.L." fundada el 2010 en (Santa Cruz): de los cuales, la primera y la segunda empresa producen durazno descarozado (orejones) para mocochinchi (refresco típico de la gastronomía Boliviana, IBL produce durazno liofilizado (orejones) para consumo directo.

- ***El durazno flordaking***

Es la variedad de durazno a usar en el proyecto de investigación, fue creada en el año 1978 en los Estados Unidos; se realiza por su buen rendimiento, color atractivo y buen sabor, cuyo cultivo es apto principalmente para lugares subtropicales, los primeros durazneros que llegaron al continente sudamericano fueron en la década de los 90 a países como Argentina, Uruguay y Brasil (Soria y Pisano, 2005).

- ***El durazno en Bolivia***

El duraznero en Bolivia tiene más de 300 años de historia, las variedades actuales se diferencian de las primeras traídas de España por ser genéticamente mejoradas, la finalidad principal ha sido mejorar la producción nacional, entre los duraznos que más destacan, está el Florida Red y el Gumucio Reyes (Saavedra R, 1996).

Según el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT, 2015). Bolivia produce:

**Tabla I-1. Durazno en Bolivia 2014-2015.**

<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
6 539	41 168	6 246

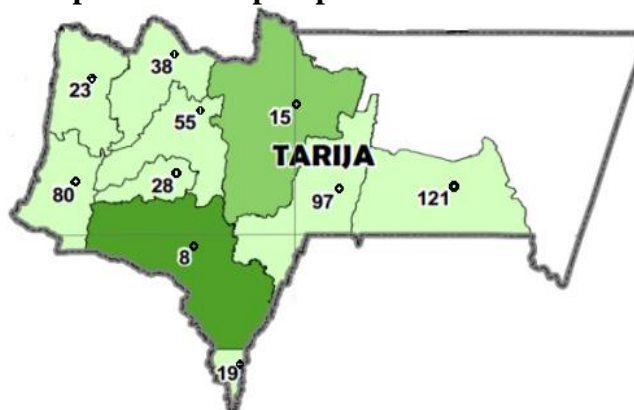
Fuente: MDRyT, 2015.

La tabla I-1, muestra la cuantía en promedio de las recolectas 2014-2015 de durazno entre las cuales destaca: la superficie cultivada en hectáreas (ha), la cantidad de producción en toneladas (t) y el rendimiento productivo.

En cuanto al departamento de **Tarija**, el cultivo de duraznero está entre uno de los más importantes a nivel nacional, se expande en los 10 municipios de los 11., ver figura 1-1. **Bermejo** es uno de sus municipios ubicado al sur del departamento, es una región subtropical cuyos cultivos de duraznero son principalmente de la variedad flordaking, la expansión de esta variedad se dio gracias al apoyo técnico - profesional del SEDAG,

así como de la Subgobernación del departamento desde principios del año 2008 en adelante (Vilca, 2019).

**Figura 1-1. Mapa de Municipios productores de durazno en Tarija**



Fuente: INE, CNA 2013.

La figura 1-1, ilustra el mapa de los municipios productores de durazno en Tarija con un color verde oscuro más intenso para los de mayor producción y viceversa para los de menor producción, enumerados de acuerdo a la posición de producción que ocupan dentro del Rankin nacional. Ver la siguiente tabla I-2.

**Tabla I-2. Municipios productores de durazno en Tarija**

Posición	Municipio	Rango de producción del Duraznos en (t)
8°	Padcaya	442-886
15°	Entre Ríos	162-441
19°	Bermejo	0-161
23°	El Puente	0-161
28°	Uriondo	0-161
38°	San Lorenzo	0-161
55°	Tarija	0-161
80°	Yunchará	0-161
97°	Caraparí	0-161
121°	Yacuiba	0-161

Fuente: INE, CNA 2013.

La tabla I-2, muestra la posición que ocupan los municipios productores de durazno en Tarija a nivel nacional y su rango productivo (mínimo - máximo).

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Elaborar Orejones de durazno de la variedad flordaking cultivados en el municipio de Bermejo (Tarija) mediante deshidratación por ósmosis y secado térmico.

### **1.2.2 Objetivo específicos**

- Caracterizar la materia prima: durazno (variedad flordaking) cultivados en el municipio de Bermejo (Tarija) para la elaboración de Orejones de durazno.
- Ejecutar la Fase Experimental del Proceso Tecnológico de elaboración de Orejones de durazno mediante deshidratación por ósmosis y secado térmico.
- Caracterizar el producto obtenido orejones de durazno (variedad flordaking): tomando en cuenta características fisicoquímicas, así como las propiedades organolépticas del producto.
- Determinar el rendimiento, la eficiencia del Proceso Tecnológico Experimental y evaluar los resultados obtenidos de la elaboración de Orejones de durazno (variedad flordaking).

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Justificación tecnológica**

El proyecto de investigación surge con la finalidad de aprovechar la producción excedente de durazno en el municipio de Bermejo, mediante la obtención de orejones de durazno por ósmosis y secado térmico, dado que este método se ajusta perfectamente a las condiciones de la región tanto económica, productiva y en calidad: es decir se caracteriza por el rendimiento elevado en la extracción de agua, así como la conservación al máximo de las propiedades nutricionales y organolépticas del producto. Además de cumplir otras funciones como la inserción de sólidos deseables al alimento, la rapidez de secado o la capacidad de producción en masa.

### **1.3.2 Justificación económica**

La industrialización del durazno por ósmosis y secado convectivo, tiene un enfoque de potenciar el desarrollo económico de los productores en la región, así como la priorización de la calidad del producto para el mercado, que permita competir, generar ganancias y desplazar del mercado a otros proveedores del país como del extranjero, además de generar una expectativa de crecimiento productivo en Bermejo.

### **1.3.3 Justificación social**

El proyecto planifica generar más empleos en la región, más movimiento económico, mejores condiciones de vida para las personas, así como la creación alterna de un menú alimenticio, como son los orejones de durazno, producto saludable, nutritivo, diferente a los alimentos tradicionales como ejemplo “las comidas rápidas”.

### **1.3.4 Justificación ambiental**

La proyección de obtención de orejones de durazno en la región Bermejo tiene una visión adaptable a sus condiciones ambientales, ya que los contaminantes generados no presentan peligro a la naturaleza, porque son sustancias que se pueden controlar fácilmente mediante métodos de neutralización o reutilización bajo una adecuada planificación medioambiental. Además, el proyecto tendrá un efecto positivo en la zona al reducir la contaminación por descomposición de frutas, así como la proliferación de vectores fruteros.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 PRODUCTO: OREJONES DE DURAZNO

Los orejones de durazno procesados mediante el deshidratado osmótico-térmico: Mantienen sus propiedades nutricionales al máximo como vitaminas, minerales, fibras, carbohidratos, carotenos, antioxidantes, casi intactos y concentrados, en cuanto a sus propiedades organolépticas como el color, sabor, aroma, son idénticos a la de un durazno fresco; su textura es suave, manipulable, no adquiere un sabor a cocido ni aspecto poco natural, es un producto blando de fácil rehidratación. Ver figura 2-1.

**Figura 2-1. Orejones de durazno**



Fuente: Espinoza y Vega, 2009.

### 2.1.1 Importancia de los orejones de durazno

Además de poseer **propiedades propias del durazno fresco**, este producto constituye una fuente por excelencia en fibras solubles e insolubles lo que le confiere propiedades saludables para mejorar el tránsito intestinal, regula y mejora el sistema nervioso, es rico en beta-caroteno que se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita el cual es esencial para la vista, piel, cabello, huesos y el buen funcionamiento del sistema inmunológico (Espinoza y Vega, 2009). Ver tabla II-1.

**Tabla II-1. Composición por 100 g de porción comestible**



Componentes	Unidad	Contenido
Calorías	cal	219.5
Hidratos de carbono	g	53
Proteínas	g	3.4
Fibra	g	7.3
Potasio	mg	1100
Hierro	mg	6.8
Magnesio	mg	54
Calcio	mg	36
Niacina	mg	5.3
Pro vitamina A	mg	74.2

Fuente: Espinoza y Vega, 2009.

### 2.1.2 Uso de los orejones de durazno

Los orejones de durazno se combinan muy bien con los cereales para el desayuno contribuyendo vitaminas, minerales y fibras que puede resultar alternativa interesante para personas de todas las edades. Por ser fácil de masticar, se puede consumir sin rehidratar directamente como snack, como rellenos de caramelos y bombones en confitería, productos de pastelería que usan fruta confitada como trozos pequeños en helados ya que no se cristaliza ni endurece como hielo a temperaturas bajo cero.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA “DURAZNO”

### 2.2.1 Taxonomía del durazno

Origen: China.

Familia: Rosácea E.

Género: Prunus.

Especie: *Prunus pérsica* (L.) Batsch.

### 2.2.2 Morfología del durazno

Es un árbol caducifolio, con tamaño medio de (4 a 10 metros de altura), sus máximos rendimientos de producción va desde los (3-4) a (15-20) años, según sea el manejo que reciba la planta; el tronco es delgado, de corteza color gris con lenticelas (protuberancias) dispuestas de forma horizontal, con hojas de color verde oscuro

alargadas, más anchas en medio y ligeramente dobladas hacia la nervadura central, con los bordes un poco aserrados, y una extensión de sus ramas que alcanzan alrededor de 15 metros cuadrados de copa (Valdez, 2016; BioEnciclopedia, 2018). Ver figura 2-2.

**Figura 2-2. Planta de durazno (también llamada duraznero)**

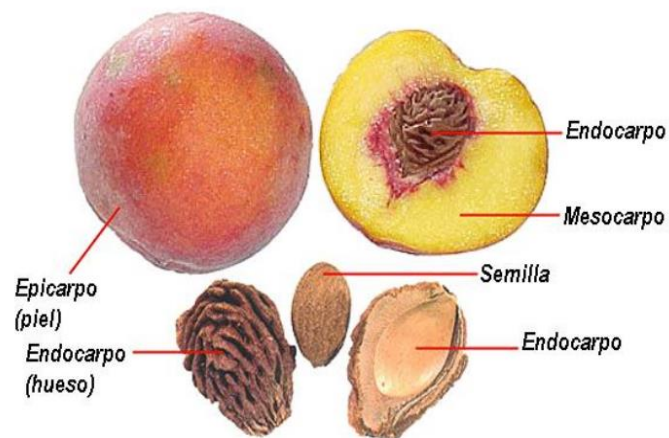


Fuente: BioEnciclopedia, 2018.

Sus flores son hermafroditas, con 5 pétalos separados, un ovario súpero con 25 a 30 estambres, con tamaño y color variable según la variedad cultivada, (Espinoza y Vega, 2009).

El fruto (durazno): Es una drupa gruesa, carnosa, succulenta, de forma esférica ovoidal con un surco longitudinal sobre la superficie que va desde el péndulo hasta el estilo, (Valdez, 2016). Ver figura 2-3.

**Figura 2-3. Partes del durazno**



Fuente: Núñez, 2017.

Está compuesto por el **exocarpo o epicarpo**, capa externa (cáscara), delgada, suave recubierta por una fina vellosidad, al medio está el **mesocarpo**, pulpa jugosa

blanquecina-amarilla o rojiza heredada según la variedad, y finalmente está el **endocarpo**, capa interna que alberga a la semilla, conocida también como carozo.

### 2.2.3 Importancia del durazno

El duraznero, también llamado melocotonero, es una de las especies frutales más populares que se cultivan en las zonas templadas de todo el mundo. Posee un sabor agrídulce, tiene una fuerte reacción alcalina sobre el cuerpo, ayuda a adelgazar debido a que aporta una mínima cantidad de calorías, es rico en vitaminas A, B, C, carotenoides, potasio, calcio, sodio y fósforo., es desintoxicante, tonificante, laxante, diurético y antioxidante por naturaleza (Ciurletti, 2015).

**Tabla II-2. Propiedades nutricionales del durazno**

<b>Nutrientes: Contenido en 100 g</b>		
Energía 77 kJ (42 kcal)	Rastros de selenio 0	Thr 25 mg
Agua 87.5 g	<b>Vitaminas</b>	Trp 5 mg
Proteína 0.8 g	Carotina 440 µg	Tyr 20 mg
Lípidos 0.1 g	Vitamina B1 27 µg	Val 40 mg
Carbohidratos 8.9 g	Vitamina B2 50 µg	<b>Carbohidratos</b>
Ácidos orgánicos 0.6 g	Nicotinamida 850 µg	Glucosa 1030 mg
Fibras 1.7 g	Ácido Pantoténico 140 µg	Fructosa 1230 mg
Minerales 0.5 g	Vitamina B6 25 µg	Sucrosa 5720 mg
<b>Minerales</b>	Biotina 2 µg	Sorbitol 890 mg
Sodio 1 mg	Ácido fólico 3 µg	<b>Lípidos</b>
Potasio 205 mg	Vitamina C 10 mg	Ácido palmítico 10 mg
Magnesio 9 mg	<b>Amino Ácidos</b>	Huellas de ácido esteárico
Calcio 8 mg	Arg 17 mg	Ácido oleico 30 mg
Manganeso 110 µg	His 17 mg	Ácido linoleico 40 mg
Hierro 480 µg	Ile 13 mg	Rastros de ácido linoleico
Cobre 50 µg	Leu 30 mg	<b>Otros</b>
Zinc 20 µg	Lys 30 mg	Ácido málico 330 mg
Fósforo 25 mg	Met 30 mg	Ácido cítrico 240 mg
Cloro 3 mg	Phe 18 mg	Ácido oxálico 0
Fluor 20 µg		Ácido salicílico 580 µg
Yodo 1 µg		

Fuente: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie [DFL], 1991.

La tabla II-2, muestra las propiedades nutricionales contenidas en 100 gramos de durazno, de acuerdo a los datos obtenidos por el Instituto alemán de investigación para la química de los alimentos, Garching, cerca de Múnich.

#### 2.2.4 Características físicas y químicas del durazno

**Tabla II-3. Características físicas del durazno**

Detalle	Media del durazno
Peso de durazno (%)	100
Peso de la pulpa (%)	76.4
Peso de la cáscara (%)	13.7
Peso de la pepa (semilla) (%)	11.75
Diámetro (cm)	5.77
Altura (cm)	5.92
Esfericidad	0.91
Actividad del agua ( $a_w$ )	0.953
Gravedad específica	1.033

Fuente: Espinoza y Vega, 2009.

La tabla II-3, describe la media estadística del valor promedio de las propiedades físicas del durazno, según los autores Espinoza y Vega, 2009.

**Tabla II-4. Características químicas del durazno**

Propiedad	Media del durazno
Sólidos solubles (°Brix)	8.52
Ph	2.81
Índice de madurez	41.36

Fuente: Weber M, et al, 2003.

La tabla II-4, describe la media estadística del valor promedio de las propiedades químicas del durazno en la provincia de Santa Fe, Argentina, datos extraídos de la revista FAVE-Ciencias Agrarias, 2003.

#### 2.2.5 Las variedades de durazno

Existen más de 2000 variedades de duraznero en todo el mundo, cuyos frutos pueden ser ovalados, aplanados, pulpa blanca o amarilla, de sabor dulce, ácido o astringente (Fernández et al., 2011). De esas más de 2000 variedades, en Bolivia se cultivan el

durazno Florida Red, Gumucio Reyes, Ulincate, Saavedra, etc., según la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles (FDTA Valles, 2011). En cuanto al valle central de Tarija destacan las variedades Ulincate y el Cuaresmero (Gumucio, 2013), y al sur del departamento en **Bermejo** están las variedades Flordaking, Early Grande, Florida Star, Hermosillo, Desert Gold, Florida Prince, Tropic Snow, (Ríos, 2010).

#### 2.2.5.1 Durazno Ulincate

**Figura 2-4. Durazno Ulincate**



Fuente: Quispe, 2016.

**Origen:** Varios ecotipos locales seleccionados de semilla.

**Floración:** Agosto.

**Cosecha:** Fines de enero hasta mediados de marzo dependiendo de la zona.

**Descripción:** Es la segunda variedad de durazno más importante en Bolivia y una de las principales en el valle central de Tarija, se caracteriza por tener buena aceptación en su sabor, olor y un color atractivo.

#### 2.2.5.2 Durazno flordaking

Es un durazno temprano de pulpa amarilla, de origen estadounidense en 1978 por los Dres.: Charles P. Andrews, Wayne B. Sherman y Paul M. Lynere en la Universidad de Florida, seleccionado como la familia 15-34 (Soria y Pisano, 2005).

**Cuadro II-1. Floración y cosecha del durazno flordaking**

Plena flor	Cosecha
18 de agosto promedio en 5 años	15 al 24 de noviembre promedio de 3 años

Fuente: Soria y Pisano, 2005.

Cuadro II-1, expone el inicio del tiempo de floración y la cosecha del durazno flordaking en la república del Uruguay.

**Cuadro II-2. Características de la fruta**

Tamaño	Forma	Color de fondo	Sobre color	Pilosidad
Grande a muy grande	Redondeada asimétrica	Amarillo	60%	Media a larga
Color de pulpa		Sabor	Carozo	
Amarilla, coloreada de rojo		Bueno	Mediano, Adherido	

Fuente: Soria y Pisano, 2005.

Cuadro II-2, expone las características físicas del durazno flordaking.

## 2.3 PELADO QUÍMICO

El pelado es una fase previa de preparación para la conservación de muchas frutas y hortalizas (Muños, 1974). Hoy en día este proceso es muy utilizado en las industrias, con la finalidad de minimizar costos de mano de obra, tanto en frutas como en hortalizas, facilitando el pelado y limpieza del alimento; además de generar inactivación de enzimas y carga microbianas en la superficie que podrían atentar con las condiciones óptimas del producto a tratar.

### 2.3.1 Métodos de pelados

- Pelado con soda cáustica.
- Pelado con cloruro de calcio.
- Pelado con sales de amonio.

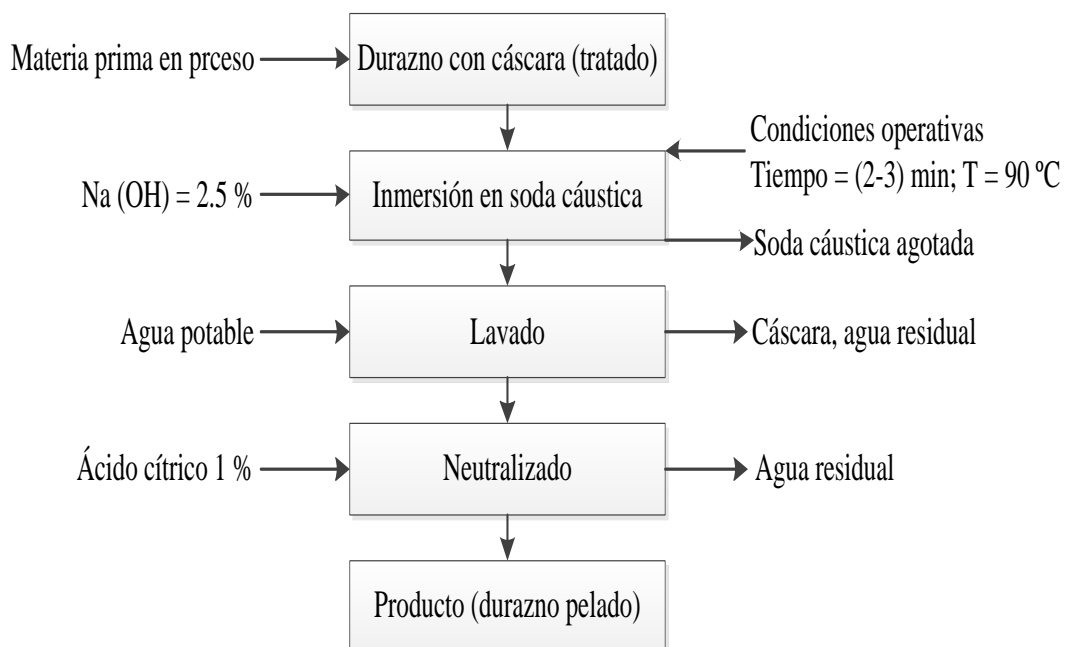
### 2.3.2 Pelado con soda cáustica

Es el más empleado por la facilidad de operación continua y uniforme del proceso de pelado, se basa en los efectos combinados de un ataque químico y de un shock térmico (Muños, 1974). El resultado del tratamiento es la desintegración del tejido de la piel que se desprende lentamente mediante chorros de agua (León, 2012).

*Entre sus ventajas de la técnica está:* La buena calidad, el buen rendimiento, el bajo costo de mano de obra y sobre todo es un proceso rápido, eficiente adaptable a gran escala, se adecúa a todas las formas de los productos.

*Desventaja:* Los residuos del pelado químico son sustancias contaminantes.

**Figura 2-5. Diagrama de bloques para el pelado químico del durazno**

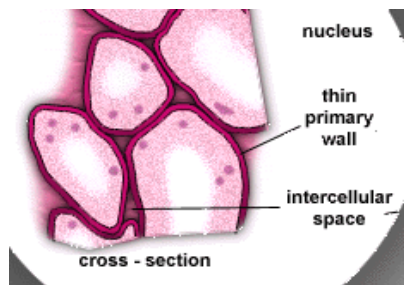


Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.3.3 Fenómeno de remoción de la piel (cáscara)

El tejido que forma el exocarpo del durazno, se encuentra compuesto por células como la epidermis, parénquimas y láminas medias que son altamente solubles en soda cáustica Na(OH) (operaciones preliminares [OP], 2018). Cuando entran en contacto la superficie de la fruta con la solución (soda cáustica), se producen fenómenos de transporte simultáneo de calor y masa durante la reacción química. El Na(OH) penetra la piel y se transfiere a la fruta vía difusión. Dentro de la cáscara el Na(OH) reacciona con una variedad de sustancias y macromoléculas (ácido poligalaturónico, otros ácidos orgánicos, polisacáridos hemicelulósicos, proteínas, etc.) (Floros, 1990, citado por Farfán, 2018).

**Figura 2-6. Tejido de la cáscara (epidermis)**



Fuente: OP, 2018.

La figura 2-6, muestra una sección de corte de la epidermis que forma el tejido de la cáscara del durazno.

La velocidad reacción dependerá de tres parámetros: la concentración de la solución alcalina, del tiempo de inmersión, y la temperatura.

Estudios de investigación realizados sobre el pelado de durazno con soda cáustica, determinaron un valor cuantitativo para las variables de la remoción de la piel a través de varios experimentos realizados, entre ellas tenemos: la concentración de la soda cáustica óptima para el pelado químico esta alrededor del 2.5% p/p (Urfalino, 2014), el aumento de la concentración, podría desencadenar efectos adversos como la decoloración de la fruta, daños en la superficie y contaminación en el producto final. Por otro lado, la temperatura para el choque térmico adecuado esta entre los 80 a 90 °C (Muños, 1974). Esto debido a que las ceras epicuticulares presentes en la superficie de la fruta tienen una fase de temperatura de transición; las ceras que se encuentran en estado sólido no permitirán que el Na(OH) entre a la fruta (Farfán, 2018). Para lo cual adjunto a los parámetros mencionados también se determinó el tiempo de inmersión del durazno en soda cáustica que va alrededor de 2 a 3 minutos (Muños, 1974).

Finalmente para obtener un producto de calidad, es necesario eliminar el Na(OH) totalmente en la superficie del durazno. Para lo cual se emplea chorros de agua en una primera fase, y ácido cítrico en una segunda fase, mediante una reacción ácido-base hasta que el pH en la superficie sea neutra o mínimamente ácida (Guevara, 1991).



## 2.4 CONTROL DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

Todas las plantas están compuestas de células vivas unidas entre sí, cuando se corta la fruta, las paredes celulares se rompen y ocurre una reacción química, que causa un oscurecimiento; esto se debe a la exposición de la fruta al aire por oxidación, por medio de enzimas que se liberan cuando se cortan las células.

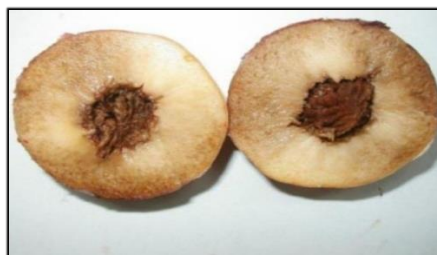
Las reacciones de oscurecimiento se clasifican como:

- Pardeamiento enzimático.
- Pardeamiento no enzimático.

### 2.4.1 Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático o browning es una reacción de oxidación en la que interviene como substrato el oxígeno molecular, catalizada por un tipo de enzimas que producen oscurecimiento en las frutas, es una reacción indeseable en las frutas, ya que en su avance tiene lugar la síntesis de compuestos coloreados, que confieren a la fruta un aspecto diferente del de su estado fresco. En esta reacción los compuestos fenólicos son oxidados por acción (principalmente) de la enzima polifenoloxidasas a o-quinonas, que luego polimerizan para formar pigmentos marrones u oscuros, entre las enzimas responsables están: Polifenoloxidasas, Fenolasa, entre otras Etc. Ejemplo ver la figura 2-7.

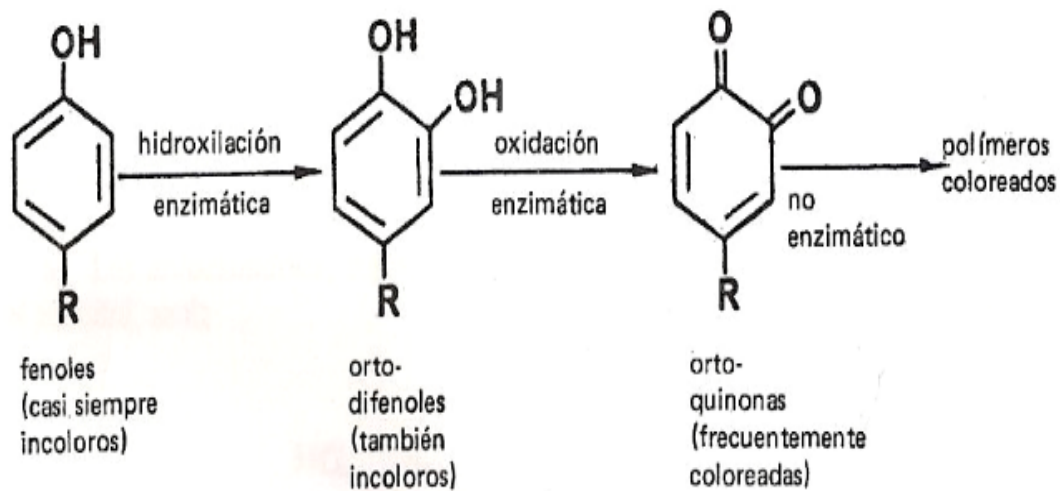
**Figura 2-7. Pardeamiento enzimático del durazno**



Fuente: Candan y Calvo, 2019.

En la figura 2-7, se puede apreciar el fenómeno natural de pardeamiento enzimático, de un durazno cortado expuesto al contacto con el aire.

**Figura 2-8. Reacción de pardeamiento de la polifenoloxidasa**



Fuente: Study Resourse [RS], 2014.

En la figura 2-8, se representa la reacción de pardeamiento mediante la catalización enzimática de la polifenoloxidasa, en presencia del oxígeno de los compuestos fenólicos que se encuentran en las frutas, para producir o-quinonas coloreadas.

#### 2.4.2 Pardeamiento no enzimático

Es el resultado de reacciones originadas por las condensaciones entre compuestos carbonilos y aminados; estas reacciones conducen a la formación de polímeros oscuros que en algunos casos pueden ser deseables y en algunos otros casos conllevan ha alteraciones organolépticas y pérdidas del valor nutritivo de los alimentos afectados (Ococampo, 2015). En este tipo de reacciones se incluyen las reacciones de:

- Caramelización.
- Reacción de Maillard.
- Degradación de ácido ascórbico.

##### 2.4.2.1 Caramelización

Es una serie compleja de reacciones que comienza cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión, trae consigo una serie de transformaciones que produce melanoidinas coloreadas que van desde amarillo claro hasta café oscuro, o incluso negro en algunos alimentos (Carnevali y Degrossi, 2011).

#### **2.4.2.2 Reacción de Maillard**

La reacción de Maillard (técnicamente es: glucosilación no enzimática de proteínas) se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares a altas temperaturas que generan ese color, sabor y olor a tostado disminuyendo el valor nutritivo del producto (PREVENSYSTEM, 2018). La formación de estos compuestos, está catalizada por ácidos, compuestos aminos, elevadas temperaturas y a veces oxígeno, (González et al., 2000).

#### **2.4.2.3 La oxidación del ácido ascórbico (vitamina C)**

La oxidación del ácido ascórbico, se debe a la catalización del pH a temperaturas elevadas causando una coloración marrón, y la pérdida del valor nutritivo en el producto; esto se debe a la sensibilidad del ácido ascórbico, a las reacciones químicas en condiciones de temperaturas altas como: oxidación, interacción con otros metales, responsable de muchos de los colores y sabores existentes en los alimentos (Manayay, 2015).

#### **2.4.3 Control del pardeamiento**

El pardeamiento enzimático se puede controlar a través del uso de métodos físicos y químicos; en la mayoría de los casos, se emplean ambos para lograr una mayor eficacia.

Los métodos físicos incluyen la reducción de temperatura y oxígeno, mientras que los métodos químicos utilizan compuestos o sustancias que inhiban las enzimas, eliminan o neutralicen las sustancias químicas encargadas de las reacciones del pardeamiento.

##### **2.4.3.1 Control del pardeamiento con agentes químicos**

Las reacciones de oxidación que provocan el pardeamiento de frutos y vegetales son de origen enzimático y están catalizadas principalmente por la enzima PPO (polifenol oxidasa), siendo su actividad particularmente alta en aquellos frutos y vegetales que contienen niveles altos de compuestos polifenólicos (Amiot et al., 1992).

Se utilizan varios tipos de químicos para el control del pardeamiento, algunos tipos actúan directamente como inhibidores de PPO, otros propician un medio inadecuado

para el desarrollo de la reacción de oscurecimiento, y otros reaccionan con los productos de la reacción de PPO antes de que lleguen a formar los pigmentos oscuros, entre las principales tenemos:

- Agentes reductores.
- Agentes acidulantes.

#### *Agentes Reductores*

Este tipo de agente antipardeamiento causa la reducción química de las o-quinonas incoloras como resultado de la reacción de PPO de regreso a o-difenoles (Iyengar y – McEvily, 1992). Los reductores se oxidan irreversiblemente durante la reacción, lo que significa que la protección que confieren es únicamente temporal, porque se consumen en la reacción. Cuando todo el agente reductor añadido se oxida, las o-quinonas de la reacción PPO pueden sufrir reacciones de oxidación posteriores (sin involucrar PPO) y finalmente una rápida polimerización produciendo la formación de pigmentos oscuros. Debido a la naturaleza oxidativa del pardeamiento enzimático, los agentes reductores también se pueden aplicar para la prevención de cambios en el color, entre ellos están:

**El ácido ascórbico** es probablemente el más ampliamente utilizado como agente antipardeamiento, y además a sus propiedades reductoras, disminuye ligeramente el pH. El ácido ascórbico reduce a las o-benzoquinonas a o-difenoles, y también tiene un efecto directo en PPO (Manayay, 2015).

**Los sulfitos** son los compuestos más efectivos en prevenir el pardeamiento enzimático (Sapers, 1993). Pueden actuar como agentes reductores convirtiendo a las quinonas en difenoles (Valero et al., 1988). A pesar de su efectividad en la prevención de la calidad de frutos y vegetales, estos compuestos están sujetos a restricciones debido a que provocan efectos adversos en la salud en personas sensibles.

#### *Agentes acidulantes*

Los acidulantes son agentes químicos que bajan el pH del producto; se aplica ampliamente para controlar el pardeamiento enzimático. El acidulante más comúnmente utilizado es el ácido cítrico.

**El ácido cítrico** es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria, es un ácido orgánico tricarbóxico, buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente en el envasado de muchos alimentos como las conservas vegetales enlatadas (Bristhar Laboratorios [BL], 2018).

Para las frutas es ideal, disminuye el pH, actúa como quelante, previene la oxidación enzimática, la degradación del color, y resalta el sabor (Manayay, 2015).

## 2.5 AGENTES OSMÓTICOS

Son sólidos solubles cuya naturaleza fisicoquímica en soluciones hipertónicas permiten remover agua de los tejidos de alimentos inmersos en éstos, mediante un proceso llamado deshidratación por ósmosis.

*Entre los agentes osmóticos más usados para frutas tenemos:* Fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares invertidos, miel, jarabe de maíz, melaza, sorbitol, malosa y lactosa.

La elección del soluto vendrá en función de las características para cual se diseñó el producto a obtener, como sabor, olor y textura del producto final, para lo cual se considerará el costo, su rendimiento deshidratante y su naturaleza fisicoquímica en disolución.

**Tabla II-5. Valor energético y poder endulzante de polioles y azúcares.**

Sustancia	Poder endulzante relativo a la sacarosa = 1	Valor energético (kcal/g)
<b>Polioles</b>		
Lactitol	0.3	2.0
Xilitol	1	2.4
Sorbitol	0.5	2.6
<b>Azúcares</b>		
Glucosa	0.5 – 0.8	4.0

Fructosa	1.2 – 1.5	4.0
Sacarosa	1	4.0

Fuente: Wais, 2011.

La tabla II-5, muestra a los agentes osmóticos más usados junto a su poder edulcorante y su valor energético aportado por cada gramo tanto para azúcares como para polioles.

En 1973, Ponting, demostró que el uso de soluciones deshidratantes azucaradas tiene dos efectos que promueven una mejora en la calidad del producto tratado: se inhibe efectivamente la polifenoloxidasa (agente de pardeamiento oxidativo enzimático) y se previene la pérdida de componentes volátiles durante la deshidratación. Simultáneamente, durante la deshidratación osmótica, se incrementa la relación azúcar/ácidos de la fruta y se modifican, en menor medida, las propiedades mecánicas y la estabilidad de los pigmentos durante el almacenamiento, con respecto a la fruta fresca (Raoult-Wack, 1994).

El agente osmótico ideal para la deshidratación de frutas es la sacarosa, Bolin et al., (1983), citado por Pérez, (2003), llegó a la conclusión, tras someter diferentes soluciones osmóticas a evaluación de un panel de catadores, de lo cual pudo constatar una preferencia nata por la sacarosa como agente osmótico.

### **2.5.1 La sacarosa**

Es un edulcorante natural por excelencia, representa el 60-80% de los edulcorantes y el 30% de los carbohidratos de la dieta humana. Es muy utilizada industrialmente por sus propiedades físicas de caramelización, higroscopicidad relativamente baja y su estabilidad en muchos procesos alimenticios.

Entre sus ventajas:

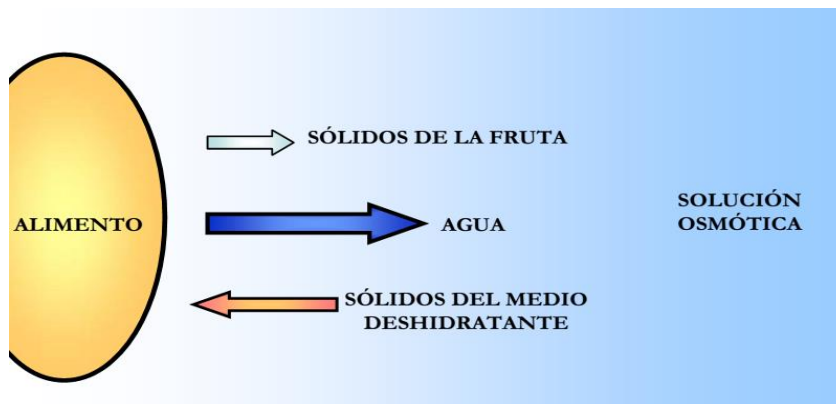
- Es un buen agente deshidratante.
- Es económico.
- Es libre de olores extraños.
- Reduce el pardeamiento.
- Aumenta la retención de los volátiles.

## 2.6 FUNDAMENTO DEL PROCESO DE ÓSMOSIS

La deshidratación por ósmosis ( DO), es una técnica que permite remover el agua de un alimento (frutas o vegetales), por inmersión en una solución de baja actividad acuosa. Esta solución, llamada solución osmótica, generalmente está compuesta por azúcares y/o sales, (Barrera, 2007; Ponting et al. 1966; Wais, 2011). Una vez el alimento y la solución osmótica se ponen en contacto, se establecen dos flujos de materia simultáneos y en contracorriente:

- Flujo de agua desde el producto hacia la solución osmótica, generalmente acompañado de sustancias propias de la fruta, como azúcares, vitaminas y pigmentos.
- Flujo de los solutos de la solución osmótica, en sentido opuesto al flujo de agua, que se incorporan al tejido del alimento.

**Figura 2-9. Transferencia de materia en el proceso de DO**



Fuente: Wais, 2011.

La fuerza impulsora para que se produzca la migración de agua, desde el alimento es provista por la diferencia de potencial químico ( $\mu$ ) del agua en el alimento y en el medio deshidratante. El potencial químico del agua se relaciona con la actividad acuosa ( $a_w$ ) por medio de la presión osmótica ( $\pi$ ) según:

$$\mu = \mu^\circ + RT \ln(a_w) \quad (2.1)$$

$$\pi = \frac{RT}{\check{V}} \frac{1}{a_w} \quad (2.2)$$

$\mu^\circ$  Potencial químico de referencia del agua (a la temperatura de análisis).

$\check{V}$  Volumen molar parcial del agua.

Si el medio tiene una  $a_w$  más baja que la del alimento, (y en consecuencia ejerce una presión osmótica mayor), el potencial químico del agua en el producto será mayor que en la solución y de este modo el agua fluirá espontáneamente desde el alimento hacia la solución deshidratante. La salida de agua a través de la membrana celular del alimento tendrá lugar hasta que los potenciales químicos del agua a ambos lados de la membrana alcancen el equilibrio (Wais, 2011).

La cantidad de agua removida puede superar el 50% del peso inicial de la fruta, dependiendo de diversos factores operativos (pontig, et al., 1996). Sin embargo, la deshidratación osmótica no permite obtener un producto seguro microbiológicamente, ya que la actividad acuosa alcanzada no es lo suficientemente baja como para inhibir la proliferación de microorganismos.

En consecuencia, la deshidratación osmótica debe practicarse como “pretratamiento” de otros métodos de preservación (Rastogi et al., 2002). Presentan menor pérdida de color, menor encogimiento, menor colapso estructural, mantienen mejor su firmeza, exhiben mejores características de rehidratación y conservan en mayor medida sus nutrientes; además, bajo ciertas condiciones, la aplicación de una etapa previa de deshidratación osmótica exige menores tiempos de secado por aire caliente para obtener un producto de humedad deseada (Giraldo et al., 2006 citado por wais, 2011).



Además, en términos energéticos, la deshidratación osmótica se reconoce como un proceso de deshidratación eficiente, ya que la remoción de agua ocurre sin cambio de fase (Bolin et al., 1983 citado por wais, 20011).

### **2.6.1 Fenómenos de transferencia de materia en la deshidratación osmótica**

El transporte de materia durante la deshidratación osmótica ocurre principalmente por difusión (Saurel et al., 1994), esto debido a la complejidad del tejido vegetal, al flujo volumétrico y a los cambios en la estructura celular, (Espinoza y Vega, 2009). Por otro lado, juntamente con la difusión se produce transferencia de masa, mediante otro fenómeno llamado mecanismo hidrodinámico que se establece en los poros, respondiendo a la presión capilar en el interior del alimento, (Chiralt y Fito, 2003).

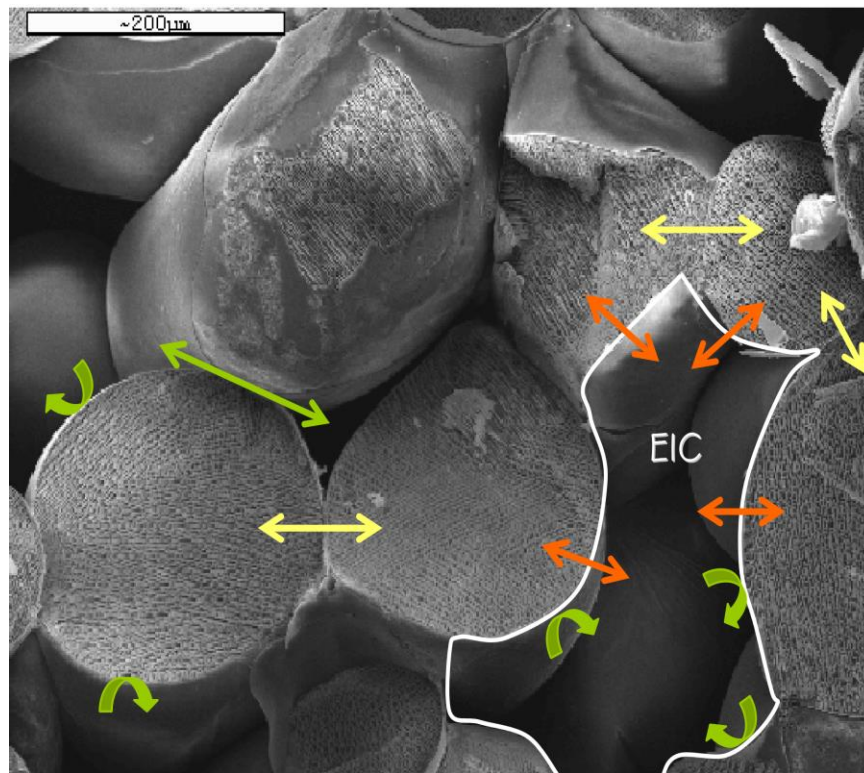
A nivel microscópico, el transporte de materia está asociado a mecanismos dependientes de gradientes de concentración pseudodifusionales en la estructura vegetal. Las vías por las que un soluto o solvente puede ser transportado a través del tejido parenquimático son tres, (Le Maguer, 1997 citado Barrera, 2007).

*Transporte apoplástico.* Tiene lugar en el exterior de la membrana celular e implica la difusión de moléculas en la pared celular y los espacios intercelulares creados.

*Transporte simplástico.* Ocurre en el interior del plasmalema como consecuencia del movimiento de las moléculas de una célula a otra por medio de los plasmodesmos.

*Transporte transmembrana.* Transporte promovido por el mecanismo osmótico a través de la membrana plasmática y también a través del tonoplasto (o membrana vacuolar) entre el interior celular y los espacios intercelulares.

**Figura 2-10. Transporte pseudodifusional dependientes del gradiente de concentración**



Fuente: Barrera, 2007.

En la figura 2-10, se observa los tipos de transporte en tejidos vegetales: apoplástico (flechas verdes), simplástico (flechas amarillas) y transmembrana (flechas naranjas).

### 2.6.2 Cinética del proceso

La cinética del proceso de deshidratación osmótica por lo general se evalúa en términos de pérdida de agua, pérdida de peso y la ganancia de sólidos. La velocidad de transferencia de materia dependerá de las características del producto alimenticio: forma, tamaño, estructura, composición, tratamiento previo en la superficie externa, así como la naturaleza del agente osmótico y las condiciones de operación: concentración, temperatura, agitación, pH, presión de operación y relación masa-masa de solución deshidratante y la fruta a deshidratar.

### 2.6.2.1 Características del alimento

La compacticidad del tejido vegetal, la presencia de aire en sus espacios intercelulares, la composición de los jugos interiores, así como la permeabilidad de las membranas, la forma y tamaño del tejido vegetal influyen sobre la cinética del proceso osmótico, al aumentar la superficie específica del alimento se logra un incremento en la pérdida de agua (Fito y Chiralt, 1997). A su vez la porosidad afecta a los mecanismos de transporte implicados en la deshidratación osmótica de forma tal, que cuanto mayor es la porosidad de la fruta, mayor es la ganancia de sólidos.

### 2.6.2.2 Pretratamiento del alimento

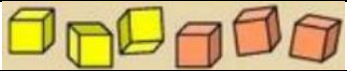
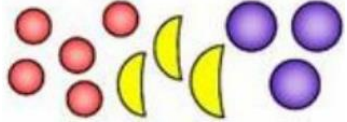

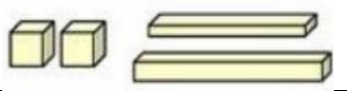
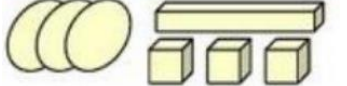
El pretratamiento de la materia prima y las condiciones de proceso en las que se ejecuta cambian la integridad estructural del material, lo que afecta la pérdida de agua y la ganancia de sólidos. El escalde, la congelación/descongelación, la acidificación y las altas temperaturas de proceso favorecen la ganancia de sólidos, aumenta la pérdida de agua (Vásquez, 2007).

### 2.6.2.3 Tamaño y forma del producto a elaborar

La forma geométrica y el tamaño de los trozos de alimento a procesar son importantes desde el punto de vista estético del producto terminado, (ver en el cuadro II-3), además juega un papel importante en la cinética del proceso de deshidratación. A mayor área de contacto entre la superficie del alimento en relación con la solución osmótica, mayor será la velocidad de deshidratación (Jijena, 2017). De manera tal que el gasto energético, así como el tiempo del secado térmico, se reducen a medida que aumenta el área de contacto con el medio deshidratante.

**Cuadro II-3. Tipos de geometría según el alimento para la reducción de tamaño.**

Alimento	Geometría	Ejemplo
----------	-----------	---------

Piña, melón, papaya.	Cubos.	
Bayas, frambuesas, fresas, moras, ciruelas, duraznos.	Enteras o mitades, rodajas.	
Pera, manzana, kiwi, pomelo, mango, piña, papaya, plátano, carambola.	Rodajas, cubos.	
Manzana, piñas.	Rodajas, tiras.	
Patatas, camote.	Rodajas, tiras, cubos.	

Fuente: Muñoz y Riveros, 2014.

#### 2.6.2.4 Temperatura

El aumento de temperatura favorece el transporte de materia en el proceso osmótico, disminuye la viscosidad y aumenta la difusividad. El aumento de temperatura suele tener limitaciones, Ponting et al., en (1966), en su investigación demostró que el aumento de temperatura limita la calidad del producto, una temperatura por encima de 49 °C produce pardeamiento de la muestra y deterioro del aroma y color, existiendo un límite cerca de los 50 °C en el que las características, de la fruta se modifican de forma muy drástica (destrucción de la membrana celular y de muchos nutrientes, como el ácido ascórbico), además, se dificulta su rehidratación posterior.

#### 2.6.2.5 Agitación

La agitación periódica del sistema, produce un importante aumento en la velocidad de deshidratación, ya que reduce la resistencia a la transferencia de masa por disminución de la viscosidad de la solución y por recambio de la solución diluida en contacto con el alimento (Hawkes y Flink, 1978). Ponting et al. (1966), sugiere que se realice un control en el nivel de agitación para evitar cualquier daño al producto y para reducir costos de energía, entre otros.

#### **2.6.2.6 Relación masa/masa**

A medida que transcurre la deshidratación osmótica, los solutos van penetrando el alimento, el jarabe osmótico va disminuyendo en su concentración de solutos, lo cual reduce de modo gradual el efecto de la presión sobre alimento, así como la velocidad de transferencia de masa. Cuando se utilizan grandes volúmenes de solución en relación con la masa de producto, el gradiente de concentración no disminuye notablemente, por lo que la velocidad de transferencia del soluto no se ve afectada, sin embargo, esto puede incrementar los costos económicos del proceso.

Según Espinoza y Vega, (2009), a través de su estudio de investigación concluyó que la relación más óptima para la deshidratación osmótica del durazno es: (3:1) masa de solución osmótica/masa de producto a deshidratar.

#### **2.6.2.7 Presión del sistema**

Por lo general, los procesos de deshidratación osmótica se realizan a presión atmosférica. Sin embargo, estudios demostraron que la presión del sistema puede desempeñar un papel muy importante influyendo directamente en la cinética de transporte de materia del mismo, empleando sistemas que consisten en aplicar por breve tiempo (5-15 min) en la etapa inicial del proceso ya sea alta presión o vacío y posteriormente restablecer la presión atmosférica (Núñez, 2018). El aire interno de los poros se extrae, se producen una deformación en el volumen del producto y se promueve una impregnación capilar lo que produce un aumento en el coeficiente de difusión.

#### **2.6.2.8 Concentración de la solución osmótica**

La concentración de la solución osmótica afecta en gran medida a la velocidad del proceso, ya que define la fuerza impulsora para la transferencia de materia.

Cuanto mayor es la concentración de la solución osmótica (60-70 °Brix) y mayor es el peso molecular de los agentes deshidratantes utilizados, se consigue mayor remoción de agua, mientras que la incorporación de sólidos se ve favorecida por solutos de bajo peso molecular disueltos en soluciones por debajo de 60 °Brix (Wais, 2011). Sin

embargo, las concentraciones muy elevadas no son recomendables, tienen efectos negativos, generalmente forman capas impermeabilizantes sobre las superficies del alimento.

Por recomendación para el deshidratado del durazno la concentración óptima (sacarosa) debe ser: según los autores (Espinoza y Vega, 2009) 60 °Brix; según (Urfalino, 2014) 55° Brix.

#### **2.6.2.9 Tiempo de proceso**

El tiempo del proceso, está en función de las características de alimento y las condiciones de deshidratación, las pérdidas de agua y la ganancia de sólidos son mayores durante las primeras horas del proceso, luego disminuye drásticamente como consecuencia de la disminución de la presión osmótica, sin embargo, se ha encontrado que la transferencia de masa no es significativa después de las 4 a 5 horas de proceso (Jijena, 2017).

#### **2.6.2.10 pH**

La acidez de la solución aumenta la pérdida de agua debido a que se producen cambios en las propiedades tisulares y consecuentemente cambios en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación de agua (Della, 2010).

#### **2.6.3 Mecanismo de transferencia de materia en la deshidratación osmótica**

El conocimiento de la cinética y la difusividad ayudan a comprender mejor la transferencia de masa interna, y con ello permiten modelar un mecanismo de transporte de materia óptimo para el sistema. Según vaya transcurriendo el tiempo, la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica, nos irá proporcionando resultados numéricos mediante ecuaciones que nos ayudaran a comprender y explicar el proceso osmótico entre ellas tenemos: la pérdida de peso (PP); el contenido de sólidos totales (ST); la pérdida de agua (PA); la ganancia de sólidos (SG).

Las ecuaciones se detallan a continuación:

1. Pérdida de peso durante la deshidratación osmótica PP (%):

$$PP(\%) = \left( \frac{m_i - m_f}{m_i} \right) 100 \quad (2.3)$$

Donde  $m_i$  es la masa de la muestra fresca y  $m_f$  es la masa de la muestra ya osmodeshidratada, ambas expresadas en gramos.

2. Contenido de sólidos totales de la muestra osmodeshidratada ST (%):

$$ST(\%) = \left( \frac{m_s}{m_0} \right) 100 \quad (2.4)$$

Donde  $m_0$  es la masa de la muestra húmeda (fresca o DO) y  $m_s$  es la masa de la muestra seca ambas expresadas en gramos. Para obtener  $m_s$ , una fracción de peso conocido ( $m_0$ ) se secó hasta peso constante en el secador infrarrojo Sartorius a 50 °C.

3. Pérdida de agua durante la deshidratación osmótica PA (%):

$$PA(\%) = \left[ \left( 1 - \frac{ST_0}{100} \right) - \left( 1 - \frac{ST}{100} \right) \left( 1 - \frac{PP}{100} \right) \right] 100 \quad (2.5)$$

Expresada como los gramos de agua que pierde en la muestra por cada cien gramos de muestra fresca y donde  $ST_0$  es el contenido de sólidos totales de la fruta fresca.

4. Ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica SG (%):

$$SG(\%) = \left[ \left( 1 - \frac{PP}{100} \right) \frac{ST}{100} - \frac{ST_0}{100} \right] 100 \quad (2.6)$$

Expresada como los gramos de sólidos que ingresan al tejido por cada cien gramos de muestra fresca.

#### **2.6.4 Ventajas del proceso de ósmosis**

- Costos energéticos reducidos debido a la aplicación de temperaturas relativamente bajas.
- No se producen cambios de fase del agua contenida en el alimento.
- El color, aroma, sabor y textura del alimento se modifican mínimamente.
- Permite el procesamiento de pequeños volúmenes de producto.

- Aumenta la vida útil del alimento ya que disminuye su actividad de agua, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos.
- Al reducir el contenido de agua disminuye el peso del producto, lo cual reduce los costos de empaque y transporte.

#### **2.6.5 Desventajas del proceso de ósmosis**

- Es un proceso que no se puede aplicar a todo tipo de alimento, sólo a aquéllos que presentan estructuras sólidas y que puedan cortarse en trozos.
- No alcanza el grado de humedad requerida, por lo tanto, necesita ser complementado por otras técnicas.
- En algunos alimentos puede generar dificultades, debido a flotación de la fruta por baja densidad obstaculizando la deshidratación.

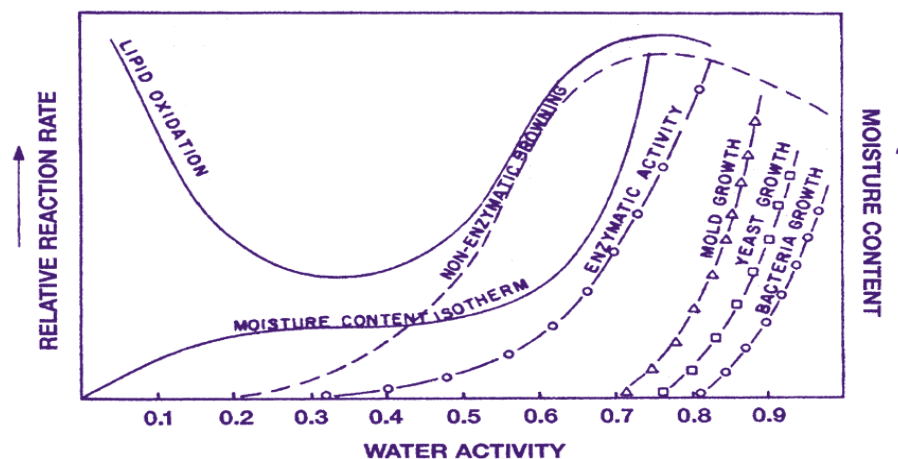
### **2.7 COMPORTAMIENTO MICROBIANO EN FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD ACUOSA ( $A_w$ ) DEL ALIMENTO**

La actividad acuosa del alimento, es uno de los factores que condiciona el crecimiento de las de bacterias, hongos y levaduras, así como la germinación de esporas. La ( $a_w$ ) se describe como una medida de la disponibilidad del agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de las funciones metabólicas de los microorganismos, (Ramírez, 1998).

Wais, (2011), menciona que la deshidratación osmótica reduce la ( $a_w$ ) significativamente aproximadamente con valores  $\leq 0.9$ . Por lo tanto, el crecimiento y desarrollo microbiano en esas condiciones es muy probable, por lo que se plantea la necesidad de acoplar una segunda etapa de secado que permita obtener valores de la ( $a_w$ ) por debajo de las condiciones mínimas que requiere el sistema para el desarrollo de los microorganismos.

**Figura 2-11. Velocidad de alteración de los alimentos en función de la ( $a_w$ )**





Fuente: Jaramillo, 2013.

La figura 2-11, Mapa de Estabilidad propuesto por Jaramillo, expone la estabilidad de los alimentos en función de la disminución de su actividad acuosa. Este mapa incluye aspectos de crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas, hidrolíticas y no enzimáticas.

Según (Jijena, 2017), mientras más alta sea la  $a_w$  y más se acerque a 1, que es del agua pura, mayor es la inestabilidad; a 0.9 se desarrollan las mayorías de las bacterias, a 0.87 se desarrollan las levaduras, a 0.8 se desarrollan los hongos, 0.7-0.8 es el límite de  $a_w$  para el desarrollo de mohos, sólo si la actividad acuosa  $a_w$  es menor a 0.6 los alimentos serán microbiológicamente estables sin evidenciar algún proceso de deterioro microbiano.

## 2.8 SECADO TÉRMICO

Es un proceso de intercambio de calor y masa entre el “fluido” de secado y el sólido a secar, cuando éstos entran en contacto, la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa (Kasatkin, 1985).

### 2.8.1 Mecanismos que intervienen en el proceso de secado térmico

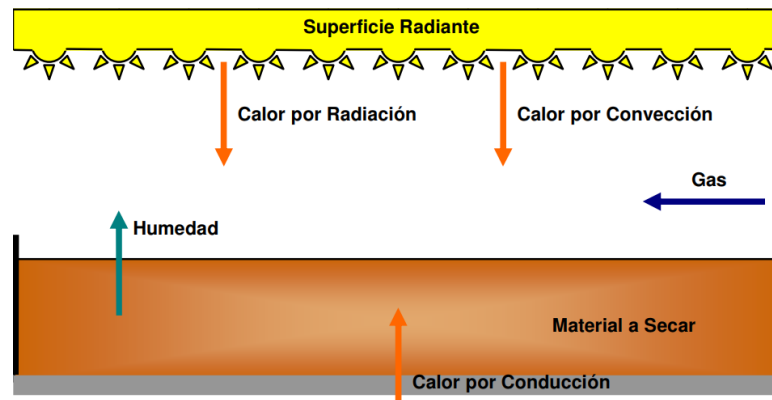
Existen muchos mecanismos posibles de secado, pero aquéllos que controlan el secado de una partícula dependen de su estructura y condiciones de secado. El secado de un sólido consta de un fenómeno complejo que involucra el transporte de calor hacia

dentro del material y el transporte de agua hacia el exterior, es decir la transferencia simultánea de calor y masa.

### 2.8.1.1 Transferencia de calor

Esta transferencia de energía en forma de calor del ambiente al material depende de las condiciones externas de temperatura, humedad, flujo del gas (aire), presión, área de exposición y tipo de secador empleado. Los mecanismos de transferencia conocidos son: por conducción, convección o mediante radiación. Ver figura 2-12.

**Figura 2-12. Transferencia de calor en un sistema**



Fuente: Valencia, 2008.

**Conducción**, es un mecanismo de transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas, la rapidez de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres (Cengel y Ghajar, 2011).

**Convección**, la transferencia de calor se produce debido al intercambio de energía que ocurre entre una superficie y un fluido adyacente. En este caso, la circulación de aire se produce por la diferente densidad que ocasiona la variación de temperatura en determinada región de éste. Cuando se utiliza un mecanismo externo para propiciar esta circulación, ventiladores, por ejemplo, el mecanismo se denomina convección forzada (Welty, 1994).

**La radiación**, es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío (Cengel y Ghajar, 2011).

### 2.8.1.2 Transmisión de la masa

En el proceso de secado, toda agua que sale del producto pasa al aire, entonces debe cumplirse lo siguiente:

La disminución de agua en el producto = Aumento de agua en el aire

$$mw = ms * \Delta Ws = ma * \Delta X \quad (2.7)$$

Donde:

$mw$  = cantidad de agua.

$ms$  = masa de producto seco.

$ma$  = masa de aire seco.

$\Delta Ws$  = humedad perdida por el producto en base seca.

$\Delta X$  = humedad ganada por cada kilogramo de aire seco.

El movimiento de la humedad dentro del sólido está en función de la estructura de éste, su temperatura y contenido de humedad. Durante el secado se elimina sólo el agua enlazada con el material de forma físico-química y mecánica.

### 2.8.2 Etapas del proceso de secado

El comportamiento del sólido en el secado, es medido como la **pérdida de humedad** en función del tiempo en condiciones de temperatura y humedad fijas: matemáticamente queda expresada de la siguiente forma:

$$H_{bs} = \frac{W - W_s}{W_s} \left( \frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg de sólido seco}} \right) \quad (2.8)$$

$H_{bs}$  = Contenido de humedad libre en base seca (kg de agua libre/kg de sólido seco) al tiempo  $t$ .

$W$  = el peso del sólido húmedo en kilogramos totales de agua más el sólido seco al tiempo  $t$ .

$W_s$  = el peso del sólido seco en kilogramos.

La curva de secado térmico, es una representación gráfica de la variación de la pérdida de humedad respecto al tiempo.

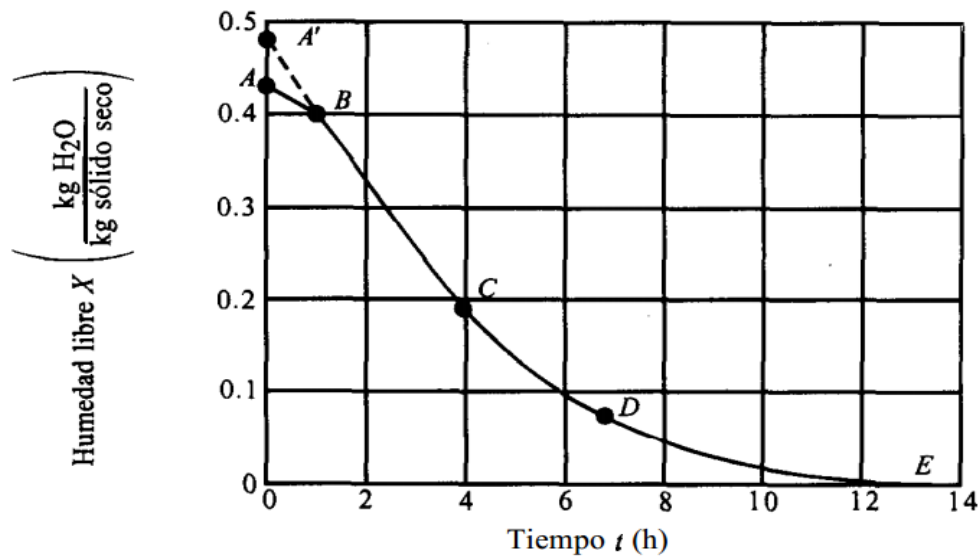
El proceso de secado térmico empieza en el tiempo cero, donde el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A. Al principio, el sólido suele estar a una temperatura inferior de la que tendrá al final, y la velocidad de evaporación va en aumento. Al llegar al punto B, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Por otra parte, si el sólido está bastante caliente al principio de la operación, la velocidad de secado puede iniciarse en un punto A'.

Entre los puntos B y C, la velocidad de secado es constante, por lo que la línea que une a dicho punto es una recta.

En el punto C en la gráfica, la velocidad de secado comienza a disminuir, hasta llegar al punto D.

A partir del punto D, la velocidad de secado es mucho menor hasta que llega al punto E. Ver figura 2-13.

**Figura 2-13. Grafica de los datos de humedad libre en función del tiempo**



Fuente: Geankoplis, 1998.

### 2.8.3 Tipos de secado térmico

#### 2.8.3.1 Secado natural (SN)

También conocido como secado al sol, es un método que aprovecha la energía solar mediante la interacción de tres elementos: aire, temperatura y humedad, para eliminar el agua en los tejidos del alimento, esto con el objetivo de preservar el producto final por más tiempo.

*Entre su ventaja:* Es un proceso barato con niveles de contaminación mínimas al medio ambiente.

*Entre su desventaja:* El producto se caracteriza por tener calidad media, es dependiente de las condiciones climáticas y del control de higiene del medio que rodea al producto.

#### 2.8.3.2 Secado al vacío (SV)

Es un proceso de secado para materiales térmicamente sensitivos como son las industrias farmacéuticas, químicas, así como los productos alimenticios y de biotecnología. Este proceso de secado trabaja con presiones por debajo de la presión atmosférica, creando espacios vacíos sin materia, condiciones ideales para que la presión de vapor internamente se equilibre más rápidamente con la presión de vapor

externa, dando como resultado la reducción del punto de ebullición de los líquidos que se encuentran dentro del alimento a más bajas temperaturas. La rapidez del secado dependerá de la capacidad del equipo, así como de la influencia de la presión, a menores presiones habrá mayor remoción de vapor de agua en los alimentos.

*Entre sus ventajas:* Es ideal para alimentos que pueden ser dañados a altas temperaturas, previene la oxidación.

*Entre su desventaja:* Consume mucha energía.

### **2.8.3.3 Secado por congelación (SL)**

Conocida también como liofilización, es un proceso más moderno y con tecnología sofisticada, que inicialmente congela el producto y después lo sublima (el agua congelada pasa directamente al estado de vapor) a temperatura ambiente, gracias a la alta eficacia del vacío. Con eso, es posible retirar del producto solamente el agua, manteniendo sus valores nutritivos originales, tales como el color, sabor, vitaminas, proteínas y sales minerales. Además, que el elimina 99% del agua, el producto final (IBL, 2018).

*Entre sus ventajas:* Retiene los constituyentes volátiles en la fruta, elimina el peligro de contaminación microbiana, elimina la posibilidad de oxidación, facilita con rapidez la rehidratación debido a la gran porosidad, puede ser almacenado por tiempo ilimitado, es un producto estable.

*Entre sus desventajas:* Es un proceso costoso, necesidad de personal calificado en la operación y mantenimiento de los equipos, el costo de inversión es elevado de instalación y equipos.

### **2.8.3.4 Secado por aire caliente (SAC)**

El secado por aire caliente se define como la operación unitaria por la que el agua que contiene un sólido o una disolución se transfiere a la fase fluida que lo rodea debido al gradiente de potencial químico existente entre ambas fases (Barrera C, 2007). Durante el secado por aire caliente, el calor se transmite por convección, desde el aire de secado hasta la superficie del alimento, y por conducción, desde la superficie del alimento

hasta su interior. La fuerza impulsora para la transferencia de materia por el interior del alimento es el gradiente de potencial químico entre el interior, más húmedo, y la superficie, más seca por estar en contacto con el aire de secado.

*Entre sus ventajas:*

- Es un método convencional, rápido y preciso.
- Se pueden acomodar varias muestras al mismo tiempo, y llegar a la temperatura deseada más rápidamente.
- El secado es de buena calidad y minimiza el uso de energía

*Entre sus desventajas:*

- El uso de temperaturas elevadas por encima de 60 °C, generan cambios en la calidad del producto afectando el valor nutritivo como: la destrucción de vitaminas, desnaturalización de proteínas, caramelización de azúcares, gelificación de almidones, destrucción de pigmentos, pérdidas y cambios de aromas e incluso producción de sustancias tóxicas, y modificación de textura, (Jijena, 2017).

## **2.9 CALIDAD DEL PRODUCTO**

*Según la Norma ISO 9000:2015.*

La calidad de un producto está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas pertinentes, incluye no solo su función y desempeño previsto, sino su valor percibido y el beneficio para el cliente.

Saguy y Karel (1980) señalaron que la calidad es una función multiparamétrica y que viene determinada no sólo por las propiedades organolépticas, tales como color, sabor y textura, sino también por el contenido en nutrientes.

Labuza y Hyman (1998) indican que la calidad y seguridad de un alimento que un fabricante debe tener en cuenta son la estabilidad microbiana y las propiedades físicas y sensoriales.

### 2.9.1 Normas de calidad

La producción de orejones de duraznos en el país no está regulada por una norma estándar que determine la calidad del producto. Sin embargo, existen normas que regulan a las frutas deshidratadas, las cuales dan a conocer las exigencias mínimas que debe presentar este producto deshidratado.

#### *Normas de calidad de una fruta deshidratada*

Si bien el código alimentario Boliviano no especifica claramente las normas de exigencia que debe presentar una fruta deshidratada, estas normas se pueden tomar de cualquier otro país, debido a que todos los códigos alimentarios del mundo están regulados bajo Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) entidades destinadas a proteger la salud de los consumidores.

De acuerdo a las normas calidad vigentes en la Argentina, su código alimentario en el capítulo XI, Artículo 904, pág. 493. Establece “la fruta desecada en el momento del empaque, no deberá contener más de 25 % de agua”. Ver la tabla II-6.

**Tabla II-6. Norma general para frutas deshidratadas**

Parámetro	Unidad	Límite de referencia
Humedad	g/100 g	Máx. 25
Azúcares totales	g/100 g	Sin límite de referencia

Fuente: Código alimentario argentino, 2018.

#### *Calidad organoléptica que debe presentar una fruta deshidratada*

Según las Normas del código alimentario argentino las frutas deshidratadas deben cumplir las siguientes condiciones organolépticas.

**Cuadro II-4. Norma organoléptica**

Parámetro	Calidad
Sabor	Característico



Olor	Característico
Sabor	Característico
Aspecto	Característico

Fuente: Código alimentario Argentino, 2018.

### *Reglamento sanitario de los alimentos*

La calidad microbiológica para los alimentos deshidratados está regulada por ICMSF (International Commission on Microbiological Specification For Foods): quien determina los límites microbiológicos máximos y mínimos que debe tener un producto para ser comercializado.

De acuerdo al reglamento sanitario chileno del capítulo V artículo 172, pág. 88 las frutas deshidratadas para ser comercializadas deben ser sometidos a los siguientes estudios y evaluaciones de calidad sanitaria.

**Tabla II-7. Norma sanitaria para frutas deshidratadas**

Plan de muestreo		Límites por g	
Parámetros	C	m	M
Escherichia coli	2	10	$5 \times 10^2$
Salmonella en 50 g	2	0	...
Mohos	2	$10^2$	$10^3$
Levaduras	0	$10^2$	$10^3$

Fuente: Reglamento sanitario Chileno, 2018.

m = valor del parámetro microbiológico para el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

c = número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable.

M = valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Ver en el anexo V, el estudio detallado de la norma sanitaria.

## **2.10 ENVASADO**

El sistema de envasado es desarrollado con el fin de prolongar la vida útil del producto; el envase constituye una barrera a los intercambios del producto con el exterior.

Los productos que más atención han recibido hasta ahora son los perecederos, pues en ellos se observan los efectos más importantes como: cambios físicos, químicos y microbiológicos que sufre el alimento durante el procesado y almacenamiento.

El envasado de alimentos deshidratados como son las frutas, generalmente, usan bolsas de polietileno de baja densidad, debido a la impermeabilidad que presentan, (Jenkins y Harrington, 1991).

El polietileno es el plástico más usado en el envasado, este material facilita el termosellado, es resistente, impermeable y flexible con usos múltiples, Guía de Envases y Embalajes, (GEE, 2009).

## **2.11 ALMACENAMIENTO**

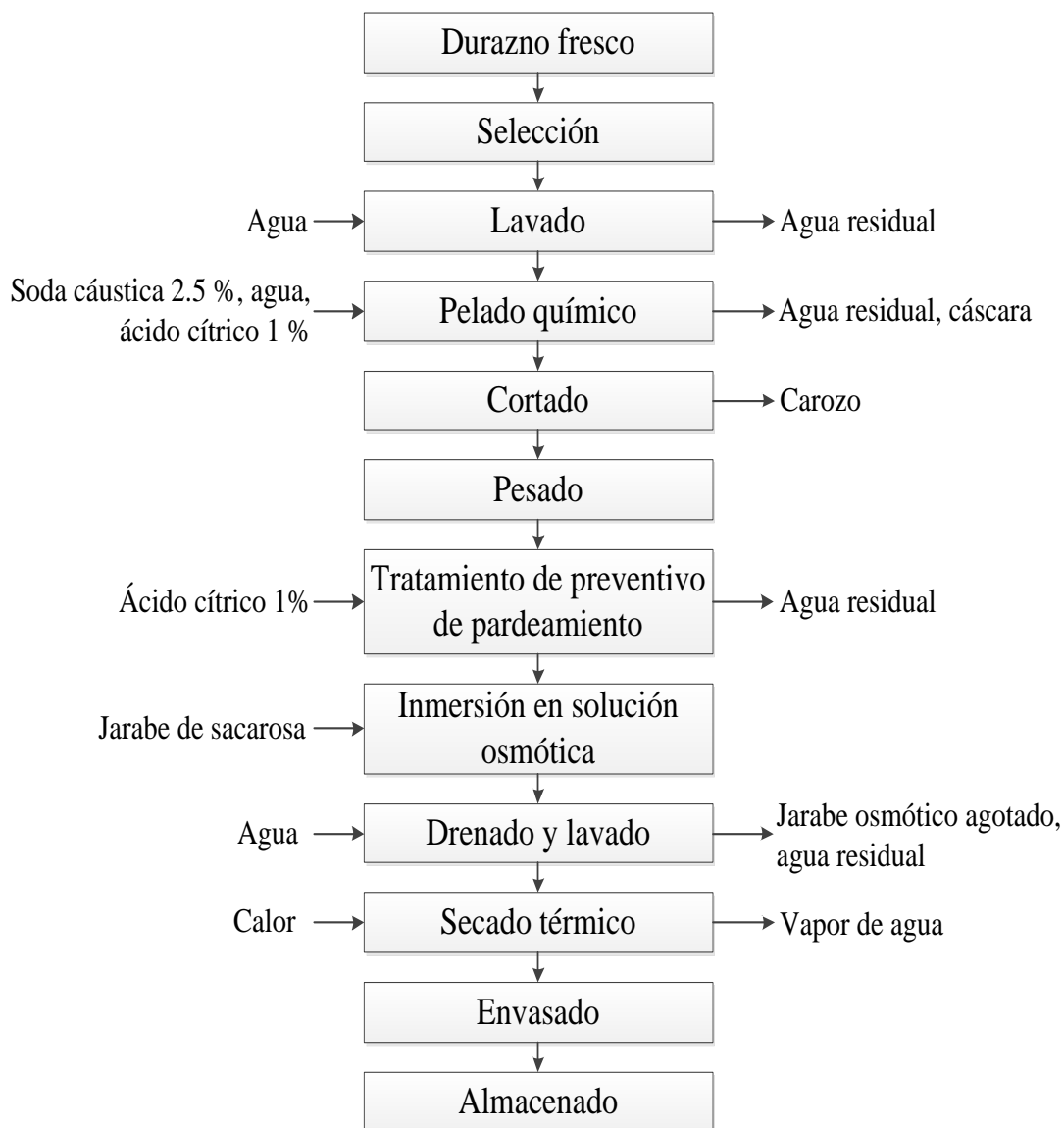
La pérdida de nutrientes durante el almacenamiento depende en gran medida de la temperatura y del tipo de envasado.

Las frutas y vegetales, tanto frescos como deshidratados, deben almacenarse a temperaturas relativamente bajas, para maximizar su vida útil. La temperatura afecta no sólo al desarrollo de microorganismos, sino también a todos los procesos químicos y bioquímicos en los alimentos. La velocidad de la mayoría de las reacciones químicas se dobla aproximadamente cada 10 °C de aumento de temperatura (Richardson, 1976).

Para una buena conservación de los alimentos deshidratados, se necesitan temperaturas < 20 °C, condiciones que reducen las velocidades de reacciones enzimáticas, afectando a la afinidad enzima-substrato.

## 2.12 PROCESO PRODUCTIVO

**Figura 2-14. Diagrama de bloques de la elaboración de orejones de durazno**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.12.1 Descripción del proceso productivo

#### *Durazno fresco*

La calidad de la materia prima es fundamental para la elaboración de orejones de durazno, por lo que se debe considerar lo siguiente: evitar las cosechas en lluvia debido

a que esta fruta es perecedera, evaluar el estado de madurez, así como su estado sanitario de las frutas.

### *Selección*

Las frutas que no cumplan con la calidad de exigencia para la elaboración de los orejones de durazno, deben ser separadas y desechadas del stock de procesamiento.

### *Lavado*

El lavado ayudará a eliminar las impurezas que se presentan en la superficie del durazno como ser: tierra, arenilla, microorganismos, etc.

### *Pelado químico*

Consta de tres etapas:

La primera: Los duraznos se sumergen en soda cáustica al 2.5 %; a una temperatura de 90 °C, por un tiempo de 2 a 3 minutos.

Equipos de aplicación: Baño maría, cronometro, termómetro.

La segunda: Con la ayuda de guantes impermeables y chorros de agua se debe quitar la cáscara cuidadosamente sin dañar la fruta.

La tercera: Para cumplir con la calidad de los duraznos pelados se debe eliminar las trazas restantes del Na(OH) por completo en la superficie, para lo cual se neutralizará con ácido cítrico al 1 % mediante una reacción ácido-base.

Equipos de aplicación: pHmetro, cronómetro y un titulador ácido-base para determinar el tiempo óptimo del proceso mediante la determinación de la concentración del ácido cítrico restante.

### *Cortado*

En forma rodajas.

Material de aplicación: Cuchillo.

### *Pesado*

El pesado se da con el fin de cuantificar la masa del durazno, lo cual a su vez servirá como dato de referencia para pesar el jarabe de sacarosa entre otros.

Equipo de aplicación: Balanza eléctrica.

### *Tratamiento preventivo de pardeamiento*

Las rodajas de durazno después del pesado, se deben sumergir en ácido cítrico al 1 % en un tiempo óptimo donde formará una capa de partículas en la superficie, quien les protegerá del pardeamiento enzimático y no enzimático durante el proceso de elaboración y su vida útil.

Equipos de aplicación: cronómetro.

### *Deshidratación por ósmosis (en jarabe de sacarosa)*

Ésta es la fase más importante del proceso de deshidratación, aquí se introducen las partículas de ácido cítrico y sacarosa a la estructura del producto, quienes determinaran la calidad del producto final en su color, sabor, olor y textura. Por lo que es necesario hacer una buena elección de las variables a estudiar.

El proceso consta en sumergir las rodajas de durazno dentro de la solución hipertónica en el cual habrá intercambio de materia y energía del alimento hacia la solución y viceversa en función del tiempo. Como resultado de esta operación la fruta perderá agua en una cantidad considerable, así como también ganará sólidos deseables.

Equipos de aplicación: refractómetro, balanza eléctrica y un agitador magnético.

### *Drenado y lavado*

Después del drenado, las rodajas de durazno deben ser lavadas por un tiempo supercorto para evitar la rehidratación en la fruta. El lavado se da con la finalidad de eliminar la sacarosa incrustada en la superficie del durazno.

### *Secado térmico*

El secado térmico es un proceso complementario a la deshidratación por ósmosis, cuya finalidad es reducir la humedad por debajo del 25 % a la fruta, conservando lo más que se pueda las propiedades nutricionales y organolépticas del producto final.

Para conservar las propiedades nutricionales y organolépticas del producto, se debe considerar los parámetros de operación según el tipo de secado térmico elegido, los cuales deben ser los óptimos que permitan obtener el producto esperado.

Secados térmicos recomendados: por aire caliente, por liofilización, al vacío o secado natural.

### *Envasado*

Los orejones de duraznos recién sacados del secador deben reposar unas 24 horas, antes de envasarse, para que la fruta pueda respirar y así equilibrar su humedad interna.

Los envases deben ser de polietileno denso, impermeables, al momento de envasarse debe inspeccionarse el producto y el envase, para posteriormente sellarlos y llevarlos al almacén.

Equipos de aplicación: Balanza; sellador térmico.

### *Almacenado*

Se debe almacenar en lugares frescos, secos, en temperaturas por debajo de los 20 ° C, lejos de la presencia de los rayos ultravioleta, para evitar el deterioro nutricional y el acortamiento de su vida útil del producto.

**CAPÍTULO III**  
**PARTE EXPERIMENTAL**

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El durazno flordaking, es una de las variedades más cultivadas en el municipio de Bermejo, se caracteriza por el tamaño grande a mediano, con carne amarilla-rojiza, de sabor agridulce, propio en la región. Ver Figura 3-1.

**Figura 3-1. Cultivo de durazneros flordaking en Colonia Barredero**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para la elaboración y el estudio de “orejones de durazno”, se viajó a la comunidad Colonia Barredero de donde se compró el durazno flordaking en varios lotes según la necesidad del trabajo de investigación.



### 3.1.1 Características físicas de la materia prima

Los duraznos adquiridos son de tamaño (medio), textura firme y maduración estable, de la cual se seleccionó 15 muestras representativas, para hacer las distintas mediciones experimentales de las siguientes propiedades físicas de la materia prima:

- Peso bruto (g).
- Peso neto (g).
- Diámetro polar (cm).
- Perímetro ecuatorial (cm).
- Espesor de la pulpa (cm).

**Tabla III-1. Características físicas de la materia prima**

Muestra	Peso Bruto (g)	Peso Neto (g)	Altura (cm)	Perímetro Ecuatorial (cm)	Espesor de la pulpa (cm)
1	56.30	47.92	5.60	14.20	1.20
2	54.30	46.43	5.20	14.20	1.00
3	67.50	57.11	6.30	15.60	1.50
4	65.60	55.40	6.10	15.30	1.50
5	60.80	51.44	6.00	15.00	1.40
6	57.40	48.85	6.10	15.20	1.30
7	59.50	50.54	5.90	15.20	1.40
8	55.40	47.26	5.80	14.80	1.20
9	57.30	48.87	5.90	14.70	1.20
10	66.20	56.12	6.20	15.40	1.50
11	58.90	48.93	5.60	15.10	1.40
12	55.20	46.99	5.50	14.40	1.00
13	59.10	50.29	5.80	14.80	1.30
14	60.30	51.41	5.80	15.00	1.40
15	56.30	47.92	5.90	14.80	1.10

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-1, muestran los datos de valores experimentales medidos a 15 muestras representativas del durazno flordaking.

La medición se realizó mediante el vernier, un instrumento de medida longitudinal marca PRETUL, en las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU),

de la carrera de Ingeniería Química, dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” (UAJMS).

**Tabla III-2. Resultados de las propiedades físicas del durazno**

<b>Cálculos estadísticos</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Neto (g)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Perímetro Ecuatorial (cm)</b>	<b>Espesor de la pulpa (cm)</b>
Media	59.34	50.24	5.85	14.91	1.29
Mediana	58.90	49.93	5.90	15.00	1.30
Varianza Muestral	17.19	11.39	0.08	0.17	0.03
Desviación estándar	4.15	3.37	0.29	0.42	0.17
Coefficiente de variación	0.07	0.07	0.05	0.03	0.13

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-2, muestra los resultados de las propiedades físicas del durazno medidos en la tabla III-1, como ser la media, mediana, varianza muestral, la desviación estándar, y el coeficiente de variación.

### 3.1.2 Propiedades fisicoquímicas

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del durazno, se seleccionó 10 muestras representativas, las mismas fueron sometidas a un proceso de trituración para extraerles el zumo, condiciones ideales para realizar las mediciones fisicoquímicas con los equipos disponibles en el laboratorio de operaciones unitarias de Ing. Química, como ser:

- Los sólidos solubles °Brix, refractómetro digital **ABBE**.
- La temperatura °C, en el termómetro de mercurio.
- pH en el potenciómetro digital **HANNA**.

**Tabla III-3. Parámetros fisicoquímicos del durazno medidas en el (LOU)**

<b>Muestra</b>	<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
----------------	---------------------------------	-----------	-------------------------

1	9.40	3.70	20.50
2	8.60	3.20	22.40
3	10.20	2.60	21.60
4	7.60	3.50	23.40
5	8.80	3.40	22.10
6	8.60	2.90	21.50
7	10.80	2.80	20.80
8	9.50	3.50	22.50
9	7.20	3.80	23.20
10	7.40	3.20	22.70

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-3, muestra los datos fisicoquímicos determinados de manera experimental basado en 10 muestras.

**Tabla III-4. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del durazno**

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Temperatura (°C)
Media	8.81	3.26	22.07
Mediana	8.70	3.30	22.25
Varianza Muestral	1.43	0.16	0.93
Desviación estándar	1.19	0.39	0.96
Coefficiente de variación	0.14	0.12	0.04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-4, muestra los resultados de las propiedades fisicoquímicas del durazno medidos en la tabla III-3.

Las **propiedades nutricionales** que presenta el durazno, fueron determinadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (**CEANID**), como ser:

- (%) de Agua.
- (%) de Proteínas.
- (%) de Grasa.
- (%) de Fibra.
- (%) de Hidratos de carbono.
- (%) de Azúcares reductores.

- (%) de Ceniza.
- (%) de Valor energético.

Ver los resultados del análisis de las propiedades nutricionales en la tabla IV-3, del siguiente capítulo “resultados y discusiones”.

## **3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Por la extensión del proyecto, el trabajo de investigación plantea una fase experimental en dos bloques de estudio: El deshidratado por ósmosis y el secado térmico.

### **3.2.1 Deshidratado por ósmosis**

El trabajo de investigación en su primera fase, aplica un diseño factorial para obtener un modelo matemático, que permita determinar el efecto de las variables estudiadas y poner al punto donde se tenga la mayor ganancia de sólidos solubles necesarios por el alimento, que le ayude a mejorar su textura, así como sus propiedades organolépticas.

Las variables de mayor efecto en la deshidratación osmótica son:

#### *La concentración del agente osmótico*

Una de las variables más significativas respecto a la transferencia de materia, tanto en la pérdida de agua como la ganancia de sólidos solubles necesarios para el producto final.

#### *El tiempo*

Esta variable es representativa por ser una de las más importantes en el contexto de rendimiento productivo, por lo cual es necesario controlar el tiempo óptimo del proceso deshidratación.

*Las variables como ser:* agitación, temperatura y relación masa/masa (fruta/agente osmótico) no se tomaron en cuenta como variables de operación porque no tienen un efecto significativo respecto al producto que se quiere obtener, son variables más complementarias que operativas.

#### **3.2.1.1 Diseño factorial**

##### *Codificación de las variables*

Factor X: Concentración del agente osmótico (°Brix).

✓ Factor Y: Tiempo (h).

Los **niveles óptimos de operación** de cada variable, fueron determinados través de pruebas organolépticas de autoevaluación, respaldadas con la bibliografía, lo cual estipula que los valores encontrados son confiables.

**Tabla III-5. Factores seleccionados y niveles de operación**

Factores	N° de Niveles	
	Inferior (-)	Superior (+)
X: Concentración osmótica (°Brix)	50	60
Y: Tiempo (h).	4	6

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-5, se representan los factores seleccionados, con sus niveles respectivos de operación.

#### ***Variable respuesta***

➤ Ganancia de sólidos solubles por el producto deshidratado (SG).

La variable respuesta, busca mejorar rendimiento en masa del producto final a partir de la matriz del diseño factorial, además esta variable tiene la función ventajosa de mejorar la textura, sabor y mantener un color estable del producto elaborado.

#### ***Matriz de diseño factorial***

La fórmula de diseño experimental está basado en los niveles óptimos de investigación, de donde se recabaron los datos reales para su representación.

La matriz del diseño factorial para este estudio se representa mediante el siguiente modelo matemático.

$$\text{Número de experimentos} = n^k.$$

Dónde:

n: Número de niveles experimentales a medir.

k: Número de factores (variables a medir en el proceso).

Representando los números reales del proceso en la fórmula queda:

$$\text{Número de experimentos} = 2^2 = 4.$$

El número total de experimentos incluye los experimentos principales y sus réplicas.

$$\text{Número total de experimentos} = 4 * 2 = 8.$$

El número de combinaciones entre factores y niveles se representa en la siguiente tabla.

**Tabla III-6. Diseño factorial del proceso de deshidratación por ósmosis**

Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	Respuesta SG (%)
A1	+1	+1	R1
A2	-1	+1	R2
A3	+1	-1	R3
A4	-1	-1	R4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-6, muestra el diseño factorial, del proceso de deshidratación por ósmosis, mediante los niveles supuestos (+) y (-) de cada variable seccionada, con sus repuestas respectivas SG (%) para cada muestra.

**Tabla III-8. Diseño factorial del proceso real aplicado en la deshidratación por ósmosis**

Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	Respuesta SG (%)
A1	6	60	R1
A2	4	60	R2
A3	6	50	R3
A4	4	50	R4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-8, muestra el diseño factorial para la elaboración los orejones de durazno, mediante la combinación de factores y niveles con valores reales de trabajo, para la obtención de las variables respuestas ganancia de sólidos solubles SG (%) en cada experimento (codificado como R).

En este mismo modelo se hará la réplica para reconfirmar los datos experimentales del estudio de investigación, haciendo un total de 8 experimentos.

### **3.2.2 Secado térmico**

#### **3.2.2.1 Selección del secado térmico:**

Tipos de secado térmico:

- Secado natural (SN).
- Secado al vacío (SV).
- Secado por liofilización (SL).
- Secado por aire caliente (SAC).

Para seleccionar el proceso de secado térmico, es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada técnica, con ello es posible someter a una evaluación mediante una matriz de decisión. Ver las técnicas de secado en el capítulo anterior.

#### **❖ Matriz de decisión**

En todo proceso de planificación estratégico se evalúan diferentes alternativas de actuación para seleccionar con criterio la más pertinente. La matriz de decisión es una herramienta estratégica para tal fin, que nos permite seleccionar de manera ponderada la alternativa que obtiene mayor valor entre las opciones comparadas.

#### ***Parámetros de evaluación de la matriz de decisión***

##### **▪ *Aplicabilidad del método en Bermejo***

Hace referencia si el método de secado térmico es conveniente aplicar en Bermejo o no, considerando principalmente sus condiciones de clima y producción.

Su ponderación asignada es 15/100; dado que el secado elegido será replicado en Bermejo.

##### **▪ *Costo de inversión***

Hace referencia al costo de capital activo necesario para poner en funcionamiento un secador térmico.

Su ponderación asignada es 20/100, dependerá del coste de la tecnología y del tipo de producto que se quiere obtener.

- *Costo de producción*

Son los gastos invertidos en la transformación del producto desde que entra como materia prima entra hasta que sale como producto con valor agregado.

La ponderación asignada es 25/100, porque determina el precio del producto final, si es caro o accesible para los compradores.

- *Efectividad del secado térmico*

Hace referencia a la efectividad del secado térmico en función del tiempo y el gasto energético, desde que empieza el proceso hasta que termina.

Su ponderación asignada es 10/100, es un parámetro importante a considerar porque de ello dependerá el tiempo del secado.

- *Calidad del producto*

Hace referencia al grado de aceptabilidad del producto terminado en el área nutricional, organoléptico y sanitario.

La ponderación asignada es 30/100, porque la calidad es lo primero que un comprador observará antes de hacer gasto.

**Cuadro III-1. Metodología usada en la matriz de decisión**

Columna	Descripción
A	Representa los valores de ponderación de los diversos parámetros a evaluar del proyecto, la suma de los ponderados debe ser 100.



B	En la columna B se representa a los parámetros evaluados.
C	La columna C evalúa cada parámetro de la columna B con Calificaciones de 0 si no se aplica, 1 si la aplicación es deficiente, 3 si es adecuada para el proyecto, 5 si es muy bueno o excelente para el proyecto.
D	La columna D es el resultado de la división entre la calificación asignada a cada rubro de la columna C y la calificación máxima que se puede asignar “5”.
E	La columna E es el resultado de la multiplicación del valor de la columna D y la columna A

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla III-7. Aplicación de la matriz de decisión**

Selección del secado térmico														
	A	B	C	D	E	C	D	E	C	D	E	C	D	E
Nº	%	Parámetro evaluado	SN			SV			SL			SAC		
1	15	Aplicabilidad del método en Bermejo	0	0	0	3	0.6	9	5	1	15	5	1	15
2	20	Costo de inversión	5	1	20	3	0.6	12	1	0.2	4	3	0.6	12
3	25	Costo de producción	5	1	25	3	0.6	15	3	0.6	15	5	1	25
4	10	Efectividad del secado	1	0.2	2	3	0.6	6	5	1	10	5	1	10
5	30	Calidad del producto	3	0.6	18	3	0.6	18	5	1	30	5	1	30
Total	100	Calificación sobre 100	65			60			74			92		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-7, muestra el mecanismo de selección de la matriz de decisión en base a los parámetros de evaluación asignados. El secado térmico con mayor ponderación es “SAC” Secado por Aire Caliente con el 92 % de aprobación.

### 3.2.2.2 Secado por aire caliente



#### ❖ Variables de operación

*El tamaño de partícula*, juega un rol importante dentro del secado por aire caliente, a mayor área de contacto, habrá mayor velocidad de secado por lo cual el tiempo de operación será menor. Para el estudio de investigación el tamaño de partícula se ha diseñado desde el punto de vista estético para una fácil manipulación, pero sobre todo para que el efecto del deshidratado osmótico, así como el secado por aire caliente sean rápidos y eficientes. Ver figura 3-8.

*Temperatura de operación 50 °C*: Es una temperatura óptima de secado que garantiza que las propiedades nutricionales y organolépticas sensibles al calor dentro del durazno se mantendrán intactas. En el desarrollo de la investigación esta temperatura se halla regulada mediante un termostato eléctrico quien propicia energía mediante ciclos de funcionamiento que va desde 47 °C hasta 53 ° C dentro del secador tiro forzado.

*Velocidad del flujo de aire*: En base a experiencias se pudo observar lo siguiente. Ver cuadro III-2.

**Cuadro III-2. Aplicación de la velocidad del flujo de aire**

Flujo de aire (m <sup>3</sup> /s)	Producto 1	Flujo de aire (m <sup>3</sup> /s)	Producto 2
1.2095*10 <sup>-4</sup> →		3.7993*10 <sup>-3</sup> →	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El cuadro III-2, muestra el efecto de la aplicación de dos velocidades diferentes de aire caliente a muestras similares de durazno, en el cual se puede observar un efecto no deseado en la superficie del **producto 2** (protuberancias), por lo que es recomendable descartar esta opción.

**Tabla III-8. Variables de operación óptima para el secado por aire caliente**

Tamaño partícula	de	Temperatura (°C)	Presión (atm)	Flujo de aire (m <sup>3</sup> /s)

✓	50	1	$1.2095 \cdot 10^{-4}$
---	----	---	------------------------

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### 3.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

#### 3.3.1 Equipos utilizados

*Balanza eléctrica*, equipo en el cual se miden las masas de las muestras, reactivos e insumos. Ver anexo III.

*Calentador magnético*, equipo multiuso, controla la temperatura, como el grado de agitación del jarabe durante la deshidratación por ósmosis. Ver anexo III.

*Potenciómetro*, equipo usado para medir el pH del durazno, al inicio del proceso como en la neutralización del pelado químico. Ver anexo III.

*Refractómetro digital*, equipo en el cual se mide el índice de refracción en °Brix, tanto de la materia prima como del jarabe osmótico en sus distintas etapas del proceso. Ver anexo III.

*Secador infrarrojo*, mide la humedad de las rodajas de durazno, en las distintas etapas del proceso de secado por aire caliente. Ver anexo III.

*Secador por aire forzado*, equipo usado para reducir la humedad de los duraznos osmodeshidratados, hasta obtener un producto microbiológicamente estable. Ver anexo III.

*Selladora de bolsas de polietileno*, equipo utilizado para soldar la boca de las bolsas con el producto elaborado mediante el prensado térmico. Ver anexo III.

#### 3.3.2 Materiales de laboratorio

- *Barra de agitación magnética.*
- *Bolsa pouch de polietileno.*
- *Bureta*
- *Colador (filtro de plástico).*
- *Cronómetro.*

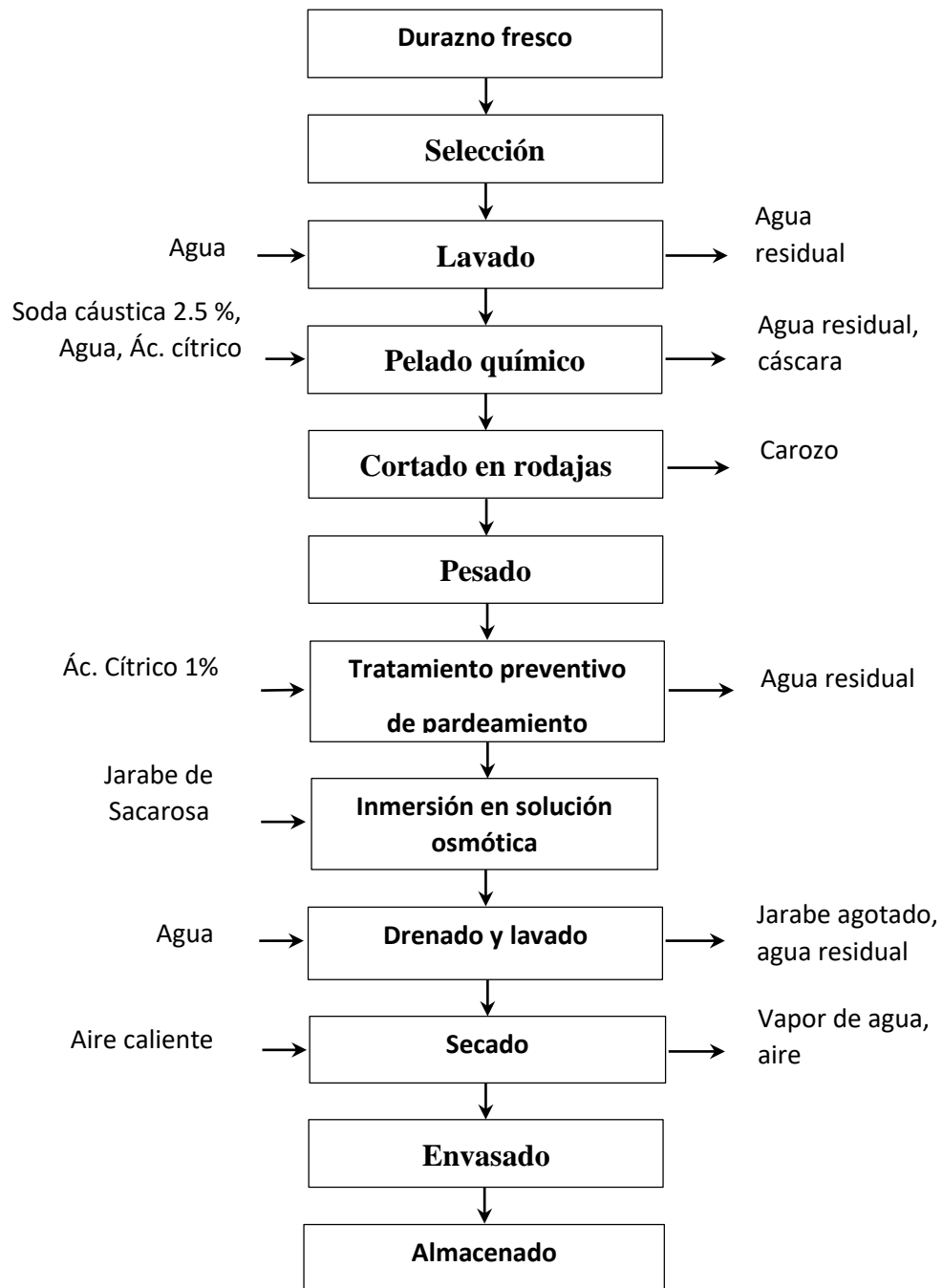
- *Cuchillo de acero inoxidable.*
- *Anemómetro*
- *Frasco de vidrio de 1.5 litros.*
- *Fuentes de plástico.*
- *Guantes látex.*
- *Jarra de 1 litro.*
- *Matraz Erlenmeyer*
- *Olla de acero inoxidable*
- *Papel de aluminio.*
- *Pinza para alimento.*
- *Pipeta*
- *Probeta 500 ml.*
- *Termómetro.*
- *Vasos de precipitación 1 litros.*
- *Vernier.*

### **3.3.3 Reactivos e insumos**

- *Ácido cítrico.*
- *Azúcar.*
- *Soda cáustica.*

## **3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO TECNOLÓGICO**

**Figura 3-2. Diagrama de bloques para obtención de orejones de durazno**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

## 3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

### 3.5.1 Selección

La selección del durazno, es un proceso de separación de las frutas en buen estado de las frutas que no cumplen con los niveles de exigencia para el proceso requerido, (ver en la figura 3-3).

Entre las exigencias tenemos:

*Estado de madurez:* que la maduración sea óptima del fruto, buen color, sabor, olor, y firmeza de la textura en el alimento, las frutas que no cumplen las exigencias debido a la falta de maduración o maduración excesiva, pasan a ser descartadas.

*Daño microbiológico:* Dependiendo del tiempo de conservación, cuidado y el control fitosanitario, existe la posibilidad del desarrollo de microorganismos en las frutas adquiridas, en casos de contaminación, las frutas deben ser separados inmediatamente del lote seleccionado.

*Daños mecánicos:* todos los duraznos con daños físicos debido a golpes y fracturas superficiales que presentan durante la cosecha y traslado de la materia prima, deben ser separados de las frutas seleccionadas.

**Figura 3-3. Durazno seleccionado**



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### 3.5.2 Lavado

Es una operación higiénica, que constituye en regar la superficie del alimento con agua potable a temperatura ambiente, para eliminar las impurezas que se presentan como: tierra, piedras, microorganismos, etc.

### 3.5.3 Pelado químico

*Preparación de las soluciones para el pelado químico.*

**Soda cáustica al 2.5 %.** Ver su ficha técnica en el anexo IV.

$$2.5 \% \text{ de Na(OH)} = \frac{12.5 \text{ [g] de Na(OH)}}{12.5 \text{ [g] de Na(OH)} + 487.5 \text{ [g] de agua}}$$

Para preparar 500 g de solución alcalina, se usó soda cáustica granulada al 99 % de pureza, la cual se pesó y se disolvió en agua potable. Como tal la soda cáustica es un agente contaminante, corrosivo y peligroso, por lo que se debe usar ropa de protección y realizar estricta vigilancia durante su aplicación.

**Ácido cítrico al 1 %.** Ver la ficha técnica en el anexo IV.

$$1.0 \% \text{ de ácido cítrico} = \frac{10 \text{ [g] de Na(OH)}}{10 \text{ [g] ácido cítrico} + 490 \text{ [g] de agua}}$$

Para preparar 500 g de solución ácida, se usó el ácido cítrico anhidro al 99.99% en pureza, el mismo después del pesado se disolvió en agua potable. Esta sustancia es un agente acidificante usado como neutralizador, pero también actúa como agente antipardeamiento, es un producto que puede provocar irritación a los ojos o mucosa cuando entra en contacto con los mismos, por lo que es necesario usar de ropa de protección.

El control o la eliminación de estas sustancias químicas usadas en el pelado del durazno pueden ser a través de dos alternativas: la **reutilización** y la posterior neutralización o directamente la **neutralización ácido-base**.

### *Pelado químico*

Usa una concentración de Na(OH) al 2.5 % a 90 °C (dato de bibliografía), esto para que el pelado no tenga complicaciones, ni efectos adversos en la superficie, tomando en cuenta que la soda cáustica es un reactivo contaminante, corrosivo de reacción violenta.

En cuanto al tiempo de inmersión se llegó a la conclusión tras pruebas en el pelado químico que no es necesario aplicar 3 minutos de inmersión del durazno en soda cáustica, porque el %  $\eta$  de pulpa es 0.87 veces menor que el %  $\eta$  de pulpa en 2 min, esto hace referencia de que el Na(OH) sigue reaccionando conforme transcurre el tiempo hasta agotarse.

### *Proceso del pelado químico*

El pelado químico, es una operación basada en los efectos combinados de un ataque químico y de un shock térmico entre la fruta y la solución alcalina (soda cáustica) al 2.5 % mediante la inmersión de la fruta en la solución en las siguientes condiciones:

Temperatura 90 °C, tiempo de aplicación 2 minutos. Ver la figura 3-4.

**Figura 3-4. Inmersión del durazno en soda cáustica**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

El lavado de los duraznos se da mediante chorros de agua, con la ayuda de guantes látex para extraer cuidadosamente la cáscara hasta eliminar en su totalidad, ver la (figura 3-5).



**Figura 3-5. Lavado y extracción de cáscara**

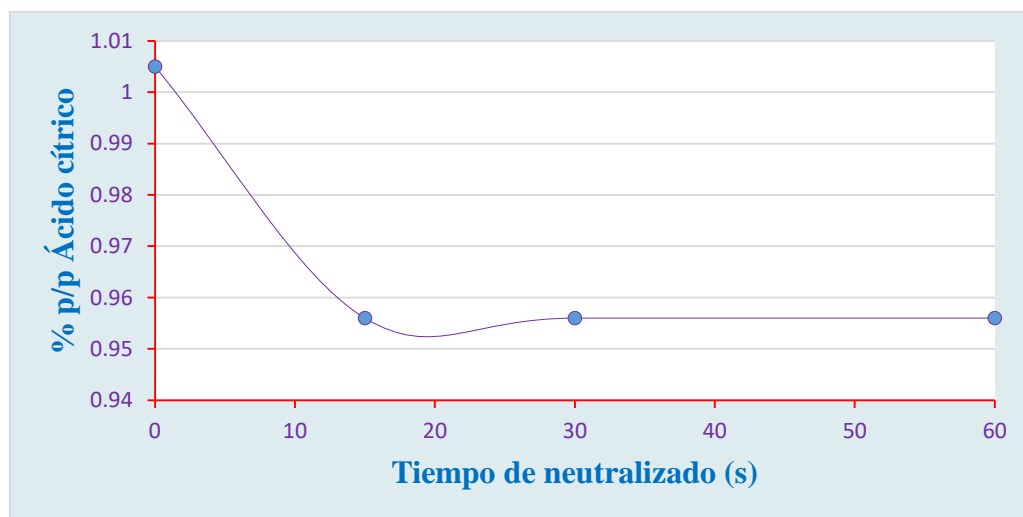


Fuente: Elaboración propia, 2018.

*Experiencias del neutralizado*

El durazno después del lavado se neutraliza con ácido cítrico al 1 % quien elimina completamente el Na(OH) de la superficie. Para saber el tiempo óptimo de neutralizado se realizó mediciones a la concentración del ácido cítrico que contiene a los duraznos, en forma gradual en función del tiempo cada 15 segundos a través de una titulación ácido-base, hasta que la concentración en estudio se mostró invariable, demostrando que el reactivo limitante se ha terminado. Ver figura 3-6.

**Figura 3-6. Tiempo óptimo de neutralizado**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tras las pruebas experimentales se pudo constatar que la reacción ácido-base de neutralización es instantánea < 15 segundos, con un pH casi invariable en la concentración del ácido cítrico 2.26 a 2.29.

### *Fase experimental*

Los duraznos después del lavado, se bañaron en ácido cítrico al 1%, por un tiempo aproximado de un 1 min, donde se dio el neutralizado y una preprotección antipardeamiento al durazno para mantener el color estable durante las operaciones de cortado y pesado, considerando que el durazno flordaking es una fruta sensible al pardeamiento enzimático (figura 3-7).

**Figura 3-7. Neutralización de la soda cáustica con ácido cítrico en el durazno**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### **3.5.4 Cortado en rodajas**

Según la bibliografía citada en el marco teórico, el tamaño y la forma del producto juegan un papel importante en la cinética del proceso de deshidratación, además determina la forma estética de presentación del producto final.

El procedimiento en esta fase se hizo de la siguiente forma: los duraznos después del pelado químico, son sometidos al descuartizado en rodajas con un cuchillo de acero inoxidable, dejando un espesor a cada rodaja de aproximadamente 10 milímetros, ver en la figura 3-8.

**Figura 3-8. Rodajas de durazno**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.5.5 Pesado

El pesado de las rodajas de durazno se determinó en la balanza electrónica, debido a la importancia que presenta en los cálculos del proceso tecnológico, y la cantidad es determinante para saber cuánto de solución osmótica se empleará.

Para el trabajo de investigación se empleó aproximadamente 250 g de pulpa en cada experimento.

### 3.5.6 Tratamiento preventivo de pardeamiento

Las frutas en lo general durante el proceso de deshidratado, sufren pardeamiento enzimático y no enzimático, que cambian el color y el sabor del producto que, en muchos casos, no son agradables.

Para evitar este problema se seleccionó un agente acidulante (ácido cítrico), que tiene la función de reducir el pH de las rodajas, y prevenir el pardeamiento durante proceso de deshidratación y almacenamiento del producto terminado.

**Figura 3-9. Tratamiento preventivo de pardeamiento con ácido cítrico**



Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 3-9, se muestra el tratamiento de las rodajas de durazno en ácido cítrico al 1%, para evitar el pardeamiento posterior, y obtener un buen color y gusto del producto final.

Después de varias pruebas preliminares de autoevaluación organoléptica se determinó para un bañado uniforme de las rodajas, un tiempo óptimo de 10 minutos aproximadamente, con agitación continua a 100 rpm.

### **3.5.7 Deshidratación osmótica**

#### *Preparación del jarabe*

El agente osmótico utilizado para este proyecto de investigación es la sacarosa, (azúcar blanca de Bermejo).

Para la preparación del jarabe se pesó agua y azúcar en la balanza electrónica, diluyéndose poco a poco en el vaso de precipitación, para posteriormente llevarlo al agitador magnético para su mejor disolución, controlando los grados °Brix mediante el refractómetro hasta su completa disociación de la sacarosa.

Preparación de 1000 g de jarabe para las siguientes concentraciones:

$$60 \text{ }^\circ\text{Brix} = \frac{600 \text{ g de azúcar}}{400 \text{ g de agua potable}}$$

$$50 \text{ }^\circ\text{Brix} = \frac{500 \text{ g de azúcar}}{500 \text{ g de agua potable}}$$

#### *Deshidratación de las rodajas de durazno por ósmosis*

La deshidratación osmótica es la primera etapa de deshidratación de los orejones de durazno donde la fruta pierde agua en una cantidad aproximada del 50 % de su peso inicial. Junto al agua que pierde la fruta son arrastradas pequeñas partículas de sustancias orgánicas en cantidades insignificantes, así como la introducción de sólidos solubles como azúcares y partículas de ácido cítrico necesarias desde el jarabe hacia la fruta distribuyéndose dentro del tejido vegetal mediante difusión hasta que alcanza el equilibrio conforme transcurre el tiempo de deshidratado.

*Para la elaboración experimental del producto:* se usó 250 g de pulpa, bajo las siguientes condiciones de operación: la relación óptima jarabe de sacarosa/fruta de durazno es de 3:1, con una agitación de 100 rpm, y una temperatura de 45 °C.

La medición de las variables de acuerdo al diseño factorial son: los °Brix del jarabe en un tiempo óptimo de operación en (h) para lograr deshidratar e introducir la cantidad de sólidos deseables, en un total de 8 experimentos de investigación entre las mediciones principales y sus réplicas.

**Figura 3-10. Deshidratación de las rodajas de durazno por osmosis**



Fuente: Elaboración propia, 2018

En la figura 3-10, se muestra la deshidratación de las rodajas de durazno inmersas en la solución osmótica en su totalidad con la ayuda de una tapa de vidrio, dentro de un vaso de precipitación, tapado con papel de aluminio para evitar las pérdidas de vapor de agua.

### *Mediciones experimentales*

**Tabla III-9. Medición de la muestra A1**

Tiempo (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)		Concentración del jarabe (°Brix)	
	Medición I	Medición II	Medición I	Medición II
0	250.34	250.27	60.00	60.00
1	196.27	194.49	54.42	54.23
3	138.43	136.80	51.45	51.39
6	124.65	121.99	48.17	47.92

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-9, muestra los resultados experimentales de la muestra A1, sometidas a dos pruebas de investigación: la medición I y II, las siguientes variables: tiempo (h), peso de las rodajas de durazno (g), concentración del jarabe (°Brix).

Las condiciones de operación: temperatura 45 °C, relación 3:1 jarabe/fruta, concentración del jarabe 60 °Brix, agitación 100 rpm, tiempo de deshidratado 6 horas.

**Tabla III-10. Medición de la muestra A2**

Tiempo (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)		Concentración de la solución osmótica (°Brix)	
	Medición I	Medición II	Medición I	Medición II
0	250.17	250.32	60.00	60.00
1	193.80	195.60	54.80	54.02
2	161.53	162.48	52.63	52.83
4	133.59	134.58	50.62	50.87

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-10, muestra los resultados experimentales de la muestra A2, sometidas a dos pruebas de investigación: la medición I y II, las siguientes variables: tiempo (h), peso de las rodajas de durazno (g), concentración del jarabe (°Brix).

Las condiciones de operación: temperatura 45 °C, relación 3:1 jarabe/fruta, concentración del jarabe 60 °Brix, agitación 100 rpm, tiempo de deshidratado 4 horas.

**Tabla III-11. Medición de la muestra A3**

Tiempo (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)		Concentración de la solución osmótica (°Brix)	
	Medición I	Medición II	Medición I	Medición II
0	250.36	250.32	50.00	50.00
1	210.06	208.95	45.62	46.24
3	167.12	168.66	42.76	42.85
6	138.96	140.86	41.31	41.38

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-11, muestra los resultados experimentales de la muestra A3, sometidas a dos pruebas de investigación: la medición I y II, las siguientes variables: tiempo (h), peso de las rodajas de durazno (g), concentración del jarabe (°Brix).

Las condiciones de operación: temperatura 45 °C, relación 3:1 jarabe/fruta, concentración del jarabe 50 °Brix, agitación 100 rpm, tiempo de deshidratado 6 horas.

**Tabla III-12. Medición de la muestra A4**

Tiempo (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)		Concentración del jarabe (°Brix)	
	Medición I	Medición II	Medición I	Medición II
0	250.35	250.06	50.00	50.00
1	211.62	209.70	45.12	45.41
2	186.14	184.47	43.95	44.32
4	153.11	152.05	42.08	42.36

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-12, muestra los resultados experimentales de la muestra A1, sometidas a dos pruebas de investigación: la medición I y II, las siguientes variables: tiempo (h), peso de las rodajas de durazno (g), concentración del jarabe (°Brix).

Las condiciones de operación: temperatura 45 °C, relación 3:1 jarabe/fruta, concentración del jarabe 50 °Brix, agitación 100 rpm, tiempo de deshidratado 4 horas.

### **3.5.8 Drenado y lavado**

En esta fase, las rodajas de durazno después de la deshidratación por ósmosis son escurridas en un colador de plástico. Al finalizar el proceso de drenaje, se puede observar una presencia elevada de sacarosa en la superficie del durazno, que se elimina con un bañado de agua tibia a 50 °C. Ver la figura 3-11.

**Figura 3-11. Eliminación de la sacarosa en la superficie del durazno**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **3.5.9 Secado por aire caliente**

El objetivo básico del secado por aire caliente es la remoción del agua hasta un nivel en el que se inhibe la proliferación microbiológica, consecuentemente de ello se obtiene un producto estable, de mayor vida útil y una excelente calidad, similar a las frutas frescas.

Una vez eliminada la sacarosa de la superficie de las rodajas por medio del lavado, estas se llevaron al secador de bandejas, con aire forzado, bajo las siguientes condiciones: temperatura 50 °C, P = 1 atm, flujo de aire  $1.2095 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . El proceso de secado fue constante hasta que la pérdida de agua entro en equilibrio con el medio, es donde el peso de la fruta deshidratada se vuelve constante en el tiempo.

**Figura 3-12. Secado por aire caliente**



Fuente: Elaboración propia, 2018.



En la figura 3-12, muestra a las rodajas de durazno entrando a un secador de aire forzado, con un espaciado unas a otras, puestas sobre una bandeja de malla milimétrica, que permite que el flujo llegue directamente al alimento.

La humedad final en cada medición del proceso, se determinó en el secador infrarrojo para cada muestra, a una temperatura estándar de 100 °C.

**Tabla III-13. Secado por aire caliente de la muestra A1**

Tiempo de secado (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)	
	Repetición I	Repetición II
0	124.65	121.99
2	66.53	64.87
4	46.54	48.23
6	36.35	37.24
7	32.84	33.14

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-13, muestra los datos del descenso del peso del durazno por efecto del secado por aire caliente aplicado a la muestra A1 en un tiempo de 7 horas.

**Tabla III-14. Secado por aire caliente de la muestra A2**

Tiempo de secado (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)	
	Repetición I	Repetición II
0	133.59	134.58
2	79.85	83.42
4	52.78	56.77
6	36.95	38.45
8	31.42	31.81

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-14, muestra los datos del descenso del peso del durazno por efecto del secado por aire caliente aplicado a la muestra A2, en un tiempo de 8 horas.

**Tabla III-15. Secado por aire caliente de la muestra A3**

Tiempo de secado (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)	
	Repetición I	Repetición II
0	138.96	140.86
2	87.24	86.96
4	58.35	59.24
6	34.15	36.43
8	29.21	29.49

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-15, muestra los datos del descenso del peso del durazno por efecto del secado por aire caliente aplicado a la muestra A3, en 8 horas.

**Tabla III-16. Secado por aire caliente de la muestra A4**

Tiempo de secado (h)	Peso de las rodajas de durazno (g)	
	Repetición I	Repetición II
0	153.11	152.05
2	97.56	95.75
4	67.55	64.64
6	46.32	48.24
8	30.95	31.24
9	28.13	27.98

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-16, muestra los datos del descenso del peso del durazno por efecto del secado por aire caliente aplicado a la muestra A4, en 9 horas.

### 3.5.10 Envasado

La etapa de envasado de los orejones de durazno después de la etapa de secado, es muy importante para su conservación, ya que este medio le brinda protección mediante una barrera permeable de bolsa de polietileno, con el fin de conservar el producto y prolongar así la vida útil del producto, eliminando cualquier contacto del interior con el medio externo.

En la parte experimental los orejones de durazno obtenidos, fueron envasados en bolsas de polietileno pouch, para luego ser llevados al laboratorio de procesos de ingeniería en alimentos, donde fueron sellados térmicamente mediante el equipo VH 2001, con aire natural, para evitar que las superficies planas del producto se peguen unas a otras. Ver figura 3-13.

**Figura 3-13. Orejones de durazno envasados en una bolsa de polietileno**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **3.5.11 Almacenado**

El almacenamiento del producto obtenido por recomendación (bibliográfica) debe ser un lugar estable, seco, oscuro, con temperaturas moderadas por debajo de los 20 °C para evitar desnaturalización de los nutrientes en el producto.

## **3.6 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO OBTENIDO**

El control de calidad del producto obtenido, es una función multiparamétrica y que viene determinada por las propiedades organolépticas, tales como color, sabor y textura, así como las propiedades nutricionales e higiene microbiológica.

Para determinar la calidad del producto obtenido, se sometió a una prueba de análisis sensorial.

El valor de la calificación organoléptica se basa en la escala **Hedónica** de 5 puntos, para lo cual, se sometió el producto a una evaluación e interpretación independiente

por cada juez, para que pudiera determinar la calidad del producto. Ver en la tabla III-17.

**Tabla III-17. Escala de calificación de las propiedades organolépticas**

Escala	Valor	Ponderación (%)
Muy Buena	5	100
Buena	4	75
Regular	3	50
Mala	2	25
Muy mala	1	0

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para una mejor interpretación tanto gráfica como estadística de las calificaciones hechas por los jueces, es necesario asignarles una puntuación sobre 100 %, a los parámetros evaluados. Ver la tabla III-18.

**Tabla III-18. Puntuación a los parámetros evaluados**

Parámetro	Valoración (%)
Evaluación visual	Total 40
Color	10
Tamaño	10
Forma	10
Brillo	10
Evaluación olfativa	Total 20
Olor	20
Evaluación de gusto	Total 30
Acidez	15
Dulzor	15
Evaluación de contacto	Total 10
Textura	10
Sumatoria total de las valoraciones asignadas a cada parámetro	100

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.6.1 Evaluación de las pruebas organolépticas

Para el estudio de investigación de las pruebas organolépticas de los orejones de durazno, se seleccionó a 10 jueces al azar, para que asignaran las calificaciones

correspondientes de las muestras A1, A2, A3, A4, realizadas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de ingeniería en presencia de los tribunales del proyecto.

**Tabla III-19. Muestra A1**

Parámetro	Calificación de los jueces									
	J, I	J, II	J, III	J, IV	J, V	J, VI	J, VII	J, VIII	J, IX	J, X
Evaluación visual										
Color	3	3	5	4	4	5	4	5	4	5
Tamaño	4	3	3	3	4	5	4	3	4	5
Forma	5	3	4	3	4	5	3	4	4	4
Brillo	3	4	3	3	4	4	4	5	4	4
Evaluación olfativa										
Olor	3	3	4	5	4	4	3	4	4	4
Evaluación de gusto										
Acidez	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Dulzor	5	4	5	4	4	3	3	4	5	5
Evaluación de contacto										
Textura	4	3	4	4	3	5	3	4	4	4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-19, muestra la calificación de los parámetros evaluados, según la interpretación asignada por cada juez (J) de la muestra A1.

**Figura 3-14. Orejones de durazno A1**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la figura 3-14, se observa la muestra A1, presentada a los jueces calificadoros.

**Tabla III-20. Muestra A2**

Parámetro	Calificación de los jueces									
	J, I	J, II	J, III	J, IV	J, V	J, VI	J, VII	J, VIII	J, IX	J, X
Evaluación visual										
Color	3	4	3	3	4	5	3	3	3	3
Tamaño	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3
Forma	4	3	4	2	3	4	4	3	3	3
Brillo	3	4	3	2	4	4	3	3	3	3
Evaluación olfativa										
Olor	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4
Evaluación de gusto										
Acidez	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3
Dulzor	3	3	3	4	4	5	3	4	4	3
Evaluación de contacto										
Textura	4	3	3	4	5	4	3	3	3	4

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-20, muestra la calificación de los parámetros evaluados, según la interpretación asignada por cada juez (J) de la muestra A2.

**Figura 3-15. Orejones de durazno A2**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la figura 3-15, se observa la muestra A2, presentada a los jueces calificadoros.

Tabla III-21. Muestra A3

Parámetro	Calificación de los jueces									
	J, I	J, II	J, III	J, IV	J, V	J, VI	J, VII	J, VIII	J, IX	J, X
Evaluación visual										
Color	3	3	4	3	5	3	4	3	3	3
Tamaño	3	4	3	2	5	2	4	3	3	3
Forma	4	3	2	2	4	3	3	3	2	2
Brillo	3	4	2	3	5	2	3	3	3	2
Evaluación olfativa										
Olor	3	3	3	4	5	3	4	4	4	3
Evaluación de gusto										
Acidez	4	3	3	2	4	2	4	3	3	3
Dulzor	4	3	2	4	4	2	5	4	2	3
Evaluación de contacto										
Textura	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-21, muestra la calificación de los parámetros evaluados, según la interpretación asignada por cada juez (J) de la muestra A3.

Figura 3-16. Orejones de durazno A3.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la figura 3-16, se observa la muestra A3, presentada a los jueces calificadores.

Tabla III-22. Muestra A4

Parámetro	Calificación de los jueces									
	J, I	J, II	J, III	J, IV	J, V	J, VI	J, VII	J, VIII	J, IX	J, X
Evaluación visual										
Color	3	3	4	3	4	5	4	3	3	3
Tamaño	4	3	3	2	4	5	5	3	3	3
Forma	2	3	2	3	3	5	5	2	2	1
Brillo	3	2	3	3	4	5	5	3	3	1
Evaluación olfativa										
Olor	3	3	3	3	4	5	5	3	4	4
Evaluación de gusto										
Acidez	3	3	2	3	4	5	5	2	2	3
Dulzor	3	3	3	4	4	5	5	3	3	3
Evaluación de contacto										
Textura	3	3	3	4	3	5	4	3	3	3

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla III-22, muestra la calificación de los parámetros evaluados, según la interpretación asignada por cada juez (J) de la muestra A4.

Figura 3-17. Orejones de durazno A4



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la figura 3-17, se observa la muestra A4, presentada a los jueces calificadores.

Ver en el siguiente capítulo el desarrollo del análisis las pruebas organolépticas.



**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### 4.1 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

Los estudios realizados a los parámetros físicos, fisicoquímicos y nutricionales del durazno flordaking (de Bermejo) en el capítulo anterior, se resumen en los siguientes valores: las medias estadísticas de cada parámetro. Ver las tablas (IV-1), (IV-2) y (IV-3).

**Tabla IV-1. Propiedades físicas del durazno**

Muestra	Peso Bruto (g)	Peso Neto (g)	Altura (cm)	Perímetro Ecuatorial (cm)	Espesor de la pulpa (cm)
Durazno	59.34	50.24	5.85	14.91	1.29

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla IV-2. Propiedades fisicoquímicas del durazno**

Muestra	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Temperatura (°C)
Durazno	8.81	3.26	22.07

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla IV-3. Propiedades nutricionales del durazno**

Parámetro	Unidad	Resultado
Agua	%	91.94
Proteínas	%	0.86
Grasa	%	0.06
Fibra	%	0.3
Hidratos de carbono	%	6.35
Azúcares reductores	%	2.87
Ceniza	%	0.49
Valor energético	kcal/100 g	29.38

Fuente: CEANID, 2018.

Comparando con las tablas II-1, II-2, II-3, del **marco teórico** se puede concluir que la mayoría de los parámetros medidos al durazno flordaking están dentro del marco de referencia, con algunas excepciones como ser el rendimiento de pulpa, que mejoró notablemente gracias al pelado químico superando la media al dato referencial con un

8.74 %, el agua está por encima de lo normal con un 4.44 % y la fibra se registra por debajo del esperado con un 1.4 %.

## **4.2 FASE EXPERIMENTAL**

La fase experimental, es el resultado del planteamiento investigativo basado en la información teórica y estudios preliminares, que tuvieron el propósito de mejorar la calidad del producto obtenido como ser la textura, sabor y color mediante la adición equilibrada de partículas de sacarosa y ácido cítrico (cantidad relativamente pequeña) en la fase de la deshidratación por ósmosis, seguido por una segunda etapa de secado por aire caliente con el objetivo de reducir la humedad interna de la fruta a niveles donde la proliferación microbiológica sea inhibida.

### **4.2.1 Deshidratación osmótica del durazno (fase inicial)**

La deshidratación osmótica es una fase donde los duraznos se deshidratan de forma parcial, mediante un intercambio de materia y energía. Las rodajas de durazno inmersos en el jarabe osmótico pierden peso (Agua y sustancias orgánicas de bajo peso molecular), así como también ganan sólidos deseables (sacarosa y ácido cítrico).

El estudio propuesto se realiza a base de cuatro pruebas y sus réplicas: las muestras A1, A2, A3, A4, bajo las condiciones descritas en el subtítulo (3.4.5 deshidratación osmótica) del capítulo anterior, mediante las cuales se evaluará las cantidades de masa que intercambian el jarabe y la fruta para cada muestra, en los siguientes modelos matemáticos en función del tiempo de deshidratación.

#### **4.2.1.1 Pérdida de peso (PP)**

Denominación referida a la diferencia de masa que existe en el durazno, después de ser sometido a un proceso de DO. Ver la ecuación (2.3).

Ej. Cálculo de la pérdida de peso de la muestra A1 en el primer experimento.

$$\text{PPI (\%)} = \frac{(250.34 - 124.65)[\text{g}] * 100}{250.34 [\text{g}]} = 50.21$$

Masa de fruta fresca = 250.34 g, para un tiempo de deshidratación de cero segundos.

Masa de la muestra ya osmodeshidratada = 124.65 g, para un tiempo  $t_{DO}$  = 6 h.

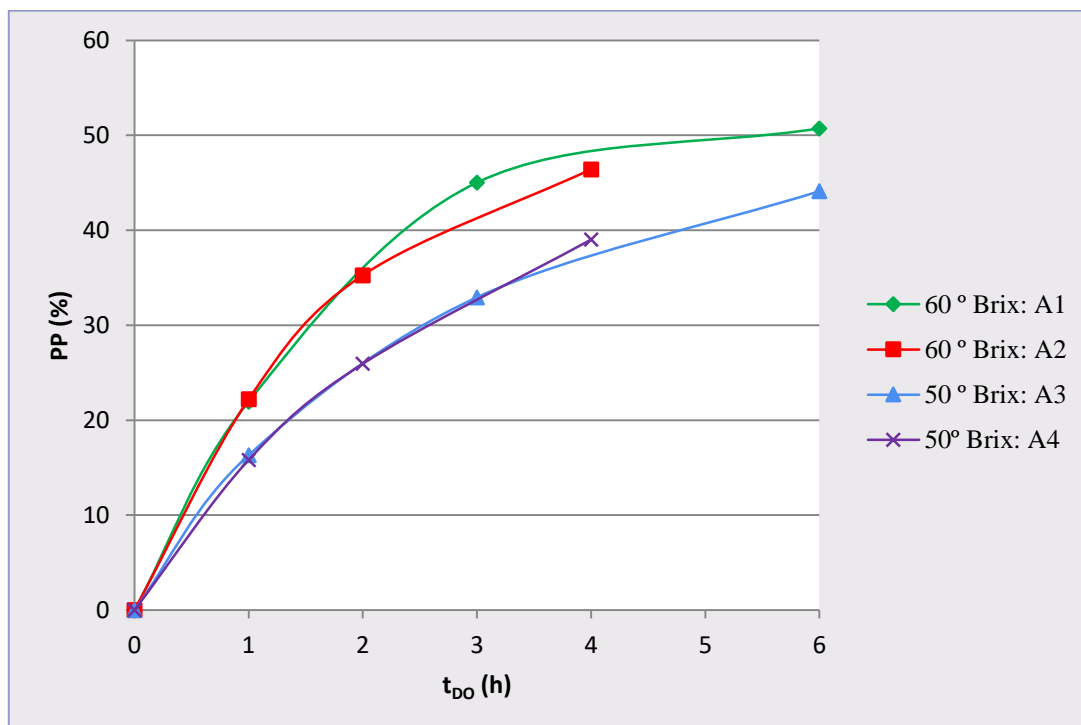
**Tabla IV-4. Pérdidas de peso de las muestras durante la DO**

Muestra	$T_{DO}$ (h)	Concentración (°Brix)	PPI (%)	PPII (%)	PP (%)
A1	6	60	50.21	51.26	50.73
A2	4	60	46.60	46.24	46.42
A3	6	50	44.50	43.73	44.11
A4	4	50	38.84	39.19	39.02

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-4, muestra los resultados de las pérdidas de peso de las muestras A1, A2, A3, A4 durante el proceso de ósmosis: abreviadas como PPI (primer experimento), PPII (réplica de la muestra) y PP como el promedio de la pérdida de peso para cada muestra.

**Figura 4-1. Pérdidas de peso vs el tiempo de deshidratación**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-1, ilustra el comportamiento de la pérdida de peso de cada muestra respecto al tiempo de DO en las condiciones de: 45 °C, 100 rpm de agitación y 1/3 de relación fruta/jarabe. En esta representación se observa, que la pérdida de peso está en función de la concentración, a mayor concentración habrá mayor pérdida de peso, manifestándose sobre todo en las primeras horas de deshidratado donde la velocidad de intercambio de masa es mayor.

#### 4.2.1.2 Ganancia de sólidos totales

Denominación referida a la cantidad de sólidos solubles totales que llega tener el durazno conforme pasa el tiempo durante la DO. Ver la ecuación (2.4).

Ej. Cálculo de la ganancia de sólidos totales de la muestra A1 en el experimento 1.

$$ST(\%) = \frac{28.071 \text{ [g]}}{124.65 \text{ [g]}} * 100 = 22.52$$

Masa seca de la muestra ya osmodeshidratada = 28.071 g, para un  $t_{DO} = 6$  h.

Masa de fruta DO = 124.65 g, para un  $t_{DO} = 6$  h.

**Tabla IV-5. Ganancia de los sólidos totales (ST) en los duraznos**

Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	STI (%)	STII (%)	ST (%)
A1	6	60	22.52	23.22	22.87
A2	4	60	20.10	19.99	20.05
A3	6	50	18.18	17.75	17.97
A4	4	50	15.75	16.04	15.90

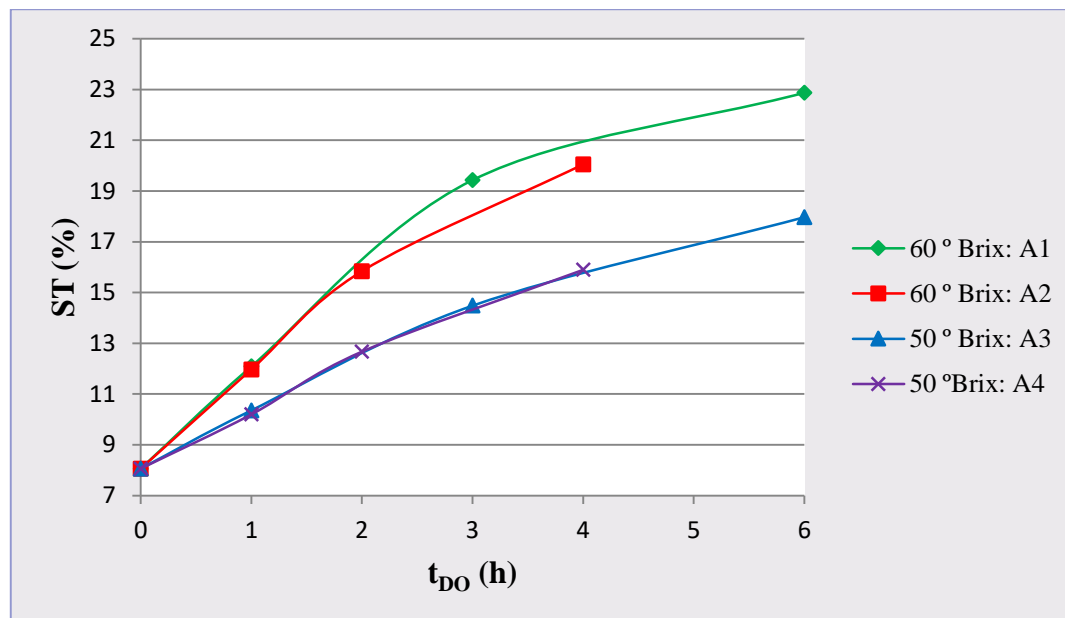
Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-5, muestra los resultados de las ganancias de sólidos totales de las muestras A1, A2, A3, A4 durante el proceso de ósmosis: abreviadas como STI (primer experimento), STII (réplica de la muestra) y ST como el promedio de las ganancias de sólidos totales para cada muestra.

El comportamiento de la ganancia de sólidos totales por cada muestra respecto al tiempo, en las condiciones de: 45 °C, 100 rpm de agitación y 1/3 de relación fruta/jarabe se muestra en la figura 4.2, en ella se observa, que la ganancia de sólidos totales se

produce a partir del 8.06 % de la masa inicial contenida en el durazno, las primeras 2 horas es donde la velocidad de inserción de sólidos deseables al durazno es mayor, también se puede observar que la ganancia de sólidos totales está en función de la concentración del jarabe y del tiempo de exposición a la deshidratación osmótica.

**Figura 4-2. Ganancia de sólidos totales en las muestras vs el tiempo de deshidratación**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.2.1.3 Pérdida de agua (PA)

Denominación referida a la cantidad de agua que pierde el durazno durante la deshidratación por ósmosis por cada 100 g de durazno fresco que entra. Ver la ecuación (2.5).

Ej. Cálculo de la pérdida de agua perteneciente a la muestra A1 del primer experimento.

Para este cálculo se considera una muestra de durazno fresco de 100 g.

$$PA(\%) = \left[ \left( 1 - \frac{8.06 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} \right) - \left( 1 - \frac{22.52 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} \right) \left( 1 - \frac{50.21 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} \right) \right] 100 = 53.36$$

Contenido de sólidos totales de una muestra de durazno fresco = 8.06 g.

Contenido de sólidos totales de una muestra ya osmodeshidratada = 22.21 g.

Pérdida de peso durante la deshidratación por ósmosis = 50.21 g.

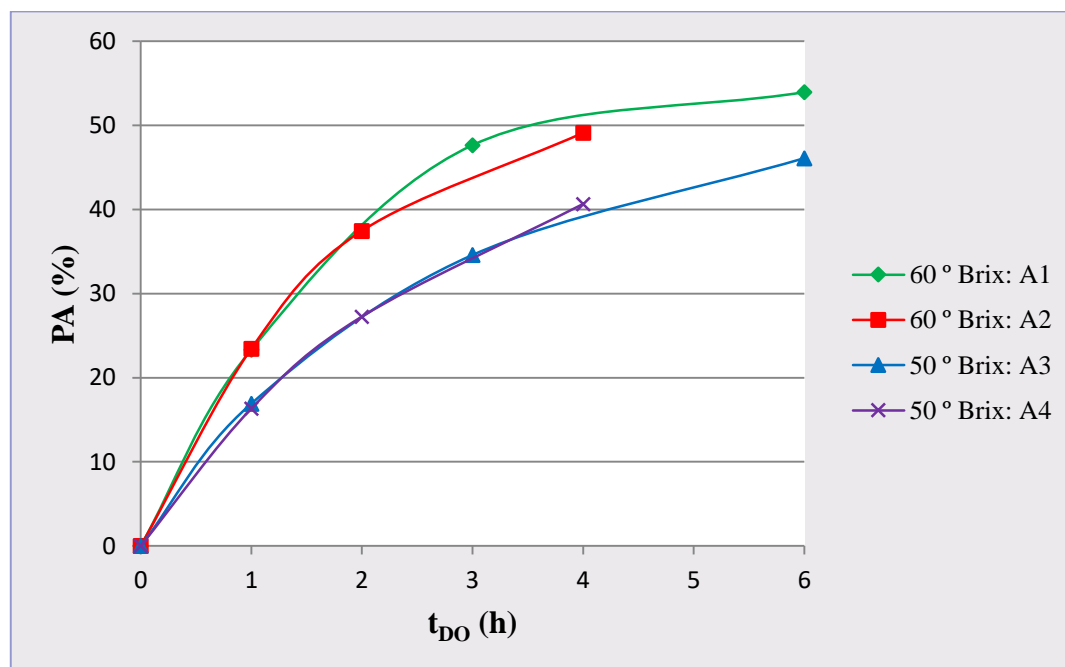
**Tabla IV-6. Pérdida de agua (PA) en los duraznos durante el DO**

Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	PAI (%)	PAII (%)	PA (%)
A1	6	60	53.36	54.52	53.94
A2	4	60	49.28	48.93	49.11
A3	6	50	46.53	45.66	46.10
A4	4	50	40.41	40.89	40.65

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-6, muestra los resultados de las pérdidas de agua de las muestras A1, A2, A3, A4 durante el proceso de osmosis: abreviadas como PAI (primer experimento), PAII (réplica de la muestra) y PA como el promedio de las pérdidas de agua en cada muestra.

**Figura 4-3. Pérdida de agua en las muestras vs el tiempo de deshidratación**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-3, ilustra el comportamiento de la pérdida de agua de cada muestra respecto al tiempo de deshidratación en las condiciones de: 45 °C, 100 rpm de agitación y 1/3

de relación fruta/jarabe. En esta representación se observa, que la pérdida de agua está en función de la concentración del jarabe y del tiempo, la mayor pérdida se da en las primeras horas de DO. También se observa que a medida que pasa el tiempo, la pérdida de agua empieza reducirse debido principalmente al equilibrio al que va entrando el sistema.

#### 4.2.1.4 Ganancia de sólidos solubles (SG)

Denominación referida a la cantidad de sólidos deseables que va ganando el durazno conforme transcurre en tiempo durante la DO por cada 100 g de durazno fresco que entra. Ver la ecuación (2.6).

Ej. Cálculo de la ganancia de sólidos deseables de la muestra A1 en el experimento 1.

Para este cálculo se considera una muestra de durazno fresco de 100 g.

$$SG(\%) = \left[ \left( 1 - \frac{50.21 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} \right) \frac{22.52 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} - \frac{8.06 \text{ [g]}}{100 \text{ [g]}} \right] 100 = 3.15$$

Pérdida de peso durante la deshidratación por ósmosis = 50.21 g.

Contenido de sólidos totales de una muestra ya osmodeshidratada = 22.52 g.

Contenido de sólidos totales de una muestra de durazno fresco = 8.06 g.

**Tabla IV-7. Ganancia de sólidos deseables durante la DO**

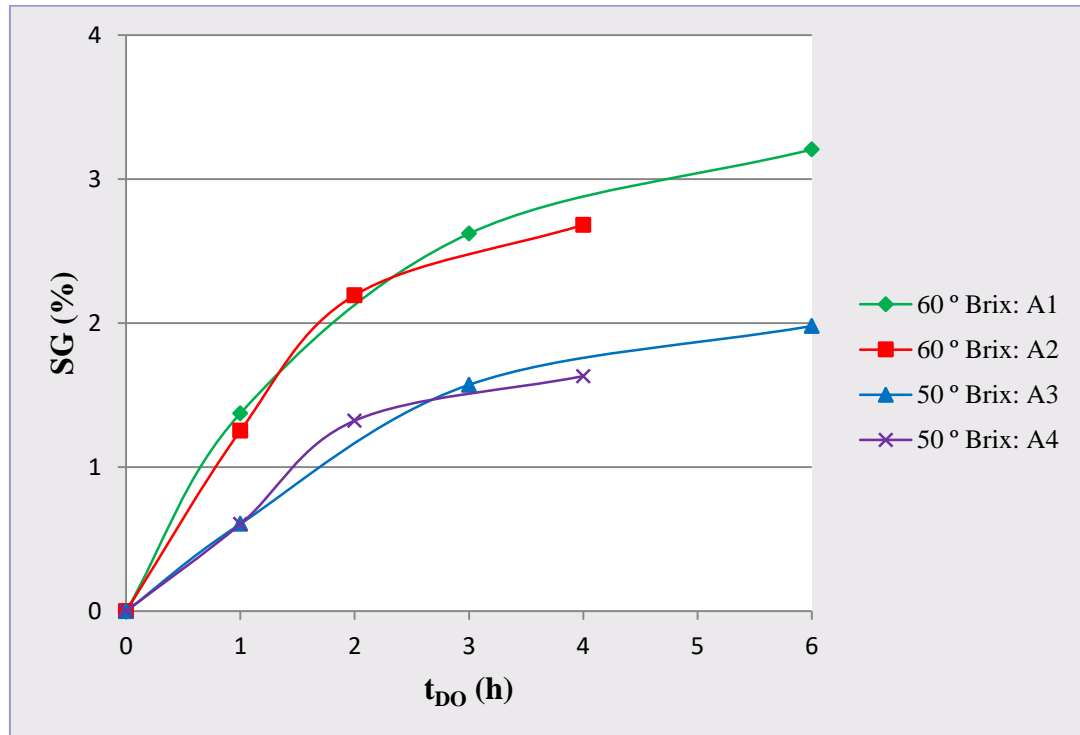
Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	SGI (%)	SGII (%)	SG (%)
A1	6	60	3.15	3.26	3.21
A2	4	60	2.68	2.69	2.69
A3	6	50	2.03	1.93	1.98
A4	4	50	1.57	1.69	1.63

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-7, muestra los resultados de las ganancias de los sólidos solubles. (Siendo también las **variables respuestas de nuestro proyecto de investigación**) para las muestras A1, A2, A3, A4 durante el proceso de osmosis: abreviadas como SGI (primer experimento), SGII (réplica de la muestra) y SG como el promedio de las ganancias de los sólidos deseables para cada muestra.



**Figura 4-4. Ganancia de sólidos deseables vs tiempo de deshidratación**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-4, ilustra el comportamiento de la ganancia de sólidos deseables de cada muestra respecto al tiempo de deshidratación en las condiciones de: 45 °C, 100 rpm de agitación y 1/3 de relación fruta/jarabe. En esta representación se observa, que la ganancia de sólidos deseables está en función de la concentración y del tiempo, a mayor concentración hay mayor ganancia de sólidos deseables manifestándose sobre todo en las primeras 2 horas de deshidratado donde la velocidad es mayor. A partir de ese tiempo empieza a decaer la velocidad de inserción de sólidos debido a varios factores: contracción de la estructura celular y el empobrecimiento de la concentración del jarabe.

#### **4.2.2 Secado por aire caliente (fase final)**

La deshidratación osmótica remueve grandes cantidades de agua incluso puede superar el 50% del peso inicial de la fruta, pero no permite obtener un producto seguro microbiológicamente, ya que la actividad acuosa alcanzada no es lo suficientemente

baja como para inhibir la proliferación de microorganismos. En consecuencia, es necesario someter los duraznos osmodeshidratados a un secado final por aire caliente para reducir la cantidad de humedad en la fruta a niveles estables.

#### 4.2.3 Curvas de secado

El comportamiento de la pérdida de agua en los duraznos durante el secado por aire caliente se considera como la variación de la humedad libre respecto al tiempo expresada matemáticamente mediante la ecuación (2.8):

Ej. Secado por aire caliente de la muestra A1 del experimento 1, en base seca.

$$H_{bs} = \frac{124.65 \text{ [g]} - 28.071 \text{ [g]}}{28.071 \text{ [g]}} = 3.42$$

Masa del durazno húmedo = 124.65 g.

Masa del durazno seco = 28.071 g.

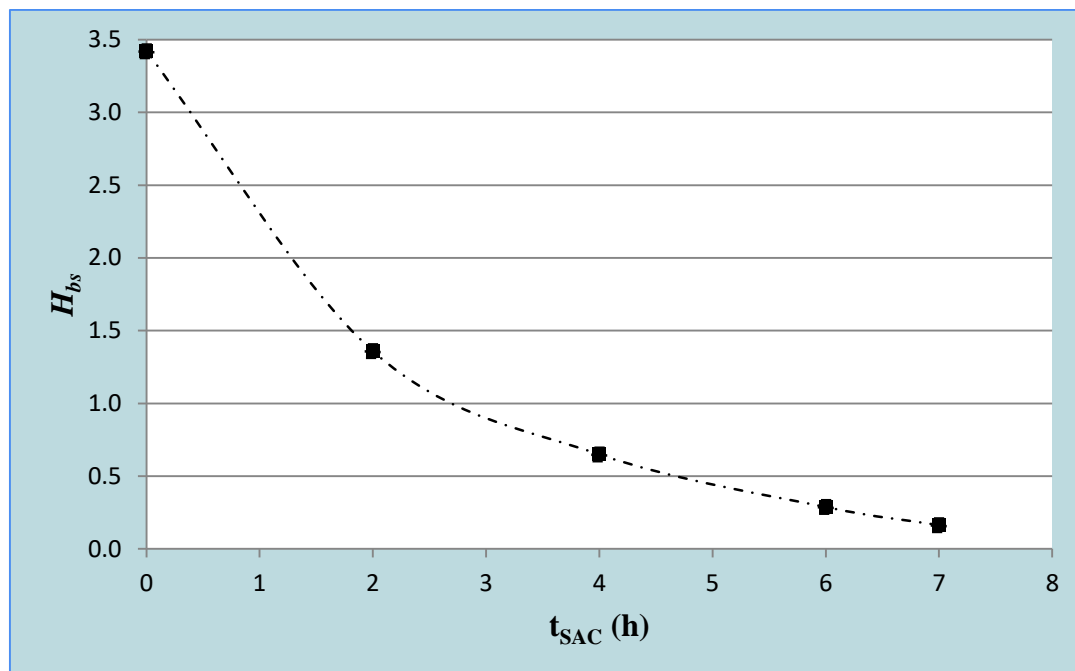
**Tabla IV-8. Variación de humedad respecto al tiempo de la muestra A1**

Tiempo SAC (h)	Humedad libre en base seca ( $\frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg sólido seco}}$ )		
	$H_{bs}$ (I)	$H_{bs}$ (II)	$H_{bs}$
0	3.420	3.326	3.373
2	1.360	1.300	1.330
4	0.650	0.710	0.680
6	0.289	0.321	0.305
7	0.165	0.155	0.160

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-8, muestra la variación de humedad libre (en base seca) de la muestra A1 respecto al tiempo, del experimento  $H_{bs}$  (I), la réplica  $H_{bs}$  (II) y su promedio  $H_{bs}$ .

**Figura 4-5. Curva de secado de la muestra A1**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-5, ilustra la variación de la humedad del durazno en base seca ( $H_{bs}$ ) de la muestra A1 respecto al tiempo de secado por aire caliente ( $t_{SAC}$ ), en las siguientes condiciones: temperatura 50 °C, presión 1 atm y un flujo de aire  $1.2095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

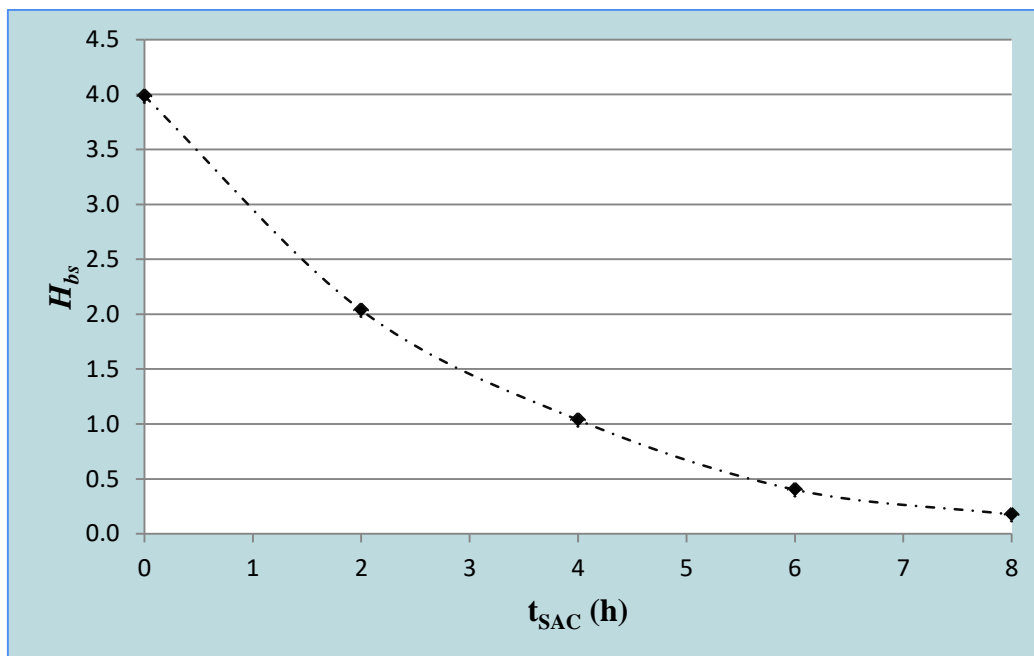
**Tabla IV-9. Variación de humedad respecto al tiempo de la muestra A2**

Tiempo SAC (h)	Humedad libre en base seca ( $\frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg sólido seco}}$ )		
	$H_{bs}$ (I)	$H_{bs}$ (II)	$H_{bs}$
0	3.969	4.006	3.988
2	1.970	2.103	2.037
4	0.963	1.112	1.037
6	0.374	0.430	0.402
8	0.169	0.183	0.176

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-9, muestra la variación de humedad libre (en base seca) de la muestra A2 respecto el tiempo, del experimento  $H_{bs}$  (I), la réplica  $H_{bs}$  (II) y su promedio  $H_{bs}$ .

**Figura 4-6. Curva de secado de la muestra A2**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-6, ilustra la variación de la humedad del durazno en base seca ( $H_{bs}=Xt$ ) de la muestra A2 respecto al tiempo de secado por aire caliente ( $t_{SAC}$ ), en las siguientes condiciones: temperatura 50 °C, presión 1 atm y un flujo de aire  $1.2095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

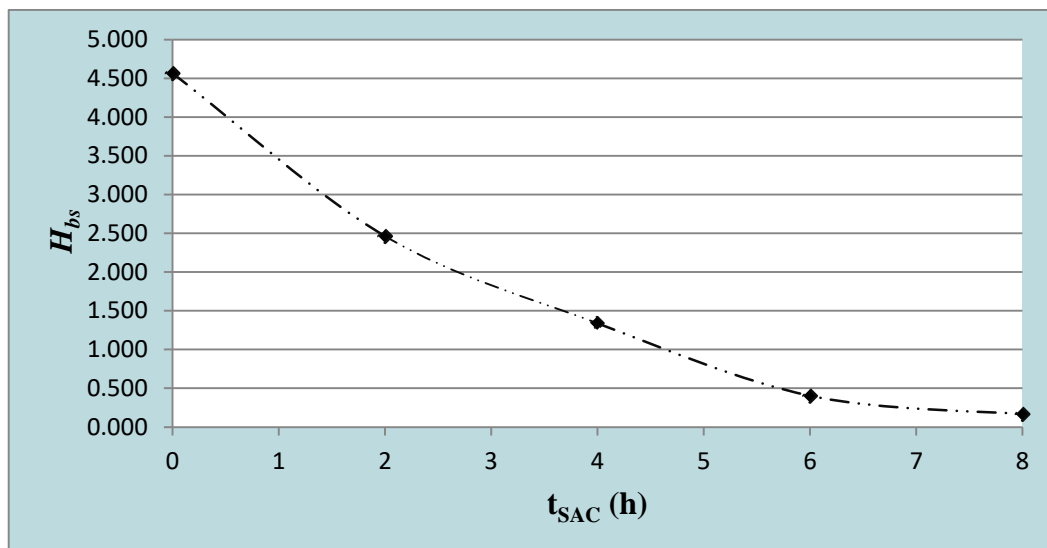
**Tabla IV-10. Variación de humedad respecto al tiempo de la muestra A3**

Tiempo SAC (h)	Humedad libre en base seca ( $\frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg sólido seco}}$ )		
	$H_{bs}$ (I)	$H_{bs}$ (II)	$H_{bs}$
0	4.528	4.604	4.566
2	2.471	2.460	2.465
4	1.321	1.356	1.339
6	0.359	0.449	0.404
8	0.162	0.173	0.168

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-10, muestra la variación de humedad libre (en base seca) de la muestra A3 respecto el tiempo, del experimento  $H_{bs}$  (I), la réplica  $H_{bs}$  (II) y su promedio  $H_{bs}$ .

**Figura 4-7. Curva de secado de la muestra A3**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-7, ilustra la variación de la humedad del durazno en base seca ( $H_{bs}=Xt$ ) de la muestra A3 respecto al tiempo de secado por aire caliente ( $t_{SAC}$ ), en las siguientes condiciones: temperatura 50 °C, presión 1 atm y un flujo de aire  $1.2095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

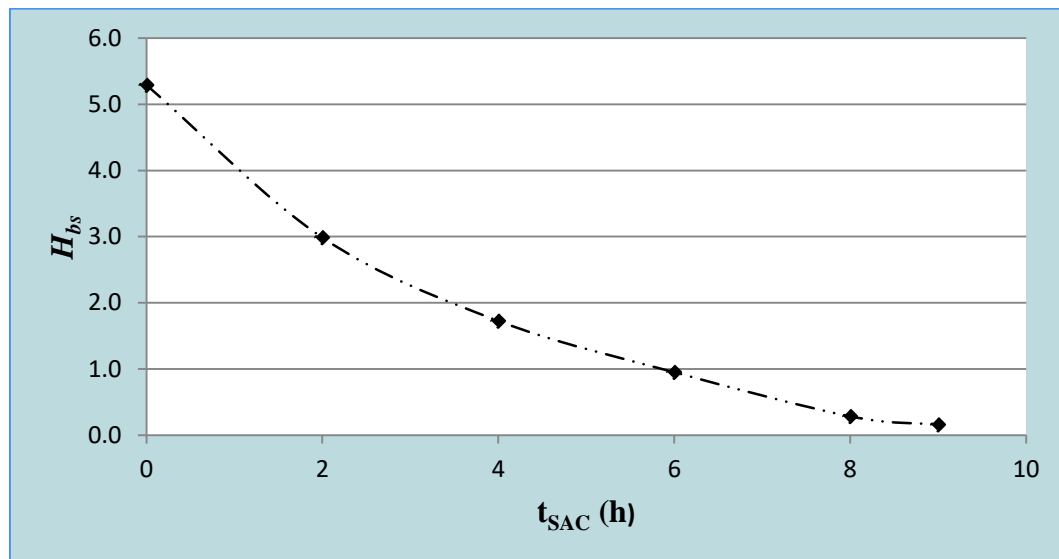
**Tabla IV-11. Variación de humedad respecto al tiempo de la muestra A4**

Tiempo SAC (h)	Humedad libre en base seca ( $\frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg sólido seco}}$ )		
	$H_{bs}$ (I)	$H_{bs}$ (II)	$H_{bs}$
0	5.314	5.270	5.292
2	3.023	2.948	2.986
4	1.785	1.665	1.725
6	0.910	0.989	0.950
8	0.276	0.288	0.282
9	0.160	0.154	0.157

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-11, muestra la variación de humedad libre (en base seca) de la muestra A3 respecto el tiempo.

**Figura 4-8. Curva de secado de la muestra A4**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-8, ilustra la variación de la humedad del durazno en base seca ( $H_{bs}=Xt$ ) de la muestra A4 respecto al tiempo de secado por aire caliente ( $t_{SAC}$ ), en las siguientes condiciones: temperatura 50 °C, presión 1 atm y un flujo de aire  $1.2095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.2.4 Pérdida de agua en el secado combinado en base húmeda

**Tabla IV-12. Resumen de la pérdida de agua en el proceso combinado**

Muestra	$H_i$ (%)	$PA_{DO}$ (%)	$t_{DO}$ (h)	$PA_{SAC}$ (%)	$t_{SAC}$ (h)	$H_f$ (%)	$t_T$ (h)
A1	91.94	58.67	6	33.97	7	14.82	13
A2	91.94	53.42	4	39.74	8	15.36	12
A3	91.94	50.14	6	43.55	8	14.38	14
A4	91.94	44.21	4	50.07	9	14.71	13

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La tabla IV-12, muestra el resumen de la pérdida de agua en el proceso combinado de deshidratación de las muestras A1, A2, A3, A4: Refiriéndose a sí mismo ( $H_i$ ) como la humedad inicial del durazno fresco, ( $PA_{DO}$ ) agua pérdida del durazno durante el deshidratado osmótico respecto a la cantidad inicial de humedad en la fruta, ( $t_{DO}$ ) tiempo del deshidratado osmótico, ( $PA_{SAC}$ ) agua perdida del durazno durante el secado

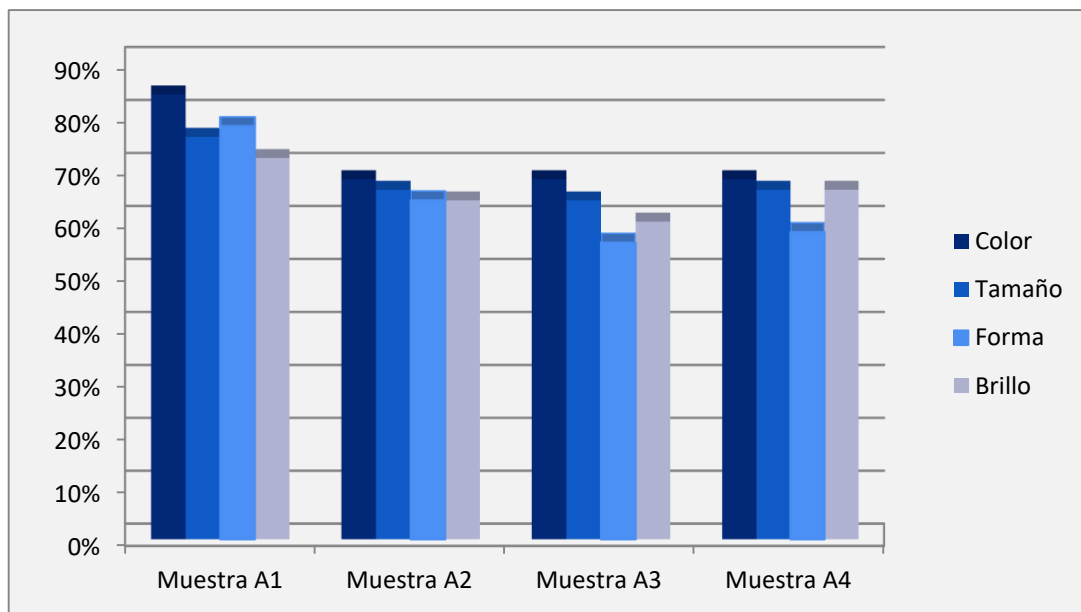
de aire caliente respecto a la cantidad inicial de humedad en la fruta, ( $t_{sAC}$ ) el tiempo operativo del secado por aire caliente, ( $H_f$ ) es la humedad final del proceso de deshidratación combinado y finalmente ( $t_r$ ) representa el tiempo total empleado durante la deshidratación.

Del resumen se concluye que el tiempo del secado por aire caliente más allá de sus condiciones operativas, depende del tiempo de inmersión del (DO) así como de su concentración. A mayor tiempo de (DO) habrá menor tiempo secado por aire caliente.

### 4.3 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS ORGANOLÉPTICAS

La evaluación de los orejones de durazno mediante un panel de catadores (jueces), de las muestras: A1, A2, A3, A4, descritas en el capítulo anterior, describen el grado de aceptabilidad del producto obtenido mediante una evaluación visual, olfativa, gustativa y de contacto que se pueden observar en las siguientes gráficas.

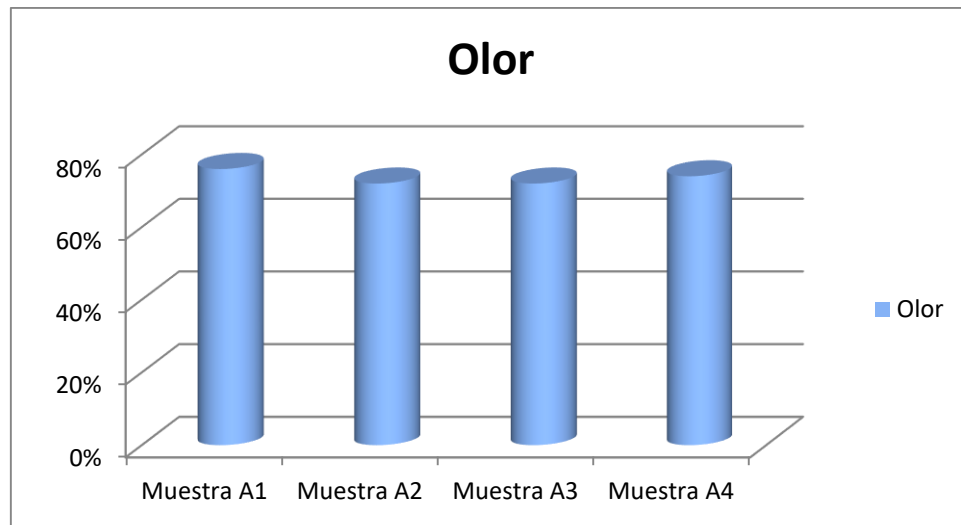
**Figura 4-9. Aceptación visual del producto final**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-9, ilustra el grado de aceptación de los orejones de durazno desde una evaluación visual, como es el color, tamaño, forma y brillo.

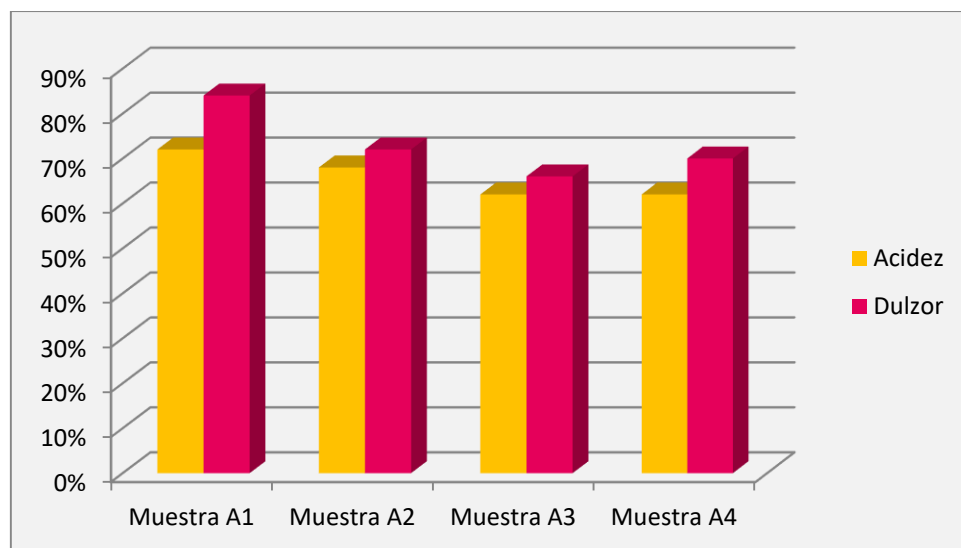
**Figura 4-10. Aceptación del olor del producto final**



Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-10, ilustra el grado de aceptación de los orejones de durazno desde una evaluación olfativa, como es el olor y el aroma del producto final.

**Figura 4-11. Aceptación del sabor del producto final**

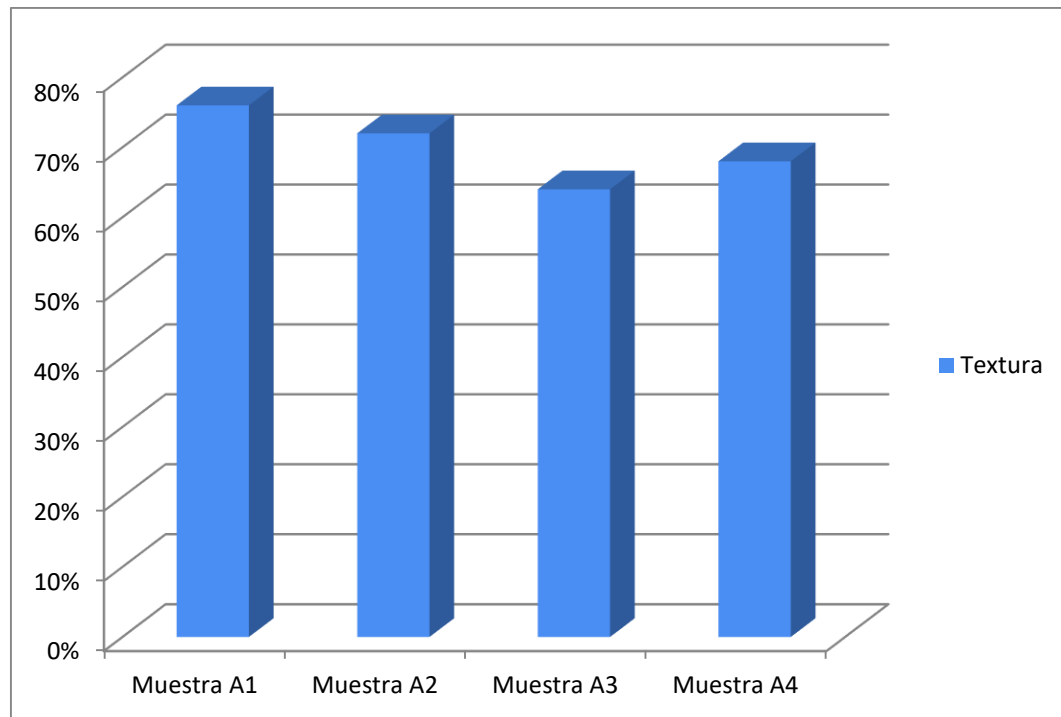


Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-11, ilustra el grado de aceptación de los orejones de durazno desde una evaluación degustativa, como es el dulzor y la acidez del producto final.



**Figura 4-12. Aceptación de la textura del producto final**

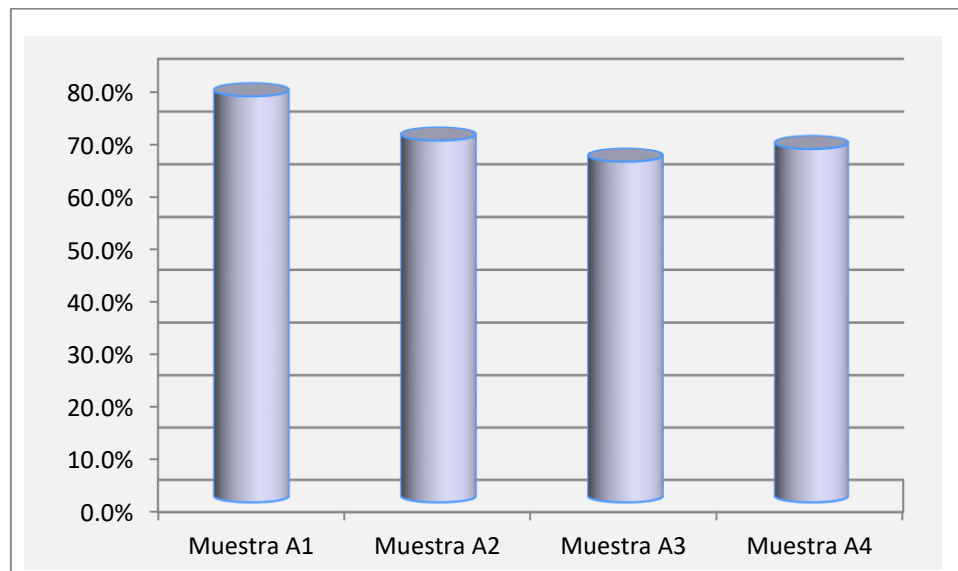


Fuente: Elaboración propia, 2018.

La figura 4-12, ilustra el grado de aceptación de los orejones de durazno desde una perspectiva del tacto, como es la textura física del producto.

#### **4.4.1 Resumen de las pruebas organolépticas**

De acuerdo al estudio realizado, el grado de aceptación de los orejones de durazno sobre pasa el 60 % en general. Obteniéndose la mayor aceptación tanto en lo visual, gusto, olor y contacto a la muestra A1 con un porcentaje de aceptación del 77.2 %, seguido de la muestra A2 con el 68.8 %, la muestra A4 con un 67.2 % y finalmente la muestra A3 con el 64.8 %. Ver figura 4-13.

**Figura 4-13. Grado de aceptación de los arejones de durazno**

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.4 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

##### 4.4.1 Resumen general

**Tabla IV-13. Resumen general de la elaboración de los orejones de durazno**

Muestra	Peso Bruto (%)	Peso Neto (%)	SG (%) en base seca	H <sub>f</sub> (%)	t <sub>T</sub> (h)	η (%) productivo	Grado de aceptación (%)
A1	100	84.7	39.83	14.82	13	11.31	77.2
A2	100	84.7	33.37	15.36	12	10.93	68.8
A3	100	84.7	24.56	14.38	14	10.15	64.8
A4	100	84.7	20.22	14.71	13	9.71	67.2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla IV-13, muestra el resultado final de las 4 muestras estudiadas en forma generalizada de la elaboración de los orejones de durazno, desde que es adquirida la materia prima (Peso Bruto), el paso de transformación durante la fase experimental: pelado, cortado, pesado de pulpa (Peso Neto), tratamiento antipardeamiento, deshidratado por ósmosis (ganancia de sólidos deseables SG), secado por aire caliente

donde se determina la humedad final  $H_f$ , el tiempo total de elaboración, el rendimiento productivo  $\eta$  respecto al Peso Bruto y el grado de aceptación del producto obtenido.

#### 4.4.2 Análisis nutricional del producto final

Para realizar el análisis nutricional del producto elaborado, se tomó en cuenta el grado de aceptabilidad de cada muestra, seleccionando el de mayor valor:

Muestra A1 = 77.2 % de aceptación.

**Tabla IV-14. Análisis nutricional del producto final**

Parámetro	Unidad	Resultado	N. de calidad	Ref. bibliográfica
Humedad	%	14.62	25 máx.	-
Proteínas	%	2.82	-	3.4
Grasa	%	0.27	-	-
Fibra	%	1.26	-	7.3
Hidratos de carbono	%	79.71	Sin límite	53
Azúcares reductores	%	16.89	Sin límite	
Azúcares totales	%	67.07	Sin límite	
Ceniza	%	1.32	-	1.12
Valor energético	kcal/100 g	351.35	-	257.24

Fuente: CEANID, 2019.

En la tabla IV-14, se observa el resultado del análisis a las propiedades nutricionales hechas a los orejones de durazno de la muestra A1, en el mismo se puede decir que cumple con las normas de calidad como fruta deshidratada, entre los parámetros más destacados está: la cantidad de proteínas (en las cuales incluyen también a las vitaminas), el nivel de grasa o la cantidad de minerales presentes en el producto que en general equivalen por cada porción consumida a 7.5 porciones de durazno fresco, con un potencial energético de 332.73 kcal/100 g.

#### 4.4.3 Análisis sanitario del producto final

**Tabla IV-15. Análisis sanitario de los orejones de durazno**

Parámetro	Unidad	Resultado	Norma sanitaria	
			m	M
Escherichia Coli	UFC/g	<1.0*10 <sup>1</sup>	1.0*10 <sup>1</sup>	5.0*10 <sup>2</sup>
Mohos y levaduras	UFC/g	<1.0*10 <sup>1</sup>	1.0*10 <sup>2</sup>	10*10 <sup>3</sup>
Salmonella	P/A/25 g	Ausencia	0	.....

Fuente: CEANID, 2019.

En la tabla IV-15, se puede observar que el producto final presenta escherichia coli, mohos y levaduras < 10 UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias) cuyos valores son menores a “m” lo que significa que el alimento no representa un riesgo para la salud, es apto para el consumo humano, con niveles de salmonella ausente.

#### 4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El análisis estadístico SPSS 17.0 del diseño experimental post experimento, evalúa las variables más influyentes del proceso, así como la variable respuesta de SG obtenido, compara los datos reales con los datos corregidos, determina el grado de error y significancia de cada variable en el proceso, además procesa una ecuación corregida ideal para el proceso de investigación.

##### 4.5.1 Análisis de varianza univariante

**Tabla IV-16. Factores inter-sujetos**

Muestras	Tiempo (h)	Concentración (°Brix)	Respuesta SGI (%)	Respuesta SGII (%)
A1	+1	+1	3.15	3.26
A2	-1	+1	2.68	2.69
A3	+1	-1	2.03	1.93
A4	-1	-1	1.57	1.69

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla IV-16, muestra los factores inter-sujetos de los ocho experimentos realizados. Dos pruebas para cada muestra y su variable respuesta.

#### 4.5.1.1 Pruebas de los efectos inter-sujetos

**Tabla IV-17. Variable dependiente: SG**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.992 <sup>a</sup>	3	0.997	218.004	0.000
Intersección	45.125	1	45.125	9863.388	0.000
Concentración	2.599	1	2.599	568.131	0.000
Tiempo	0.378	1	0.378	82.721	0.001
Concentración * Tiempo	0.014	1	0.014	3.158	0.150
Error	0.018	4	0.005		
Total	48.135	8			
Total corregida	3.010	7			

a. R cuadrado = 0.994 (R cuadrado corregida = 0.989)

Fuente: Elaboración propia (SPSS 17.0), 2019.

La tabla IV-17, se ilustra los resultados de las pruebas inter-sujetos evaluadas en SPSS 17.0.

**Tabla IV-18. ANOVA<sup>b</sup> para la ganancia de sólidos solubles (SG)**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2.978	2	1.489	227.302	0.000 <sup>a</sup>
	Residual	0.033	5	0.007		
	Total	3.010	7			

Fuente: Elaboración propia (SPSS 17.0), 2019.

La tabla IV-18, ilustra los resultados estadísticos del modelo matemático a aplicar:

a. Variables predictoras: (Constante), Tiempo, Concentración

b. Variable dependiente: SG

**Tabla IV-19. Coeficientes<sup>a</sup> del modelo de regresión lineal para (SG)**

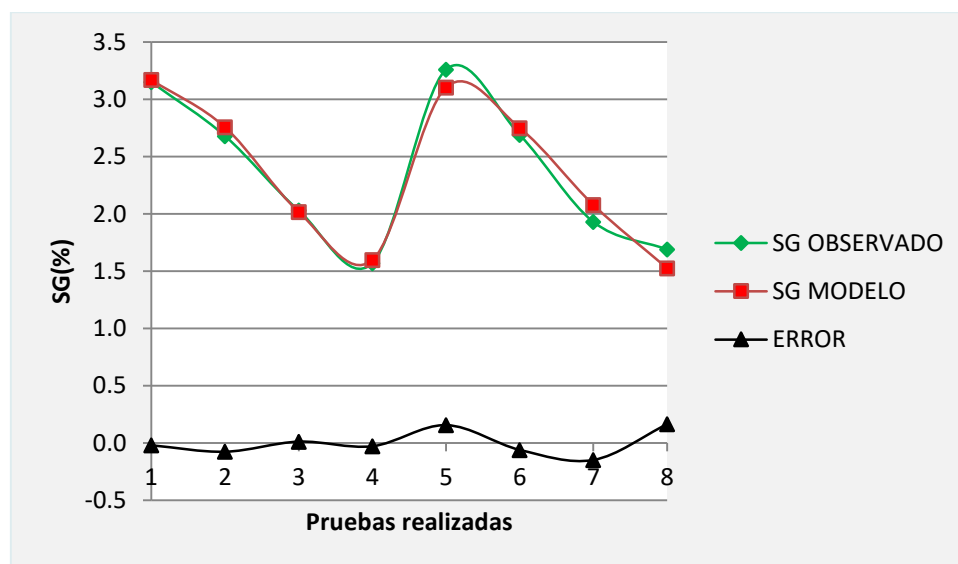
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95.0% para B		
	B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior	
1	(Constante)	-1.68	0.029		83.002	0.000	-1.591	-1.749
	Concentración	0.061	0.029	0.929	19.920	0.000	0.056	0.654
	Tiempo	0.199	0.029	0.355	7.601	0.001	0.164	0.231

Fuente: Elaboración propia (SPSS 17.0), 2019.

La tabla IV-19, ilustra los resultados vertidos por SPSS 17.0 de los coeficientes del modelo matemático ideal para determinar la variable dependiente SG, del proceso de deshidratación osmótica en una combinación de las variables concentración y tiempo

$$SG = -1.68 + 0.061 * \text{Brix} + 0.199 * \text{tiempo}$$

**Figura 4-14. Error de los SG % medidos vs el modelo SG %**



Fuente: Elaboración propia (SPSS 17.0), 2019.

En la figura 4-15, ilustra la variación de los sólidos solubles ganados vs la corrección de los sólidos solubles ganados en SPSS 17.0

## 4.6 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

### 4.6.1 Balance de materia

A continuación, se expone el balance de materia para la muestra A1, la cual destacó tanto en el rendimiento productivo, así como en las propiedades organolépticas teniendo una aceptación del 77.2 %.

**Tabla IV-20. Datos obtenidos del proceso de elaboración de los orejones de durazno**

<b>Composición del durazno</b>	<b>Valor (%)</b>	<b>Unidad</b>
Humedad inicial	91.94	g
Sólidos solubles (proteínas, grasa, hidratos de carbono y minerales)	7.76	g
sólidos no solubles (fibra)	0.3	g
<b>Reactivos e insumos (sólidos solubles)</b>		
Ácido cítrico	1	p/p
Soda cáustica	2.5	p/p
Jarabe de Sacarosa	60	°Brix
<b>Condiciones de operación de la deshidratación osmótica</b>		
Relación jarabe osmótico: materia prima	3:1	-
Agitación magnética	100	rpm
Temperatura de deshidratación osmótica	45	°C
Tiempo de deshidratación osmótica	6	h
<b>condiciones de secado por aire caliente</b>		
Temperatura de secado con aire caliente	50	°C
Tiempo de secado por aire caliente	7	h
Presión al sistema de secado por aire caliente	1	atm
Flujo de aire	$1.2095 \cdot 10^{-4}$	m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla IV-20, muestra los datos obtenidos de la caracterización de la materia prima, reactivos e insumos, así como los datos de las condiciones de operación durante la deshidratación osmótica y el secado por aire caliente utilizados para la muestra

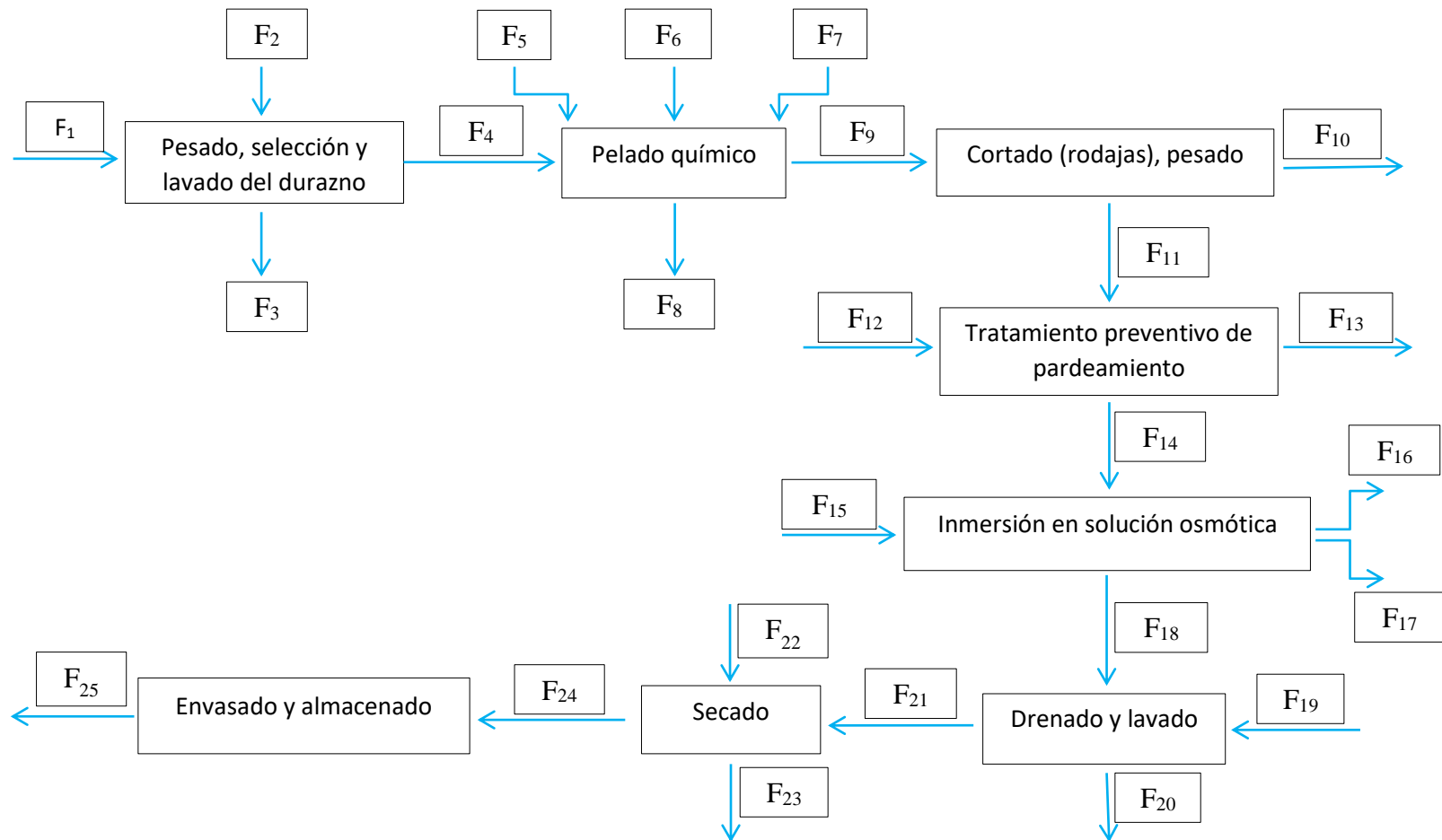
**Tabla IV-21. Flujos operativos y sus datos de relación entre sí**

Flujo másico	Nombre	Relación de flujos	Método de determinación	Nº ecuación
F <sub>1</sub>	Durazno fresco	-	Pesado	-
F <sub>2</sub>	Agua potable	$F_2 = 0.5F_1$	Por diferencia de masa	(4-1)
F <sub>3</sub>	Agua residual	-	-	-
F <sub>4</sub>	Durazno seleccionado y lavado	$F_4 = 0.9914F_1$	Por diferencia de masa	(4-2)
F <sub>5</sub>	Soda cáustica 2.5 %	$F_5 = 0.75F_4$	Por diferencia de masa	(4-3)
F <sub>6</sub>	Agua potable	$F_6 = 3F_4$	Por diferencia de masa	(4-4)
F <sub>7</sub>	Ácido cítrico 1 %	$F_7 = 0.75F_4$	Por diferencia de masa	(4-5)
F <sub>8</sub>	Agua residual	-	-	-
F <sub>9</sub>	Durazno pelado	$F_9 = 0.9487F_4$	Por diferencia de masa	(4-6)
F <sub>10</sub>	Carozo	$F_{10} = 0.0975F_9$	Por diferencia de masa	(4-7)
F <sub>11</sub>	Durazno en rodajas	-	-	-
F <sub>12</sub>	Ácido cítrico 1%	$F_{12} = 0.75F_{11}$	Por diferencia de masa	(4-8)
F <sub>13</sub>	Agua residual	-	-	-
F <sub>14</sub>	Durazno tratado contra pardeamiento	$F_{14} = 1.0005169F_{11}$	Por volumetría acido-base	(4-9)
F <sub>15</sub>	Jarabe de sacarosa 60 ° Brix	$F_{15} = 3F_{14}$	Por diferencia de masa	(4-10)
F <sub>16</sub>	Jarabe agotado	$F_{16} = 3.4834F_{14}$	Por diferencia de masa	-
F <sub>17</sub>	Agua evaporada del proceso	-	-	-
F <sub>18</sub>	Durazno osmodeshidratado	$F_{18} = 0.4927F_{14}$	Por diferencia de masa	(4-11)
F <sub>19</sub>	Agua tratada tibia para lavado	$F_{19} = F_{18}$	Por diferencia de masa	(4-12)
F <sub>20</sub>	Agua residual			
F <sub>21</sub>	Durazno lavado, escurrido para secar	$F_{21} = 0.986 F_{18}$	Por diferencia de masa	(4-13)
F <sub>22</sub>	Aire caliente	$F_{22} = 1.2095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	Por velocidad de flujo	(4-14)
F <sub>23</sub>	Vapor de agua, aire	-	-	-
F <sub>24</sub>	Durazno deshidratado para envasar	$F_{24} = 0.2722F_{21}$	Por diferencia de masa	(4-15)
F <sub>25</sub>	Durazno envasado, almacenado	$F_{25} = F_{24}$	Por diferencia de masa	(4-16)

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Figura 4-15. Diagrama de bloques de la obtención de orejones de durazno (para realizar el balance de materia)**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Desglosamiento del balance de materia en sus distintas etapas (B.C. 1000 g)**

**ETAPA 1**

**PESADO, SELECCIÓN Y LAVADO DEL DURAZNO**

Balance general

$$F_1 + F_2 = F_3 + F_4 \quad (4.17)$$

$$F_1 = 1000 \text{ [g]}$$

$$F_2 = 0.5 * 1000 \text{ [g]} = 500 \text{ [g]}$$

$$F_4 = 0.9914 * F_1 = 0.9984 * 1000 \text{ [g]} = 991.4 \text{ [g]}$$

$$F_3 = F_1 + F_2 - F_4 = 1000 \text{ [g]} + 500 \text{ [g]} - 991.4 \text{ [g]} = 508.6 \text{ [g]}$$

**Cuadro IV-1. Resumen del balance de materia: pesado, selección y lavado**

Entrada	Salida
F <sub>1</sub> : 1000 g durazno almacenado	F <sub>3</sub> : 508.6 g agua residual
F <sub>2</sub> : 500 g agua potable	F <sub>4</sub> : 991.4 g durazno seleccionado y lavado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**ETAPA 2**

**PELADO QUÍMICO**

Balance general

$$F_4 + F_5 + F_6 + F_7 = F_8 + F_9 \quad (4.18)$$

$$F_5 = 0.75 F_4 = 0.75 * 991.4 \text{ [g]} = 743.55 \text{ [g]}$$

$$F_6 = 3 F_4 = 3 * 991.4 \text{ [g]} = 2974.2 \text{ [g]}$$

$$F_7 = 0.75 F_4 = 0.75 * 991.4 \text{ [g]} = 743.55 \text{ [g]}$$

$$F_9 = 0.9487 F_4 = 0.9487 * 991.4 \text{ [g]} = 940.54 \text{ [g]}$$

$$F_8 = F_4 + F_5 + F_6 + F_7 - F_9$$

$$F_8 = 991.4 \text{ [g]} + 743.55 \text{ [g]} + 2974.2 \text{ [g]} + 743.55 \text{ [g]} - 940.54 \text{ [g]} = 4512.2 \text{ [g]}$$

**Cuadro IV-2. Resumen del balance de materia: pelado químico**

Entrada	Salida
F <sub>4</sub> : 991.4 g durazno seleccionado y lavado	F <sub>8</sub> : 4512.2 g agua residual
F <sub>5</sub> : 743.55 g soda cáustica 2.5 % p/p	F <sub>9</sub> : 940.54 g durazno pelado
F <sub>6</sub> : 2974.2 g agua potable	
F <sub>7</sub> : 743.55 g ácido cítrico 1% p/p	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### ETAPA 3

#### CORTADO (RODAJAS) Y PESADO

Balance general

$$F_9 = F_{10} + F_{11} \quad (4.19)$$

$$F_{10} = 0.0975 F_9 = 0.0975 * 940.54 \text{ g} = 91.70 \text{ [g]}$$

$$F_{11} = F_9 - F_{10} = 940.54 \text{ [g]} - 91.70 \text{ [g]} = 848.84 \text{ [g]}$$

**Cuadro IV-3. Resumen del balance de materia: cortado (rodajas), pesado**

Entrada	Salida
F <sub>9</sub> : 940.54 g durazno pelado	F <sub>10</sub> : 91.70 g carozo
	F <sub>11</sub> : 848.84 g durazno en rodajas

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### ETAPA 4

#### TRATAMIENTO PREVENTIVO DE PARDEAMIENTO

Balance general

$$F_{11} + F_{12} = F_{13} + F_{14} \quad (4.20)$$

$$F_{12} = 0.75 F_{11} = 0.75 * 848.84 = 636.63 \text{ [g]}$$

$$F_{14} = 1.0005169 F_{11} = 1.0005169 * 848.84 \text{ [g]} = 849.28 \text{ [g]}$$

$$F_{13} = F_{11} + F_{12} - F_{14} = 848.84 \text{ [g]} + 636.63 \text{ [g]} - 849.28 \text{ [g]} = 636.19 \text{ [g]}$$

**Cuadro IV-4. Resumen del balance de materia: tratamiento preventivo de pardeamiento**

Entrada	Salida
F <sub>11</sub> : 848.84 g durazno en rodajas	F <sub>13</sub> : 636.19 g agua residual
F <sub>12</sub> : 636.63 g ácido cítrico 1%	F <sub>14</sub> : 849.28 g durazno en rodajas tratados contra pardeamiento

Fuente: Elaboración propia, 2019.

### ETAPA 5

#### INMERSIÓN EN SOLUCIÓN OSMÓTICA

Balance general

$$F_{14} + F_{15} = F_{16} + F_{17} + F_{18} \quad (4.21)$$

$$F_{15} = 3 F_{14} = 3 * 849.28 \text{ [g]} = 2547.84 \text{ [g]}$$

$$F_{16} = 3.4834 F_{14} = 3.4834 * 849.28 \text{ [g]} = 2958.38 \text{ [g]}$$

$$F_{18} = 0.4927 F_{14} = 0.4927 * 849.28 \text{ [g]} = 418.44 \text{ [g]}$$

$$F_{17} = 849.28 \text{ [g]} + 2547.84 \text{ [g]} - 2958.38 \text{ [g]} - 418.44 \text{ [g]} = 20.3 \text{ [g]}$$

#### Composición del flujo F<sub>14</sub>

$$F_{14} = F_{A14} * X_{A14} + F_{S14} * X_{S14} + F_{SN14} * X_{SN14} \quad (4.22)$$

Valores de las fracciones másicas de los componentes del flujo F<sub>14</sub>: datos del CEANID.

$$X_{A14}:0.9194; X_{S14}:0.0776; X_{SN14}:0.003$$

Cantidades másicas de los componentes del flujo F<sub>14</sub>

$$F_{A14} = X_{A14} * F_{14} = 0.9194 * 849.28 \text{ [g]} = 780.83 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S14} = X_{S14} * F_{14} = 0.0776 * 849.28 \text{ [g]} = 65.90 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

$$F_{SN14} = X_{SN14} * F_{14} = 0.003 * 849.28 \text{ [g]} = 2.5478 \text{ [g]} \text{ de sólidos no solubles.}$$

#### Composición del flujo F<sub>15</sub>

$$F_{15} = F_{A15} * X_{A15} + F_{S15} * X_{S15} \quad (4.23)$$

Valores de las fracciones másicas de los componentes del flujo F<sub>15</sub>: datos elaborados.

$$X_{A15}:0.6; X_{S15}:0.4$$

Cantidades másicas de los componentes del flujo  $F_{15}$

$$F_{A15} = X_{A15} * F_{15} = 0.4 * 2547.84 \text{ [g]} = 1019.136 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S15} = X_{S15} * F_{15} = 0.6 * 2547.84 \text{ [g]} = 1528.7 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

### Composición del flujo $F_{16}$

$$F_{16} = F_{A16} * X_{A16} + F_{S16} * X_{S16} + F_{SN16} * X_{SN16} \quad (4.24)$$

Valores de las fracciones másicas de los componentes del flujo  $F_{16}$ : Dato elaborado.

$$X_{A16}: 0.4924; X_{S16}: 0.5076; X_{SN16}: 8.7e-3$$

Cantidades másicas de los componentes del flujo  $F_{16}$

$$F_{A16} = X_{A16} * F_{16} = 0.4924 * 2958.38 \text{ [g]} = 1456.71 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S16} = X_{S16} * F_{16} = 0.5076 * 2958.38 \text{ [g]} = 1501.67 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

$$F_{SN16} = X_{SN16} * F_{16} = 8.7e - 6 * 2958.38 \text{ [g]} = 0.026 \text{ [g]} \text{ de sólidos no solubles.}$$

### Composición del flujo $F_{17}$

$$F_{17} = F_{A17} * X_{A17} \quad (4.25)$$

Valor de la fracción másicas del compuesto  $F_{17}$ : dato elaborado.

$$X_{A17}:1$$

Cantidad másica del componente del flujo  $F_{17}$

$$F_{A17} = X_{A17} * F_{17} = 1 * 20.3 \text{ [g]} = 20.3 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

### Composición del flujo $F_{18}$

$$F_{18} = F_{A18} * X_{A18} + F_{S18} * X_{S18} + F_{SN18} * X_{SN18} \quad (4.26)$$

Valores de las fracciones másicas de los componentes del flujo  $F_{18}$ : dato elaborado.

$$X_{A18}:0.7692; X_{S18}:0.2233; X_{SN18}:0.00995$$

Cantidades másicas de los componentes del flujo  $F_{18}$

$$F_{A18} = X_{A18} * F_{18} = 0.7692 * 418.44 \text{ [g]} = 321.86 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S18} = X_{S18} * F_{18} = 0.2233 * 418.44 \text{ [g]} = 93.44 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

$$F_{SN18} = X_{SN18} * F_{18} = 0.00595 * 418.44 \text{ [g]} = 2.4897 \text{ [g]} \text{ de sólidos no solubles.}$$

**Cuadro IV-5. Resumen del balance de materia: inmersión en solución osmótica**

Entrada	Salida
F <sub>14</sub> : 849.28 g durazno en rodajas tratado contra pardeamiento	F <sub>16</sub> : 2958.38 g Jarabe usado
F <sub>15</sub> : 2547.84 g jarabe de sacarosa 60 °Brix	F <sub>17</sub> : 20.3 g agua evaporada
	F <sub>18</sub> : 418.44 g durazno osmodeshidratado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**ETAPA 6**

**DRENADO Y LAVADO**

Balance general

$$F_{18} + F_{19} = F_{20} + F_{21} \quad (4.27)$$

$$F_{19} = F_{18} = 418.44 \text{ [g]} = 418.44 \text{ [g]}$$

$$F_{21} = 0.986 F_{18} = 0.986 * 418.44 \text{ [g]} = 412.58 \text{ [g]}$$

$$F_{20} = F_{18} + F_{19} - F_{21} = 418.44 \text{ [g]} + 418.44 \text{ [g]} - 412.58 \text{ [g]} = 424.3 \text{ [g]}$$

**Composición del flujo F<sub>19</sub>**

$$F_{19} = F_{A19} * X_{A19} \quad (4.28)$$

Valor de la fracción máscas: dato elaborado.

$$X_{A19}: 1$$

$$F_{A19} = X_{A19} * F_{19} = 1 * 418.44 \text{ [g]} = 418.44 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

**Composición del flujo F<sub>20</sub>**

$$F_{20} = F_{A20} * X_{A20} + F_{S20} * X_{S20} \quad (4.29)$$

Valores de las fracciones máscas: dato elaborado.

$$X_{A20}: 0.9859; X_{S20}: 0,014$$

$$F_{A20} = X_{A20} * F_{20} = 0.9859 * 424.3 \text{ [g]} = 418.32 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S20} = X_{S20} * F_{20} = 0,014 * 424.3 \text{ [g]} = 5.94 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

### Composición del flujo F<sub>21</sub>

$$F_{21} = F_{A21} * X_{A21} + F_{S21} * X_{S21} + F_{SN21} * X_{SN21} \quad (4.30)$$

Valores de las fracciones másicas: dato elaborado.

$$X_{A21}: 0.7815; X_{S21}: 0.2123; X_{SN21}: 6.13 \times 10^{-3}$$

$$F_{A21} = X_{A21} * F_{21} = 0.7815 * 412.58 \text{ [g]} = 322.43 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S21} = X_{S21} * F_{21} = 0.2123 * 412.58 \text{ [g]} = 87.59 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

$$F_{SN21} = X_{SN21} * F_{21} = 6.13 \times 10^{-3} * 412.58 \text{ [g]} = 2.53 \text{ [g]} \text{ de sólidos no solubles.}$$

### Cuadro IV-6. Resumen del balance de materia: drenado y lavado

Entrada	Salida
F <sub>18</sub> : 418.44 g durazno osmodeshidratado	F <sub>20</sub> : 424.3 g agua residual
F <sub>19</sub> : 418.44 g agua potable tratada	F <sub>21</sub> : 412.58 g durazno lavado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## ETAPA 7

### SECADO POR AIRE CALIENTE

Balance general

$$F_{21} + F_{22} = F_{23} + F_{24} \quad (4.31)$$

$$F_{22} = 1.2095 * 10^{-4} \frac{[m^3]}{[s]} * \frac{60 [s]}{1 [min]} * \frac{60 [min]}{1 [h]} = 0.43542 \frac{[m^3]}{[h]}$$

Dato del aire: Cengel de termodinámica.

$$\rho_{50^\circ C} = 1.16 \frac{[kg]}{[m^3]}$$

Cantidad de aire caliente que fluye por el secador.

$$F_{22} * \rho_{50^\circ C} = 0.43542 \frac{[m^3]}{[h]} * 7 [h] * 1.16 \frac{[kg]}{[m^3]} * \frac{1000 [g]}{1 [kg]} = 3635.61 [g]$$

$$F_{24} = 0.272 F_{21} = 0.2640 * 412.58 \text{ g} = 112.31 [g]$$

$$F_{23} = F_{21} + F_{22} - F_{24} = 412.58 [g] + 3635.61 [g] - 108.92 [g] = 3935.88 [g]$$

**Composición del flujo F<sub>23</sub>**

$$F_{23} = F_{A23} * X_{A23} + F_{W23} * X_{W23} \quad (4.32)$$

Valores de las fracciones másicas: dato elaborado.

$$X_{A23}: 0.0762; X_{W23}: 0.9238$$

$$F_{A23} = X_{A23} * F_{23} = 0.0762 * 3935.88 \text{ [g]} = 300.3 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{W23} = X_{W23} * F_{23} = 0.9238 * 3935.88 \text{ [g]} = 3635.61 \text{ [g]} \text{ de aire caliente}$$

**Composición del flujo F<sub>24</sub>**

$$F_{24} = F_{A24} * X_{A24} + F_{S24} * X_{S24} + F_{SN24} * X_{SN24} \quad (4.33)$$

Valores de las fracciones másicas: dato elaborado

$$X_{A24}: 0.1649; X_{S24}: 0.8124; X_{SN24}: 0.023$$

$$F_{A24} = X_{A24} * F_{24} = 0.1649 * 112.31 \text{ [g]} = 18.52 \text{ [g]} \text{ de agua.}$$

$$F_{S24} = X_{S24} * F_{24} = 0.8124 * 112.31 \text{ [g]} = 91.24 \text{ [g]} \text{ de sólidos solubles.}$$

$$F_{SN24} = X_{SN24} * F_{24} = 0.023 * 112.31 \text{ [g]} = 2.583 \text{ [g]} \text{ de sólidos no solubles.}$$

**Cuadro IV-7. Resumen del balance de materia: secado por aire caliente**

Entrada	Salida
F <sub>21</sub> : 412.58 g durazno lavado	F <sub>23</sub> : 3935.88 g vapor de agua, aire
F <sub>22</sub> : 3635.61 g de aire caliente	F <sub>24</sub> : 112.31 g orejones de durazno

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**ETAPA 8****ENVASADO Y ALMACENADO**

Balance general

$$F_{24} = F_{25} \quad (4.34)$$

La composición de F<sub>24</sub> es igual a F<sub>23</sub>

**Cuadro IV-8. Resumen del balance de materia: envasado y almacenado**

Entrada	Salida
F <sub>24</sub> : 112.31 g orejones de durazno	F <sub>25</sub> : 112.31 g orejones de durazno

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Cuadro IV-9. Resumen del balance de materia**

<b>Entrada</b>	<b>Proceso</b>	<b>Salida</b>
<b>F<sub>1</sub></b> : 1000 g durazno almacenado. <b>F<sub>2</sub></b> : 500 g agua potable.	F <sub>1</sub> → <b>PESADO, SELECCIÓN Y LAVADO DEL DURAZNO</b> → F <sub>3</sub> F <sub>2</sub> →	<b>F<sub>3</sub></b> : 508.6 g agua residual, impurezas. <b>F<sub>4</sub></b> : 991.4 g durazno seleccionado y lavado.
<b>F<sub>4</sub></b> : 991.4 g durazno seleccionado y lavado. <b>F<sub>5</sub></b> : 743.55 g soda cáustica 2.5 % p/p. <b>F<sub>6</sub></b> : 2974.2 g agua potable. <b>F<sub>7</sub></b> : 743.55 g ácido cítrico 1 % p/p.	F <sub>4</sub> → <b>PELADO QUÍMICO</b> → F <sub>8</sub> F <sub>5</sub> → F <sub>6</sub> → F <sub>7</sub> →	<b>F<sub>8</sub></b> : 4512.2 g agua residual. <b>F<sub>9</sub></b> : 940.54 g durazno pelado.
<b>F<sub>9</sub></b> : 940.54 g durazno pelado.	F <sub>9</sub> → <b>CORTADO EN RODAJAS Y PESADO</b> → F <sub>10</sub> → F <sub>11</sub>	<b>F<sub>10</sub></b> : 91.70 g carozo. <b>F<sub>11</sub></b> : 848.84 g durazno en rodajas.
<b>F<sub>11</sub></b> : 848.84 g durazno en rodajas. <b>F<sub>12</sub></b> : 636.63 g ácido cítrico 1 %.	F <sub>11</sub> → <b>TRATAMIENTO PREVENTIVO DE PARDEAMIENTO</b> → F <sub>13</sub> F <sub>12</sub> →	<b>F<sub>13</sub></b> : 636.19 g agua residual. <b>F<sub>14</sub></b> : 849.28 g durazno en rodajas tratados contra pardeamiento.
<b>F<sub>14</sub></b> : 849.28 g durazno en rodajas tratado contra pardeamiento. <b>F<sub>15</sub></b> : 2547.84 g jarabe de sacarosa 60 °Brix.	F <sub>14</sub> → <b>INMERSIÓN EN SOLUCIÓN OSMÓTICA</b> → F <sub>16</sub> F <sub>15</sub> →	<b>F<sub>16</sub></b> : 2958.38 g Jarabe usado. <b>F<sub>17</sub></b> : 20.3 g agua evaporada. <b>F<sub>18</sub></b> : 418.44 g durazno osmodeshidratado.
<b>F<sub>18</sub></b> : 418.44 g durazno osmodeshidratado. <b>F<sub>19</sub></b> : 418.44 g agua potable tratada.	F <sub>18</sub> → <b>DRENADO Y LAVADO</b> → F <sub>20</sub> F <sub>19</sub> →	<b>F<sub>20</sub></b> : 424.3 g agua residual. <b>F<sub>21</sub></b> : 412.58 g durazno lavado.
<b>F<sub>21</sub></b> : 412.58 g durazno lavado. <b>F<sub>22</sub></b> : 3635.61 g de aire caliente.	F <sub>21</sub> → <b>SECADO</b> → F <sub>23</sub> F <sub>22</sub> →	<b>F<sub>23</sub></b> : 3935.88 g vapor de agua, aire. <b>F<sub>24</sub></b> : 112.31 g orejones de durazno.
<b>F<sub>24</sub></b> : 112.31 g orejones de durazno.	F <sub>24</sub> → <b>ENVASADO Y ALMACENADO</b> → F <sub>25</sub>	<b>F<sub>25</sub></b> : 112.31 g orejones de durazno.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los flujos de color rojo pertenecen a la línea principal de elaboración de orejones de durazno del cuadro IV-9.

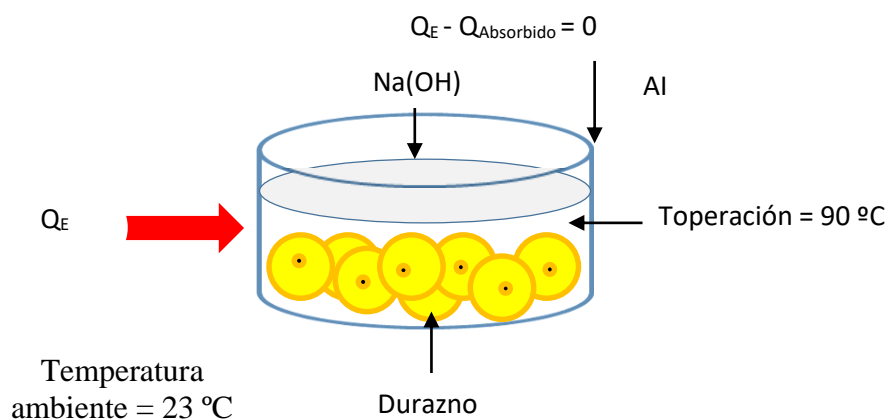
## 4.6.2 Balance de energía

En este acápite se realizan los balances de energía en los procesos de pelado químico, deshidratación por ósmosis y el secado por aire caliente

### 4.6.2.1 Balance de energía en el pelado químico

En esta etapa del proceso experimental existe una transferencia de energía simultánea en forma de calor hacia el sistema, a través de una resistencia eléctrica por baño maría durante el pelado químico, que permitirá vencer la resistencia de la cera impregnada en la cáscara, acelerará el proceso de difusión y la reacción química prevista para la desintegración del exocarpo del durazno.

**Figura 4-16. El pelado químico**



Fuente: elaboración propia, 2019.

$$Q_{\text{Absorbido}} = Q_{\text{Acero inoxidable}} + Q_{\text{Na(OH) 2.5 \%}} + Q_{\text{Durazno}}. \quad (4.35)$$

Desarrollo del calor absorbido por el acero inoxidable.

$$Q_{\text{AI}} = m_{\text{AI}} * C_{\text{pAI}} * \Delta T \quad (4.36)$$

Datos del aluminio: Cengel; propios del experimento

$m_{\text{AI}} = 0.457 \text{ kg}$ ;  $C_{\text{pAI}} = 0.480 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T = 67 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{AI}} = 0.457 \text{ [kg]} * 0.480 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right] * 67 \text{ }^\circ\text{C} = 14.697 \text{ [kJ]} = 3.51 \text{ [kcal]}$$

Desarrollo del calor absorbido por el Na(OH) 2.5 %.

$$Q_{\text{Na(OH)2.5\%}} = m_{\text{Na(OH)2.5\%}} * C_{p\text{Na(OH)2.5\%}} * \Delta T \quad (4.37)$$

Datos del Na(OH)2.5%: Manual del Perry; propios del experimento

$m_{\text{Na(OH)2.5\%}} = 0.74645 \text{ kg}$ ;  $C_{p\text{Na(OH)2.5\%}} = 3.9762 \text{ kJ/kg}\cdot\text{°C}$ ;  $\Delta T = 67 \text{ °C}$

$$Q_{\text{Na(OH)2.5\%}} = 0.746 \text{ [kg]} * 3.97 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°C}} \right] * 67 \text{ °C} = 198.86 \text{ [kJ]} = 47.5 \text{ [kcal]}$$

Desarrollo del calor absorbido por el durazno

$$Q_D = m_D * C_{pD} * \Delta T \quad (4.38)$$

Datos de durazno: Cengel; propios del experimento

$m_D = 0.05102 \text{ kg}$ ;  $C_{pD} = 3.82 \text{ KJ/kg}\cdot\text{°C}$ ;  $\Delta T = 67 \text{ °C}$

$$Q_D = 0.05102 \text{ [kg]} * 3.82 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°C}} \right] * 67 \text{ °C} = 13.071 \text{ [kJ]} = 3.12 \text{ [kcal]}$$

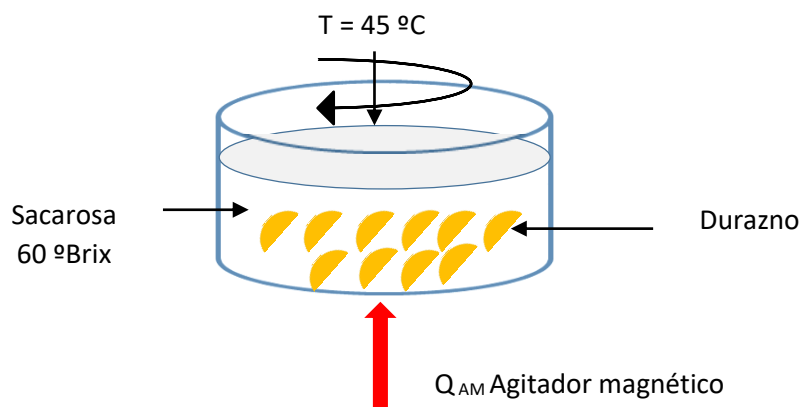
$$Q_A = 14.697 \text{ [kJ]} + 198.86 \text{ [kJ]} + 13.071 \text{ [kJ]} = 226.63 \text{ [kJ]} = 54.13 \text{ [kcal]}$$

El calor absorbido por el sistema corresponde al valor de 54.13 [kcal]

#### 4.6.2.2 Balance de energía en el deshidratado osmótico

La capacidad máxima de trabajo es de 80 w a 1500 rpm, la velocidad para que se trabaja para el agita es 100 rpm. Para obtener los watts a los que trabaja el agitador se hace una relación entre las velocidades y energía utilizada.

**Figura 4-17. Agitación magnética**



Fuente: Elaboración propia, 2019.

$Q_{AM}$  agitación magnética =  $Q_{PO}$  del proceso de ósmosis

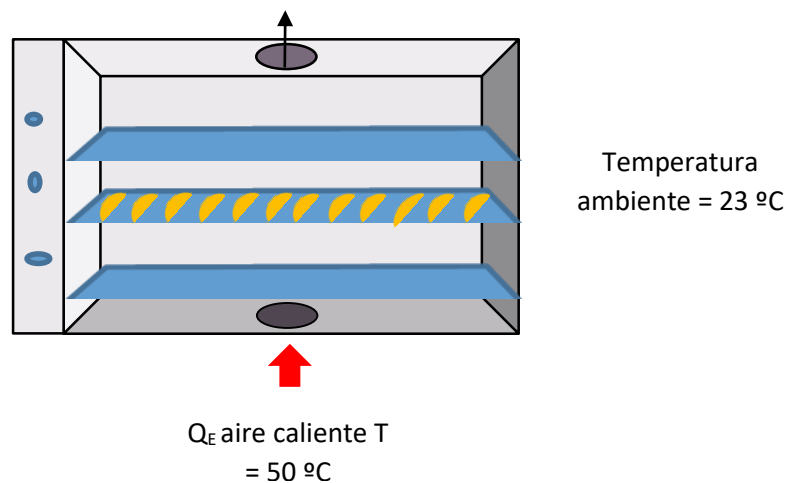
$$Q_{AM} = \frac{80 [w] * 100[rpm]}{1500 [rpm]}$$

$$Q_{AM} = 5.33 [w] * \left( \frac{0.859 \frac{[Kcal]}{[h]}}{1[w]} \right) = 4.5785 \frac{[Kcal]}{[h]} * 6 [h] = 27.471 [kcal]$$

#### 4.6.2.2 Balance de energía en el secado por aire caliente

Para eliminar el agua contenida en el durazno a niveles requeridos, es necesario someter al producto a un flujo continuo de calor por medio del aire caliente forzado a 50 °C al sistema. Ver figura 4-18.

**Figura 4-18. Secado por aire caliente**



Fuente: Elaboración propia 2019.

$$Q_E \text{ por el aire caliente} = Q_{\text{absorbido}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}} \quad (4.39)$$

Desarrollo del calor sensible aplicado al durazno en su aumento de temperatura:

$$Q_{\text{sensible}} = C_p D * \Delta T \quad (4.40)$$

Desarrollo del calor latente para el agua contenida en el durazno en su cambio de fase líquido-vapor:

$$Q_{\text{latente}} = m_A \text{ evaporada} * \lambda A \quad (4.41)$$

Valor de los datos plateados: Cengel, datos propios.

$m_D = 0.41258$  kg durazno;  $C_{pD} = 3.82$  Kj/kg.°C;  $\Delta T = 27$  °C

$m_A = 0.30369 \text{ kg vapor de agua kg; } \lambda_A = 2382.7 \text{ kJ/kg A } 50 \text{ }^\circ\text{C}$




$$Q_{\text{sensible}} = 0.41258 \text{ [kg]} * 3.82 \frac{\text{[kJ]}}{\text{[kg } ^\circ\text{C]}} * 27 \text{ }^\circ\text{C} = 42.55 \text{ [kJ]}$$

$$Q_{\text{latente}} = 0.30369 \text{ [kg]} * 2382.7 \frac{\text{[kJ]}}{\text{[kg]}} = 723.60 \text{ [kJ]}$$

$$Q_{\text{secado}} = 42.55 \text{ [kJ]} + 723.60 \text{ [kJ]} = 766.15 \text{ [kJ]}$$

$$Q_{\text{secado}} = 766.15 \text{ [kJ]} * \frac{0.239 \text{ [kcal]}}{1 \text{ [kJ]}} = 183.11 \text{ [kcal]}$$

**Cuadro IV-10. Resumen del balance de energía**

Entrada	Proceso	Salida
<p><math>Q_{\text{E}}</math>: 54.13 kcal Calor Entregado del baño maría.</p>		<p><math>Q_{\text{AL}}</math>: 3.51 kcal Calor absorbido por el aluminio.  <math>Q_{\text{D}}</math>: 3.12 kcal Calor absorbido por el durazno.  <math>Q_{\text{Na(OH) 2.5 \%}}</math>: 47.5 kcal Calor absorbido por el Na(OH).</p>
<p><math>Q_{\text{AM}}</math>: 27.471 kcal Calor entregado por el agitador magnético.</p>		<p><math>Q_{\text{PO}}</math>: 27.471 kcal absorbido por el proceso de ósmosis.</p>
<p><math>Q_{\text{AC}}</math>: 183.11 kcal Calor entregado por el secador de aire caliente.</p>		<p><math>Q_{\text{S}}</math>: 10.16 kcal de calor sensible absorbido por la agua interna del durazno.  <math>Q_{\text{L}}</math>: 172.83 kcal de calor latente absorbido por la agua interna del durazno para cambiar de fase.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 4.7 COSTOS

### 4.7.1 Costos de investigación

**Tabla IV-22. Costo estimado del proyecto**

Descripción	Especificación	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Comunicación	Internet/ hora	3.5	820
	Llamadas/ minuto	1	
Transporte	viaje a Bermejo	100	400
Gastos imprevistos	-	-	1500
Insumos/reactivos	-	-	1350
Materiales y equipos de laboratorio	-	-	786
Ejecución experimental del proyecto	-	-	4000
Ejecución teórica del proyecto	-	-	7000
Análisis de la materia prima y del producto obtenido	-	-	850
Presentación del proyecto final (impresión/empastado/defensa)	-	-	1800
Costo total (Bs)	-	-	18506

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la tabla IV-22, se ilustra el costo capital de inversión, para a investigación de obtención de orejones de durazno mediante el método combinado de osmosis y secado por aire caliente.

### 4.7.1 Costos de producción

Para determinar los costos de producción por cada kg de orejones de durazno producidos, se dispuso de los datos de información del balance de materia y energía del proyecto realizado a una escala de 1:100.

El costo productivo está a base al procesamiento de 100 kg de durazno flordaking, para lo cual se considera tener 1 obrero que trabaje una jornada y media por día, con una remuneración de 15 Bs por 1 hora-hombre.

**Tabla IV-23. Costo productivo para 100 kg de durazno**

Reactivos	Costo unitario en el mercado		Costo de producción para procesar 100 kg de durazno	
	cantidad	Costo (Bs)	cantidad utilizada	Costo (Bs)
Na(OH) 99 %	1 kg	40	1.8665 kg	74.6
Ácido cítrico 99.99 %	1 kg	17	0.74625 kg	12.69
<b>Insumos</b>				
Azúcar	1 kg	6	2.7 kg/153.45 kg	16.32
Agua	1 kg	0.01228	640 kg	7.859
Durazno	1 kg	3.5	100 kg	350
<b>Energía</b>				
Pelado químico	1 kW-h	0.93	6.654 kW-h	6.188
Inmersión osmótica	1 kW-h	0.93	3.193 kW-h	2.969
Secado por aire caliente	1 kW-h	0.93	20.71 kW-h	18.852
Envase	1 bolsa	0.3	113.4 bolsas	34.02
Mano de obra	1 h-hombre	15	12 h-hombre	180
Costo total	-	-	-	703.498

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla IV-23, se muestra el costo de producción para obtener 11.31 kg de orejones de durazno.

El costo unitario es el costo real de cada producto según su cotización en el mercado y el costo de producción en la tabla IV-23, se refiere al gasto hipotético que se tiene que hacer para procesar 100 kg de durazno flordaking.

$$\text{Costo por kg de producto} = \frac{\text{costo de producción}}{\text{kg de producto producidos}} \quad (4.42)$$

$$\text{Costo por kg de producto} = \frac{703.49 \text{ [Bs]}}{11.31 \text{ [kg]}} = 62.2 \frac{\text{[Bs]}}{\text{[kg] de orejones de durazno}}$$

El costo productivo por kg de orejones de durazno obtenido se valúa en 62.2 Bolivianos.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5.1 CONCLUSIONES

- ❖ La elaboración de los orejones de durazno mediante ósmosis y secado por aire caliente, a través de la investigación realizada demostró ser factible para obtener un producto de alta calidad, similar a la de una fruta fresca con alto contenido nutricional y energético, siendo lo más destacado su textura estable de color definido naranja-amarillento, un olor natural propio de la fruta y un sabor resaltante, agradable en dulzura y acidez.
- ❖ Las características fisicoquímicas y nutricionales de la materia prima se aproximan a la media estándar, con ciertas ventajas como el rendimiento de pulpa que mejoró en un 8.74 % debido al método empleado (pelado químico), entre sus desventajas propias de la variedad, está el contenido de agua y la cantidad de fibra presente.
- ❖ El tratamiento antipardeamiento realizado al durazno demostró su total eficacia en el producto final, dando realce al sabor, y manteniendo sobre todo un color estable y natural durante el desarrollo y el almacenamiento del producto.
- ❖ La deshidratación osmótica demostró ser un método muy importante en la elaboración de los orejones de durazno, mediante el cual se logró introducir en forma homogénea partículas deseables como de ácido cítrico y más que todo la sacarosa en niveles controlables en función del tiempo óptimo de inmersión y sus condiciones operativas adecuadas.
- ❖ De las 4 muestras que se sometieron a estudio, la muestra A1 demostró las mejores cualidades tanto físicas, químicas como sensoriales, cuyos resultados están plasmados en el trabajo de investigación.
- ❖ El secado por aire caliente demostró ser idóneo por su alta eficiencia energética y rapidez, manteniendo la calidad en los duraznos osmodeshidratados intactos en función del tiempo durante su aplicación hacia los orejones de durazno.
- ❖ El producto obtenido tiene un rendimiento del 11.31 %, ver tabla IV-13, se caracteriza por ser de una estructura blanda, manipulable, de gusto apetecible con niveles de calidad similares a una fruta fresca, es un producto concentrado en proteínas (vitaminas), minerales y carbohidratos como se muestra en la tabla IV-14.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para los productores de durazno en el municipio de Bermejo:

- ❖ Probar con otras variedades de durazno en el deshidratado como por ejemplo las variedades Cerrito y Carson, son duraznos especiales de industria.
- ❖ Realizar diferentes pruebas de secado con un equipo en el cual se pueda variar tanto la temperatura como el flujo de aire.
- ❖ Realizar estudios sobre la reutilización de la sacarosa, soda cáustica y el ácido cítrico residual, para reducir los costos de producción.