

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORACION DE KÉTCUP PICANTE PARA INDUSTRIAS LAMOR

Por:

Cinthia Pamela Cardozo Pacheco

Proyecto de grado, Modalidad “Investigación Aplicada” presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Diciembre 2016

TARIJA-BOLIVIA

RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de una investigación que tiene por objeto determinar los parámetros óptimos para la elaboración de kétchup picante para industrias LAMOR a partir del tomate variedad Perita.

En el valle central de Tarija se tiene una producción estimada de 7.560 Tn/año de tomate, en una superficie de 378 ha. La zona de mayor producción de tomate es la provincia Avilés con 3.020 Tn/año y una superficie de 151ha.

Las características más importantes de la materia prima son: Los sólidos que deberán ser superiores a los 4.5° Brix, un pH que no debe ser mayor a los 4,5 y el color rojo fuerte de los tomates.

Para la obtención de kétchup picante, se empleó un proceso a escala laboratorio adaptado a las condiciones de nuestra región y a los equipos que nos proporciona el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química (LOU) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

El proceso de obtención de kétchup picante se inicia con la selección rigurosa de la materia prima, partiendo así de 1000g de tomate, enseguida pasa al lavado por inmersión en 3 litros de agua a temperatura ambiente, luego al escaldado entre una temperatura de 90 a 100 °C por un tiempo de 7 min para inactivar las pectinas; una vez escaldado el tomate es pelado y el tamizado, separando así la pulpa de los residuos como ser piel y semillas

La pulpa de tomate obtenida es de 804,831g, la cual es concentrada al vacío en el rotavapor el cual es un aparato de destilación rotatorio asociado a un Baño María que trabaja a una presión del sistema a 20 KPa, lo que representa una temperatura de ebullición de la muestra a 60 °C; de esta manera se logra conservar las propiedades del tomate como ser vitaminas, olor y aromas, logrando un producto de mejor calidad nutricional.

Se obtiene la pasta de tomate entre los 180 y 200 g en dos niveles de 15 y 20 °Brix según el diseño experimental, para luego añadir los insumos a la misma como ser: azúcar, sal, vinagre, salsa picante y conservante sorbato de potasio al 0,1 %.

Para cada ensayo se tomó en cuenta 100g de pasta de tomate adicionándole los insumos a la misma y obteniendo de esta manera el kétchup picante en dos niveles entre los 28 y 32 °Brix según el diseño experimental.

El kétchup picante es envasado en frascos de vidrio con tapa rosca para poder ser pasteurizado a una temperatura de 70°C por un tiempo de 30 minutos. El kétchup picante es conservado a una temperatura entre los 15 y 20°C

Luego de realizar los ensayos y someter los productos obtenidos a evaluación sensorial en base a la escala hedónica respectiva, aplicada a un panel de degustación conformada por docentes de la Carrera de Ingeniería Química, se determinó que la pasta de tomate base para la elaboración del producto debe ser elaborada a una temperatura de 60°C y 20°Brix y en base a esta pasta elaborar el kétchup picante a 28 °Brix, 4,12 pH y 5g de salsa picante.

Los análisis fisicoquímicos del producto obtenido kétchup picante fueron realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), asegurando con esto un producto de calidad, donde se determinó:

Componente	Unidad	Resultado
Azúcares totales	%	20,45
Azúcares reductores	%	19,32
Cloruro de sodio	%	1,50
Humedad	%	70,04
pH (20°C)	-----	4,12
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	28
Sólidos totales	%	29,96

Estos valores se encuentran acordes con lo establecido en las Normas de IBNORCA para el consumo de las salsas.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El tomate, *Lycopersicon esculentum*, es una planta de la familia de las solanáceas (*Solanaceae*), es originaria de México y cultivada por todo el mundo para su consumo

Las dos categorías principales de tomate para consumo son: el tomate fresco y el tomate procesado; en lo que se refiere al procesamiento del tomate son aquellos que se enlatan o se cocinan para obtener salsas o pasta de tomate. La remoción de agua del tomate es un proceso bastante costoso, por esa razón en la industria se prefiere las variedades que presentan un alto contenido de sólidos solubles en agua.

Son diversos los productos que se incluyen en esta categoría:

- **Jugo de tomate.**- Es el zumo obtenido de tomates triturados. Se lo utiliza generalmente para beber solo o combinado con otras bebidas en cócteles.
- **Tomates secos o deshidratados.**- Son tomates cortados a los que se les ha separado las semillas y extraído el agua.
- **Concentrados de tomate.**- Son el producto preparado mediante la concentración del zumo obtenido de tomates rojos, convenientemente sanos y maduros que ha sido filtrado o sometido a otras operaciones para eliminar del producto terminado la piel, las semillas y otras sustancias gruesas o duras.
- **Salsa de tomate.**- La salsa de tomate es una salsa o pasta elaborada principalmente de la pulpa de los tomates, a la que se le añade, dependiendo del tipo particular de salsa y del país, chiles rojos, cilantro, cebolla, vinagre o jugo de limón, albahaca, sal, azúcar, aceite, ajo y varias especias. La salsa de tomate puede adquirirse envasada en múltiples formas.

En la actualidad la importancia de los cultivos de tomates aumenta continuamente, abarcando nuevas extensiones de terreno e industrializando cada vez más la producción, no solo para el consumo fresco y la obtención del jugo, sino para suministrar la materia prima a la gran cantidad de fábricas de conserva que cada día se implantan (Hernán Sáez P. Pastor J., 2009)

El cultivo de tomate corresponde a una de las especies hortícolas más difundidas a nivel mundial. La superficie total, de acuerdo a la FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), alcanza a unas 3,6 millones de hectáreas, la cual ha aumentado sostenidamente en los últimos años (HORTO Info., 2013).

En la tabla 1.1 se muestra la producción de tomate en Sudamérica:

Tabla 1.1 Principales países productores de tomate en Sudamérica (toneladas por año

Países	2007	2008	2009	2010	2011
Brasil	3.431.406	3.867.660	4.310.480	4.106.850	4.416.650
Chile	1.270.000	977.000	850.000	900.000	872.485
Argentina	680.000	701.311	713.492	720.733	698.699
Colombia	474.317	490.929	514.587	546.322	595.299

Fuente: HORTO Info., 2013. Disponible en:

<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/1543-tomate-mundo-15-07>

En Bolivia, el cultivo de tomate es de gran importancia, tanto por su amplia adaptabilidad a distintos pisos ecológicos, como por su rendimiento, generando por lo tanto importantes ingresos económicos a los agricultores que la cultivan (Centro de Investigación Agrícola Tropical, CIAT, 2012).

Bolivia tiene varias zonas y épocas de producción de tomate en diferentes pisos altitudinales que van desde los 250 hasta los 2.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Sin embargo, las zonas más adecuadas para obtener un producto de calidad se encuentra desde los 1.000 hasta los 2.500 m.s.n.m.; a estas altitudes se

logra un balance adecuado de temperaturas frescas y luminosidad, siendo éstas las condiciones necesarias para el color intenso y alto contenido de azúcares y otros sólidos en el fruto (Centro de Investigación Agrícola Tropical, CIAT, 2012).

En la tabla 1.2 se muestra la producción agrícola de tomate en Bolivia, según cultivo (tonelada métrica):

Tabla 1.2 Producción de tomate en Bolivia (toneladas por año)

Descripción	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Producción de tomate	52.324	53.070	53.062	49.476	51.748

Fuente INE, 2014. Disponible en:

<http://www.ine.gob.bo/indice/general.aspx?codigo=40104>

Tarija, ubicada a 1950 m.s.n.m, además de ser un departamento cuya economía gira en torno a los hidrocarburos, también hay espacio para la producción de tubérculos, granos, verduras y frutas, productos que se venden en el departamento y en los mercados de Cochabamba y Santa Cruz (El Deber, 2013). La zona del Valle Central de Tarija es considerada apta para el cultivo del tomate. Esta zona tiene un área geográfica comprendida por el “Estudio Semi – Detallado de Suelos” elaborado por el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios y que continúa vigente hasta la fecha, ocupando territorio entre las localidades de Canasmoro en el extremo Norte, Cañas en el extremo Sud, San Agustín al Este y Canchas Mayu al Oeste. En general, se entiende como Valle Central de Tarija la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir hasta la sección de la Angostura, que es un límite geográfico natural.

Se podría decir que toda la zona del Valle Central de Tarija es apta para el cultivo del tomate, por sus características climatológicas que favorecen este cultivo, pero en la actualidad, sin embargo existen otras limitantes agronómicas como la fertilidad del

suelo, la topografía y la disponibilidad de agua para riego, variables que limitan el área de este cultivo a determinadas zonas que cumplen con estos requerimientos.

En la tabla 1.3 se muestra la producción de tomate en Tarija, según cultivo (tonelada métrica):

Tabla 1.3 Producción de tomate en Tarija (toneladas por año)

Descripción	1996	1997	1998	1999	2000
Producción de tomate	2.090	2.222	1.542	1.816	2.017

Fuente INE, 2014. Disponible en:

<http://www.ine.gob.bo/indice/general.aspx?codigo=40104>

Según datos de la CAT (Cámara Agropecuaria Tarija), la producción de tomate en nuestro departamento de Tarija el año 2013 es de:

Tabla 1.4 Producción de tomate en Tarija año 2013 (toneladas por año)

Provincia	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento por ha.	Producción total (Tn)
Cercado	68	20	1.360
Avilés	151	20	3.020
Arce	62	20	1.240
O'Connor	18	20	360
Gran Chaco	74	20	1.480
Méndez	8	20	100
Total	378	-----	7.560

Fuente: Cámara Agropecuaria de Tarija, CAT, 2014.

Según datos de la CAT (Cámara Agropecuaria Tarija) la producción de tomate perita en nuestro departamento de Tarija en el año 2013 es de:

Tabla 1.5 Producción de tomate perita por provincias en el departamento Tarija

Provincia	Superficie cultivada (ha)
Cercado	30
Arce	26
Avilés	125
O' Connor	8
Gran Chaco	32
Méndez	5
Total	226

Fuente: Cámara Agropecuaria de Tarija, CAT, 2014.

1.2 Justificación

1.2.1. Justificación técnica

La idea es obtener kétchup picante a escala laboratorio para determinar las variables óptimas necesarias para su elaboración, para luego su elaboración a escala piloto y/o industrial.

La obtención del kétchup picante es de importancia para la Empresa LAMOR, ya que es una industria que elabora la salsa picante Tabasking, por lo que tiene previsto ampliar su línea de productos entre los cuales han pensado la salsa kétchup picante la cual es una mezcla de la pasta de tomate obtenida con la salsa picante Tabasking y demás insumos que le darán mayor sabor.

La empresa requiere del apoyo para definir los parámetros técnicos del proceso de elaboración de Kétchup Picante, así como las variables fisicoquímicas en cada una de las etapas del mismo; de esta manera las pruebas a realizar serán a escala laboratorio en las instalaciones del (LOU) Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química de la U.A.J.M.S.

1.2.2. Justificación económica

El tomate es un cultivo importante en la economía agrícola del departamento de Tarija; se estima que es la principal hortaliza producida en el Valle Central de Tarija.

Las principales regiones productoras de tomate en el departamento de Tarija son: la provincia Avilés (Colón Norte), Cercado (San Andrés), Uriondo (comunidad del Valle de Concepción y Colón), Gran Chaco (comunidad de Villamontes) y O'Connor (comunidad de Entre Ríos). Tarija está ubicada en cuarto lugar, a nivel nacional, entre los productores de tomate, por lo que tiene la suficiente capacidad de ampliar sus zonas de cultivo si se mejora el mercado de consumo para este producto. INE 2010.

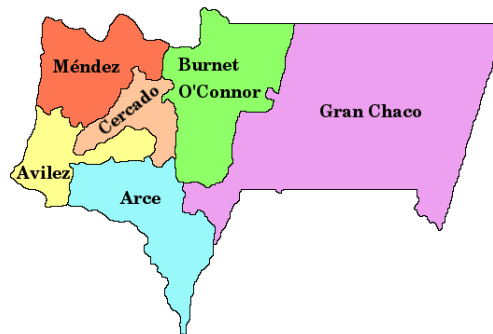
Uno de los principales problemas que enfrentan los productores de tomate en nuestra región es la variación de los precios, en el campo de acuerdo a las consultas a los productores, la caja de 22 kg oscila entre 40 y 60 bolivianos en la ciudad de Tarija. La caja se comercializa entre Bs. 80 y 140, por lo general, la mayor utilidad se la lleva el comerciante.

Las oportunidades de comercialización de este cultivo son diversas, aún no están siendo aprovechadas en beneficio de nuestros productores. Por este motivo el trabajo de elaboración de ketchup picante se propone como alternativa de conservar, industrializar y generar valor agregado al fruto para permitir mejores ingresos al productor.

Asimismo, se ha identificado que la salsa de tomate tipo ketchup es la de mayor consumo a nivel mundial, se estima que el consumo nacional de este producto está en constante incremento debido a la apertura de restaurantes de comida rápida en las principales ciudades de todos los departamentos del país, siendo un producto que acompaña una serie de aperitivos, como ser: papas francesas, hamburguesas, hot dogs, sándwiches, pollos a la brasa, pollos al espiedo y también en la elaboración de pastas, etc.

Con este producto se puede conservar una importante cantidad de tomate y darle valor agregado a esta producción.

Figura 1.1- Mapa político del departamento de Tarija



Fuente: Map Data, 2016.

1.2.3 Justificación social

La problemática de los agricultores es que el cultivo del tomate tiene un corto tiempo para realizar la cosecha; por tanto, existe una pérdida considerable de producto en campo, por su rápida maduración y por falta de medios de conservación; no existen en la región cadenas de frío para almacenar el fruto, tampoco hay industrias para transformar el tomate en pastas, jugos, salsas y/o concentrados, todo esto influye en que se concentra la producción en un corto período y se refleja en una disminución del precio del fruto, ya que no existen opciones que permitan darle un valor agregado.

Otro problema es que no existe una variedad de tomate que predomine, lo que implica que existen muchas variedades de éste en el mercado y como no se industrializa, los productores siembran según sus corazonadas. No existe una entidad que oriente adecuadamente a los productores en qué variedad deben sembrar en sus tierras.

1.2.4 Justificación ambiental

La contaminación del medio ambiente es uno de los problemas más graves en la actualidad. Suelo, agua y aire son contaminados por compuestos químicos que tardan años en disolverse. La mayoría de estos químicos son resultado de nuestro estilo de vida y son creados por la industria y por los vehículos de motor. Algunos de los tóxicos más comunes son: metales, nitratos y plásticos.

En las industrias procesadoras de alimentos existen efectos negativos para el medio ambiente, principalmente debido al mal manejo de sus desechos, como también al uso excesivo de energía.

Las plantas de procesamiento de frutas y vegetales son importantes usuarios de agua y generadores de desechos. Las operaciones de lavado, enjuagado, clasificación, transporte dentro de la planta, peladura, blanqueado, envasado, combinación, cocinado y limpieza producen grandes cantidades de aguas servidas y desechos sólidos.

En una industria procesadora de tomate se considera residuo industrial a la piel y las pepitas de los tomates, ya que las aguas de lavado que se generan en las industrias, suelen ser recicladas in situ para volverse a utilizar en otras fases del proceso industrial. En algunas ocasiones incluyen trozos deteriorados que no sirven para la elaboración del producto.

Si estos residuos no se valorizaran, terminarían dando lugar a problemas medioambientales como malos olores, contaminación de aguas o fomento de plagas, sin duda se pueden prevenir, si se practica buena limpieza y se mantienen condiciones sanitarias en todo momento.

1.3 Objetivos

Los objetivos de la presente investigación son los que se detallan a continuación.

1.3.1 Objetivo General

Obtener a escala laboratorio kétchup picante para industrias LAMOR.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir y caracterizar física y químicamente el tomate perita y el producto a elaborar kétchup picante
- Cuantificar la cantidad de materia prima (tomate variedad Perita), necesaria para la elaboración de kétchup picante.
- Seleccionar el proceso y establecer las variables de concentración de la pasta de tomate para la elaboración de kétchup picante.
- Establecer la dosificación de los insumos para la elaboración de kétchup picante.
- Seleccionar y analizar el producto óptimo de kétchup picante elaborado.
- Establecer un balance de materia para el proceso de elaboración de kétchup picante.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la salsa ketchup

El rápido desarrollo de la industria del procesamiento del tomate en los países desarrollados, en las últimas décadas, puede atribuirse a una serie de actividades entrelazadas. Estas actividades incluyen investigación y desarrollo, que condujeron a la introducción de mejores variedades, técnicas de producción más eficientes, y métodos mejorados de elaboración. La facilidad y prontitud con que con tomate se preparan diferentes productos que pueden utilizarse en la manufactura de otros alimentos, lo convierten en el más popular de los cultivos agrícolas.

La diversidad de sus usos y sus atributos sensoriales y protectores de la salud humana han posicionado al tomate como uno de los frutos más importantes en la dieta humana; hoy en día el tomate como ketchup es muy popular en varias regiones del mundo tales como Estados Unidos, México, Canadá, Reino Unido, Italia, España, Holanda, Bélgica, Alemania, Rusia, China, India, Indonesia, Egipto, Sudáfrica, Australia, Costa Rica y Venezuela entre otros países (BIOTECNIA 2012).

2.1.1. Definición

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) 2008, define al ketchup como: “Producto elaborado a partir de tomates sanos y maduros, enteros, troceados o triturados, de pulpa pasta o concentrado de tomate, adicionado de sal, edulcorantes naturales, vinagre, condimentos especias y aditivos permitidos, sometido a un tratamiento térmico de pasteurización”.

El ketchup picante es definido al igual que el ketchup mencionado anteriormente, pero con la adición de ciertas especias que le impartan un sabor pungente característico.

El mismo puede ser conservado mediante algún método químico, permitiendo utilizar como conservante al sorbato de potasio con una dosis del 0,1 % o un tratamiento fisicoquímico, que asegure su preservación química y bromatológicamente en envases herméticos.

2.1.2. Origen

La palabra ketchup (o catsup, dependiendo de dónde estés) es derivada del chino *ke-tsiap*, una salsa picante que acompañaba el pescado y la carne pero que no incluía el tomate entre sus ingredientes. Los ingleses lo importaron del archipiélago malayo en el siglo XVIII. El ketchup de champiñón fue el primero en cobrar fama dentro de la cocina inglesa, y fueron estos mismos los que llevaron esta creación al continente Americano, al momento de colonizar (Wen Fong Kwong, 2011).

El ketchup moderno fue ideado por el norteamericano Henry J. Heinz, quien en 1876 añadió el tomate en dicha salsa, la verdad es que no fue el inventor, solo tuvo la idea de incluir salsa de tomate a la fórmula (Wen Fong Kwong, 2011).

Heinz comercializó por primera vez el ketchup en 1876, anteriormente había iniciado su actividad en 1869 vendiendo rábanos en conserva con la novedad del envasado: se hacía en tarros de cristal, y era la primera vez que se comercializaba así; la fórmula de conservado procedía de su madre. La empresa se denominó Heinz & Noble y la creó con su socio L. Clarence Noble. La empresa fue extendiéndose por todo el mundo de tal forma que hoy en día está íntimamente asociada al producto. En 1990 Heinz introdujo en Estados Unidos el primer recipiente de ketchup de plástico “reciclable”, extendiéndose mundialmente (Wen Fong Kwong, 2011).

Figura 2.1 Origen del ketchup Heinz



Fuente: Wen Fong Kwong, 2011.

<https://www.fayerwayer.com/2011/08/el-origen-de-el-ketchup/>

2.1.3. Consumo de ketchup a nivel mundial y nacional

Según las estadísticas de Uncomtrade - United Nations Commodity Trade Statistics Data base, las importaciones mundiales de salsas en el 2006 fueron de US\$11.065 mil millones presentando crecimiento anual durante los años 2002 al 2006 del 8% aproximadamente. Los principales importadores mundiales de salsas son: Estados Unidos (12,7%); Inglaterra (9,4%); Alemania y Japón (5,1% cada uno) y Francia (4,8%).

En Bolivia el Grupo Venado busca expandir sus exportaciones y actualmente se encuentra en negociaciones para vender su producción a otros mercados. En el año 2014, la Industria de Productos Alimenticios y de Limpieza invirtió Bs 50 millones en sus plantas de La Paz y Santa Cruz (La Razón Edición Impresa, 2015).

Actualmente el principal mercado es el peruano por la similitud en ventas con el mercado interno. El total de las exportaciones que va a ese país es de una cifra inferior al 2%, afirma el Gerente de Marketing de dicha industria (La Razón Edición Impresa, 2015).

El consumo a escala nacional ha crecido con la economía, los bolivianos cada vez demandan más productos de calidad, el departamento de Santa Cruz es el que más consume productos del Grupo Venado, aunque La Paz y Cochabamba están casi a la par. Los productos más vendidos y consumidos en el país son: la levadura, gelatinas, cereales y salsas, entre otros (La Razón Edición Impresa, 2015).

Tabla 2.1 Consumo de ketchup en Kg en Bolivia (según encuesta de población)

Departamento	Consumo según encuesta	Población (millones)	Consumo aparente
Santa Cruz	99.559,2	2,6	162.183,5
La Paz	72.427	2,8	136.299,6
Cochabamba	45.533,8	1,9	81.983,5
Total	217.520	7,3	380.466,6

Fuente: La Razón Edición Impresa, 2015.

Figura 2.2 Industrias Venado Bolivia S.A



Fuente: La Razón Edición Impresa, 2015.

http://www.la-razon.com/economia/Grupo-Venado-negocia-productos-mercados_0_2227577354.html

2.2. Descripción de la materia prima

Investigadores han precisado que el tomate y otras hortalizas se cultivaron de forma continua en las culturas andinas desde tiempos preincaicos. Ya en 700 A.C. el tomate se cultivaba en México, Perú y Bolivia.

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías; de hecho, 5Kg. de tomate aportan solamente 18 Kcal. La mayor parte de su peso es agua, alrededor de un 90% y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico.

La composición depende de la variedad, etapa de madurez, condiciones de cultivo: clima, luz, temperatura y fertilización, así como su manejo y almacenamiento (Gómez M., 2009).

El tomate es una fuente importante de ciertos minerales (como el potasio y el magnesio). De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la C. Presenta también flavonoides, flavonas, ácidos fenólicos carotenoides y beta carotenos como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico) que posee propiedades antioxidantes y actúa protegiendo a las células humanas del estrés oxidativo, producido por la acción de los radicales libres, que son uno de los principales responsables de las enfermedades cardiovasculares, del cáncer de próstata, de mama, ayuda a disminuir los niveles de colesterol, arteriosclerosis y del envejecimiento (Gómez M., 2009).

El licopeno constituye aproximadamente el 83% de todos los pigmentos presentes en el tomate, siendo el fruto que tiene los niveles más altos de dicho compuesto. Los tomates y sus productos son las principales fuentes de licopeno en la dieta de las personas. La degradación del licopeno no solo afecta al color del producto final, sino también su valor nutritivo (Gómez M., 2009).

Figura 2.3 Tomate fresco



Fuente: El huerto 20, 2016.

<https://elhuerto20.wordpress.com/cultivo-de-hortalizas/cultivo-de-solanaceas/tomates/>

El grado de madurez es importante para controlar la calidad del producto final, así como la eficiencia del proceso; ya que un exceso de madurez resulta en una elevada proporción de materia prima desechada, deterioro excesivo del producto y daño durante el almacenamiento. La falta de madurez por otra parte, supone rendimientos menores y el producto final presenta un color, gusto y textura inferiores a los requeridos (Biotecnia, 2012).

También es muy importante la inactivación de las pectinas del tomate para mejorar la calidad del producto. La pectina es un carbohidrato vegetal complejo que forma parte de la pared de las células (lamela mediana que une las células adyacentes) y también se encuentra dentro de ellas. Puede representar del 2 al 35% de la pared celular. En contacto con líquidos, la pectina tiene la capacidad de formar geles, una cualidad de fundamental importancia para la industria de alimentos. En contraposición, esa misma propiedad es considerada perjudicial en la industria de jugos de frutas, mermeladas y salsas porque causa la retención de líquidos y enturbia el producto (Malajovich, 2010).

2.2.1 Variedades de tomates más comunes

Según las variedades se observan numerosas variaciones en la forma y el color de los frutos, pueden ser aplastados o redondeados (lisos o alargados). Al seccionarlos transversalmente se observa que son biculares, pluriloculares o con semillas irregulares. Una misma planta puede producir dos tipos de frutos. Las variedades más comunes son las siguientes:

Figura 2.4 Variedades de tomate

A



B



C



D



E



F



Fuente: El huerto, 2010.

<http://www.planetahuerto.es/guias/guia-de-cultivo-del-tomate-2014>

- a) **Variedades precoces** de frutos acostillados: muestra una gran precocidad en clima mediterráneo, el aspecto de la planta es indeterminado, los frutos tienen

forma plana acostillada con celdillas irregulares e incluso a veces, apariencia monstruosa.

- b) **Variedades tardía** con grandes frutos: son plantas robustas y con tallos de gran calibre, estas variedades son de 10 a 15 días más tardías que las precedentes, producen grandes frutos globulosos, esféricos o ligeramente aplastados de 120 a 200 gramos, su crecimiento generalmente es indeterminado.
- c) **Variedades del tipo anglo – holandés**: estas variedades son cultivadas en invernaderos, producen frutos de 60 a 80 g, biloculares o triloculares, con florescencias muy cargadas, en plantas indeterminadas de gran tamaño.
- d) **Variedades industriales Río Grande**: Son de origen italiano, sus frutos son biloculares y de forma alargada, contienen muy poca semilla, tienen un sabor muy dulce y son ricos en materia seca. Se conservan más tiempo que los tomates redondos.
- e) **Variedades industriales de frutos redondos**: Estas variedades son recientes y provienen de cruzamientos muy complejos. Presentan frutos redondos de tamaño mediano o grande, son muy resistentes al desgarramiento que presentan a una recolección mecánica.
- f) **Las tomatosas**: Son variedades de tomate de un tipo muy particular, sus tallos son muy finos y largos, su follaje muy dentado, de color verde oscuro, sus frutos son pequeños, tienen forma variable reproduciendo en miniatura las formas antes citadas, son de distintos colores, de color rosa, a veces estriados, en el interior del fruto, la jalea en la que están insertas las semillas es de color verde, frecuentemente el sabor de estos frutos es amargo. Estas variedades no son muy conocidas en el comercio.

En nuestra región las variedades más difundidas son: La variedad industrial de frutos alargados, llamado también Río grande (tomate perita) y las variedades tardías con grandes frutos (tomate manzana) (CAT, 2014).

2.2.2 Composición nutricional del tomate

El tomate es un alimento muy versátil, que se consume casi todo el año y que tiene grandes propiedades nutritivas.

Se muestra su composición mediante el siguiente análisis nutricional que nos ayuda a ver con claridad sus cualidades de una porción comestible de 100 gramos de tomate crudo.

Tabla 2.2 Los nutrientes del tomate “perita”

COMPONENTE	CANTIDAD
Agua	94%
Hidrato de carbono	3,5%
Proteína	1%
Grasas	0,11%
Fibras	1,4%
Kilocalorías	18/100g

Fuente: Nature Choice, SAT, 2012.

Tabla 2.3 Principales minerales del tomate “perita”

MINERALES	CONTENIDO (%)
Magnesio	8,30
Potasio	0,300
Fósforo	0,023
Azufre	0,014
Calcio	0,013
Hierro	0,005
Zinc	0,0002
Flúor	0,000001
Yodo	0,000001

Fuente: Nature Choice, SAT, 2012.

Tabla 2.4 Principales vitaminas del tomate “perita”

VITAMINAS	CONTENIDO
Vitamina A	1000-1300 UT
Vitamina B1	0,08 mg/en 100 mg
Vitamina B2	0,08 mg/en 100 mg
Vitamina C	0,23 mg/en 100 mg
Vitamina E	0,23 mg/en 100 mg
Vitamina K	0,05 mg/en 100 mg

Fuente: Nature Choice, SAT, 2012.

<http://www.productonaturechoice.com/tomate/FichaTomatePera.pdf>

Al mismo tiempo se realizaron pruebas en el LOU (Laboratorio de Operaciones Unitarias) de la UAJMS, para determinar algunas otras características fisicoquímicas de la materia prima, tomando en cuenta que se emplea variedad perita para el presente trabajo de grado.

Tabla 2.5 Análisis del tomate perita (en laboratorio)

Análisis	Unidad	Tomate perita
Sólidos totales	%	5.51
Sólidos solubles	°Brix	5.1
Humedad	%	94.49
pH	-----	4.29

Fuente: Elaboración propia, 2016

2.2.3 Composición físico-química del ketchup

Según El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) 2008, el ketchup debe tener la siguiente composición fisicoquímica:

Tabla 2.6 Composición fisicoquímica del ketchup

Requisito	Límite
Consistencia (cm en 30 s a 20 °C) máximo	7
Sólidos totales, % (m/m), mínimo	27
Sólidos solubles por lectura refractométrica, a 20°C, % (m/m) mínimo.	22
Acidez titulable, expresada en ácido cítrico anhídrido % (m/m)	1-2
pH a 20°C no mayor a	4,3
Cloruro de sodio Na Cl, % (m/m) máximo	2
Colorantes, solos o en mezcla, ppm, máximo	250
Almidones naturales y/o modificados (%) máximo	3

Fuente: IBNORCA, 2008.

2.2.4 Propiedades físicas del ketchup

- El ketchup se encuentra dentro de la lista de los fluidos no newtonianos tales como las cremas batidas, la sangre, las emulsiones fotográficas, el esmalte de uñas, coloides, etc. Este tipo de fluidos tiene la propiedad de cambiar su viscosidad en función de la agitación. Este fenómeno explica que con la intención de sacar de los envases de ketchup una porción, éste se agite violentamente contra la

palma de una mano, de esta forma hacemos que este fluya fácilmente por la abertura del envase (Elevina Pérez, 2011).

2.2.5 Consistencia del ketchup

- Hay productos que sin tener las características físicas de un sólido presentan una deformación más lenta que la de un líquido. Para caracterizar este tipo de producto se mide la consistencia, con un consistómetro Bosjtwick (método oficial para la determinación de la consistencia en el ketchup) (Elevina Pérez, 2011).

Tabla 2.7 Evaluación de la consistencia de la salsa tipo ketchup.

Ketchup	Kg de pasta/lote	Consistencia (10-12,5 cm/10s)
H8893	1 850	11,47 b
S-23	1 850	12,45 ab
Brigade	1 991	12,23 ab
Agrozzi	1 991	2,87 ab
HB-21 °B	2 681	13,90 a
HB-23 °B	1 850	12,30 ab
HB-25 °B	1 850	13,87 a
Estándar	1991	11,77 b

Fuente: Echarrys K. y Ramírez A., 2002.

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300007

En los países de habla española, la salsa de tomate frito ha sido desde siempre el equivalente al ketchup, pero cabe resaltar que entre ambas hay diferencias, principalmente relacionadas a su composición y consistencia:

- La salsa de tomate contiene aceite y el ketchup no
- En el terreno de los aditivos el ketchup contiene más tipos y cantidad que la salsa de tomate.

- En el ketchup el contenido de azúcar está entre el 3 % y el 10 %, mientras que en la salsa de tomate se encuentra apenas (0,2 % y el 2 %) o se incluye como un aditivo corrector de la acidez de los tomates no maduros incluidos en el proceso.
- El ketchup tiene más sal que la salsa de tomate.
- El ketchup tiene un aporte de calorías de un 25 % mayor que la salsa de tomate, además el contenido en tomate es ligeramente superior en el ketchup al emplear concentrado (Elevina Pérez, 2011).

Figura 2.5 Consistencia del ketchup



Fuente: (Elevina Pérez, 2011).

2.2.6 Clasificación del ketchup

Con la finalidad de obtener mayores rendimientos económicos y economías de escala, las empresas pueden elaborarlo de la siguiente manera:

- Ketchup artesanal.- A pequeña escala, con equipos convencionales.
- Ketchup industrial.- Producción a gran escala con mayor tecnología.

En el mercado de salsas se encuentra ketchup con distintas características, dependiendo los aditivos que se emplean en su elaboración; se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Ketchup tradicional.- Tiene mayor concentración de sólidos solubles, generalmente es artesanal.

- Kétchup light.- Con bajo contenido de calorías y niveles mínimos de azúcar, e incluso lo elaboran sin azúcar, orientado a gente con diabetes, en dieta o en régimen especial de alimentación.
- Kétchup dulce.- Contiene una mayor concentración de azúcar.
- Kétchup picante.- Que tiene adición de ají.

Las normas para la pasta de tomate, recomendadas por el Comité de Internacional Permanente de la Conserva (CIPC, 1995), recomienda de acuerdo a la concentración en sólidos secos, determinados por refractómetro son las siguientes:

Tabla 2.8 Tipos de pasta de tomate

Producto de tomate	% de sólidos secos
Concentrado de tomate	12 a 20
Salsa kétchup	20 a 32

Fuente: Manual de Industrias Alimentarias, 1993.

2.2.7 Aplicaciones del kétchup

La salsa de tomate tipo kétchup es la de mayor consumo a nivel mundial, se estima que el consumo nacional de este producto está en constante incremento debido a la apertura de restaurantes de comida rápida en las principales ciudades de todos los departamentos del país.

Es un producto que acompaña una serie de aperitivos, como ser: papas francesas o papas fritas, hamburguesas, hot dogs, sándwiches, pollos a la brasa, pollos al espiedo, en la elaboración de pastas, también se puede mezclar con otras salsas como la mostaza y la mayonesa donde juntos forman una salsa de color naranja adecuado para añadir un sabor a las comidas (Wen Fong Kwong, 2011).

Figura 2.6 Aplicaciones del ketchup



Fuente: Wen Fong Kwong, 2011.

<http://www.sandranews.com/beneficios-para-la-salud-de-mostaza-ketchup-hot-condimentos-salsa/>

2.2.8 Beneficios del ketchup

Uno de los beneficios de la salsa de tomate es su alto contenido en licopeno. El licopeno es un antioxidante.

Se ha demostrado científicamente que comer ketchup más de dos veces a la semana reduce el riesgo de sufrir cáncer de próstata de un 21 a un 43% según un estudio del Doctor Edward Giovannucci de la Universidad de Salud Pública de Harvard.

Según el estudio "el único nutriente que previene el cáncer de próstata es el licopeno", que es un carotenoide que da el color rojo al tomate. Las mejores fuentes de licopeno en los alimentos proceden de la salsa de tomate, y del ketchup (5 mg por cada 20 gr); la sopa de tomate, tomates en lata y el zumo de tomate (3 mg por cada 20gr); sopa de verdura en menestra, puré de verduras y pomelos (1 mg por cada 20gr) (Wen Fong Kwong, 2011).

2.3 Proceso de evaporación para obtener concentrado de alimentos

En la evaporación se elimina el vapor formado por ebullición de una solución líquida de la que se obtiene una solución concentrada. En la gran mayoría de los casos la operación unitaria de evaporación se refiere a la eliminación de agua de una solución acuosa (Cristian Manuel, 2008).

El agua evaporada del producto concentrado suele desecharse, pero en otros casos el agua que contiene pequeñas cantidades de minerales se evapora para obtener agua libre de sólidos que se emplea en alimentación de calderas, para procesos químicos especiales, o para otros propósitos (Cristian Manuel, 2008).

En el concentrado de alimentos se logra una reducción de la Actividad de agua (A_w) del alimento a valores entre 0.6 y 0.8 (humedad intermedia) Con estos valores de (A_w) el desarrollo de microorganismos y la velocidad de las reacciones químicas, bioquímicas y enzimáticas se reducen, pero no se inhiben. Por ello, los productos concentrados requieren técnicas coadyuvantes de conservación: refrigeración-congelación, tratamiento térmico y envasado al vacío, adición de conservadores, etc.

Si un líquido se evapora en un recipiente cerrado, el espacio situado sobre el líquido se llena rápidamente de vapor, y la evaporación se ve pronto compensada por el proceso opuesto, la condensación. Para que la evaporación continúe produciéndose con rapidez hay que eliminar el vapor tan rápido como se forma. Por este motivo, un líquido se evapora con la máxima rapidez cuando se crea una corriente de aire sobre su superficie o cuando se extrae el vapor con una bomba de vacío (Cristian Manuel, 2008).

2.3.1 Factores que afectan el proceso de concentrado

Las propiedades físicas y químicas de la solución que se está concentrando y del vapor que se separa tiene un efecto considerable sobre el tipo de evaporador que debe usarse y sobre todo la temperatura y la presión del proceso (Cristian Manuel, 2008).

Los factores que afectan el proceso de concentrado son:

- a) **Concentración en el líquido:** Por lo general la alimentación líquida a un evaporador es bastante diluida por lo que su viscosidad bastante baja y se opera con coeficientes de transferencia de calor bastante altos. A medida que se verifica la evaporación, la solución se concentra y su viscosidad puede elevarse disminuyendo su coeficiente de transferencia de calor.
- b) **Solubilidad:** A medida que se calienta la solución y aumenta la concentración del soluto o sal; puede excederse el límite de solubilidad en la solución y se forman cristales. Esto limita la concentración máxima que puede obtenerse por evaporación de la solución.
- c) **Solubilidad térmica de los materiales:** Muchos productos en especial los alimentos y otros materiales biológicos, son sensibles a la temperatura y se degradan cuando ésta es elevada o el calentamiento es muy prolongado. La cantidad de degradación está en función de la temperatura y el tiempo.
- d) **Formación de espumas:** En algunos casos los materiales constituidos por soluciones caústicas, soluciones de alimentos como leche desnatada y algunas soluciones de ácidos grasos forman espuma durante la ebullición. Esta espuma es arrastrada por el vapor que sale del evaporador y puede producir pérdidas de material.
- e) **Presión y temperatura:** Cuanto más elevada sea la presión de operación del evaporador, mayor será la temperatura de ebullición. Además, la temperatura de ebullición también se eleva a medida que aumenta la concentración del material disuelto por la acción de evaporación. Este fenómeno se llama elevación de punto de ebullición. Para mantener un nivel bajo la temperatura

de los materiales termo sensibles suele ser necesario operar a presiones inferiores a 1atm esto es al vacío.

- f) Formación de incrustaciones y materiales de construcción: Algunas soluciones depositan materiales sólidos llamados incrustaciones sobre la superficie de calentamiento. Estas incrustaciones se forman a causa de los productos de descomposición por disminución de la solubilidad. El resultado es una reducción del coeficiente de transferencia de calor, lo que obliga a limpiar el evaporador. La selección de los materiales de construcción del evaporador tiene importancia en la prevención de la corrosión.

2.4 Procesos de elaboración de ketchup

Distintas clases de pastas de tomate son producidas en la actualidad, las cuales son la base para elaborar ketchup; en función al proceso, se pueden dividir en dos tipos principales:

- Procesos de concentrado al vacío (Evaporación Forzada).
- Procesos de concentrado a presión atmosférica (Evaporación Natural).

En estos dos procesos diferentes el acondicionamiento de la materia prima también puede ser de dos maneras:

- Ruptura en frío (Cold break) golpe de frío
- Ruptura en caliente (Hot break) golpe caliente

La principal diferencia entre estos tipos de pasta es la temperatura a la cual los tomates son partidos e inactivados enzimáticamente durante el proceso.

2.4.1. Proceso de elaboración con golpe de frío (Cold break)

Ruptura en frío, se refiere al procesamiento del tomate, es la trituración a la cual no se aplica suficiente calor al producto, como para permitir la inactivación de las pectinas, de tal manera que esas actúan inmediatamente, rompiendo los tejidos del tomate hidrolizando las pectinas.

La temperatura máxima a la que se somete el tomate es de (60-65)⁰C. Esta pasta usualmente tiene mejor color, aroma, textura y mantiene sus propiedades (Arévalo JC, 2008).

2.4.2. Proceso de elaboración con golpe caliente (Hot break)

Ruptura en caliente se refiere al procesamiento del tomate a una temperatura de (85-90)⁰C. De tal modo que se pueda inactivar las pectinas que más tarde conferirán un mayor cuerpo y resistencia al producto elaborado, pero con el riesgo de perder algunas propiedades organolépticas.

Actualmente la pasta procesada por medio de la ruptura en caliente es universalmente aceptada y comercializada en el mercado internacional, donde requieren una pasta de alta viscosidad para la elaboración de otros productos del tomate (Arévalo JC, 2008).

2.5 Equipos utilizados para la evaporación de alimentos

Los equipos utilizados para la evaporación de alimentos pueden ser:

- De circulación natural (simple efecto).
- De circulación forzada o película delgada (doble o múltiple efecto).

2.5.1 Evaporadores de circulación natural

Los evaporadores de circulación natural pueden ser:

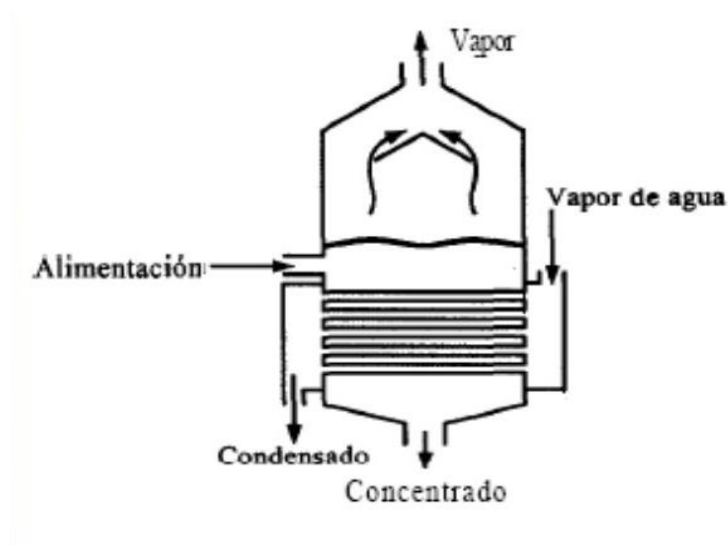
- Evaporador de tubos cortos horizontales
- Evaporador de tubos cortos verticales como se muestra en la figura:

2.5.1.1 Evaporador de tubos cortos horizontales

El vapor de agua entra a los tubos y se condensa; el condensado sale por el otro extremo de los tubos. La solución a ebullición está por fuera de ellos. El vapor se desprende de la superficie líquida; después, casi siempre se hace pasar por dispositivos de tipo deflector para impedir el arrastre de gotas de líquido y sale por la parte superior. Este equipo, relativamente económico, puede utilizarse para líquidos no viscosos con altos coeficientes de transferencia de calor y para líquidos que no formen incrustaciones. Puesto que la circulación del líquido no es muy buena, son poco adecuados para materiales viscosos.

La desventajas de trabajar con circulación natural es que las propiedades del producto se destruyen, ya que la temperatura a la cual se realiza el concentrado debe ser la misma a la que ebulle el agua $\sim (100^{\circ}\text{C})$. A esta temperatura las propiedades del producto son deterioradas es decir color, olor sabor, vitaminas, durabilidad del producto, etc. (Arturo Jiménez, 2002).

Figura 2.7 Evaporador de tubos cortos horizontales



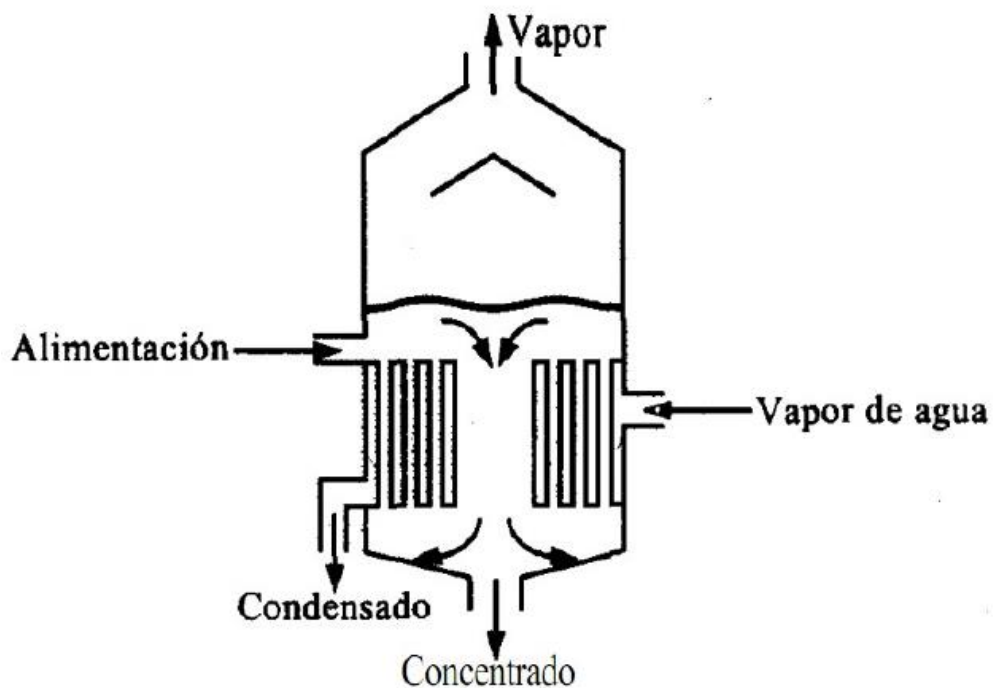
Fuente: Ing. Arturo Jiménez Carro, Ingeniería 2002.

<http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/evaporacion.pdf>

2.5.1.2 Evaporador de tubos cortos verticales

Evaporador vertical con circulación natural. En este tipo de evaporador se usan tubos verticales en lugar de horizontales y el líquido está dentro de los tubos, por lo que el vapor se condensa en el exterior. Debido a la ebullición y a la disminución de densidad, el líquido se eleva en los tubos por circulación natural, y fluye hacia abajo a través de un espacio central abierto grande, o bajada. Esta circulación natural incrementa el coeficiente de transferencia de calor. No es útil con líquidos viscosos. Este equipo se llama con frecuencia evaporador de tubos cortos (Arturo Jiménez, 2002).

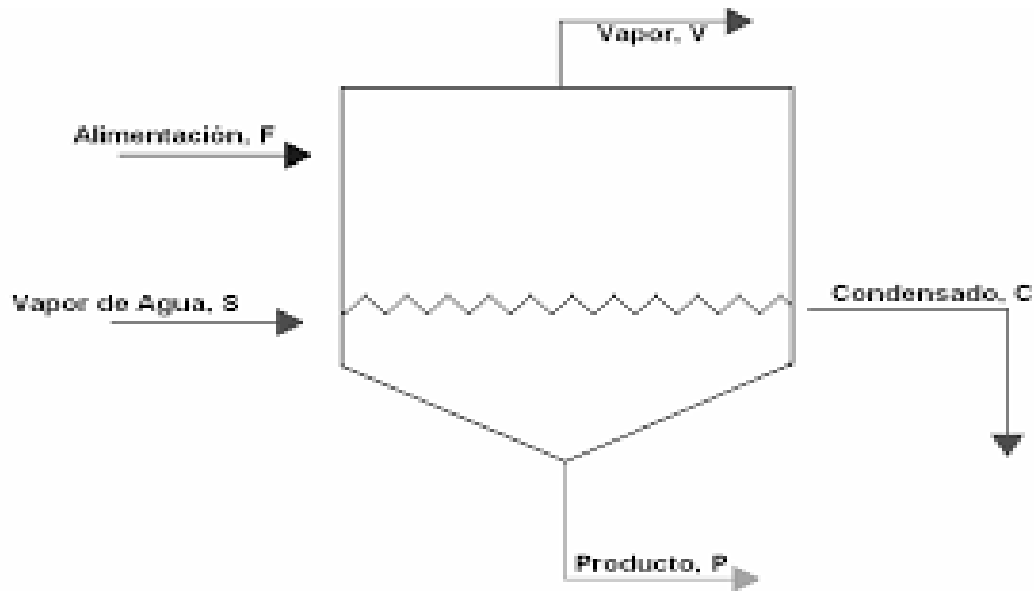
Figura 2.8 Evaporador de tubos cortos verticales



Fuente: Ing. Arturo Jiménez Carro, Ingeniería 2002.

<http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/evaporacion.pdf>

Diagrama 2.1 Evaporadores de circulación natural



Fuente: Ing. Arturo Jiménez Carro, Ingeniería 2002.

<http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/evaporacion.pdf>

2.5.2 Evaporadores de circulación forzada o película delgada

2.5.2.1 Evaporadores de un solo paso

Estos evaporadores son más costosos que los de circulación natural, pero son mucho más eficientes cuando los productos a evaporar son sensibles al calor, tienen altas viscosidades o propiedades incrustantes, como es el caso de los alimentos (Marcano R, 2010).

La concentración al vacío, para la producción de sustancias o productos de origen natural se aprecia bastante; ya que se elimina la tendencia a la sustitución de aditivos químicos por aditivos naturales. Esto se traduce en la obtención de productos más saludables, más efectivos, con menores riesgos derivados de su uso o consumo, la sustancia no está en contacto con el aire y con ello se impide su oxidación, las

características y propiedades del producto no son deterioradas, así como su color olor, sabor vitaminas, etc (Marcano R, 2010).

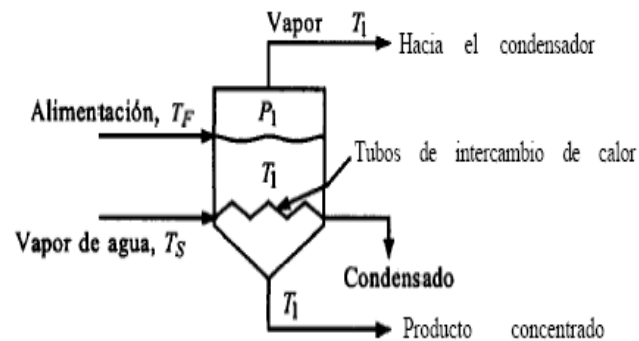
Otras ventajas que son muy importantes técnicamente es que el agua evaporada en un altísimo porcentaje de los casos se puede reutilizar en diferentes usos como: industrial (inicio de proceso), sanitario, riego, lavado de suelos, en sustitución de agua desmineralizada u osmotizada. Todo ello gracias a la gran calidad de agua que obtendremos de la evaporación, en el caso de que el usuario decida reciclar el agua no sólo obtiene un ahorro económico proporcional a la productividad de la máquina, sino que mejora la sostenibilidad de la empresa (Marcano R, 2010).

Las temperaturas se pueden conseguir gracias al potente equipo de vacío, que permite alcanzar presiones absolutas mínimas dentro del recipiente.

Cuando se desea alcanzar mayores concentraciones, los equipos adecuados son los equipos con camisa calefactora y rascador interno.

Los concentradores al vacío consumen una cantidad moderada de energía eléctrica, pueden trabajar de forma autónoma 24 h/día, y prácticamente no precisan de mantenimiento. La vida útil de un concentrador al vacío puede superar los 20 años. Son equipos compactos montados sobre un patín y construidos completamente en material noble, de acero inoxidable A-316, lo cual le permite ser higienizado con vapor o con los agentes de limpieza habituales (Marcano R, 2010).

Diagrama 2.2 Evaporadores de circulación forzada de un solo paso

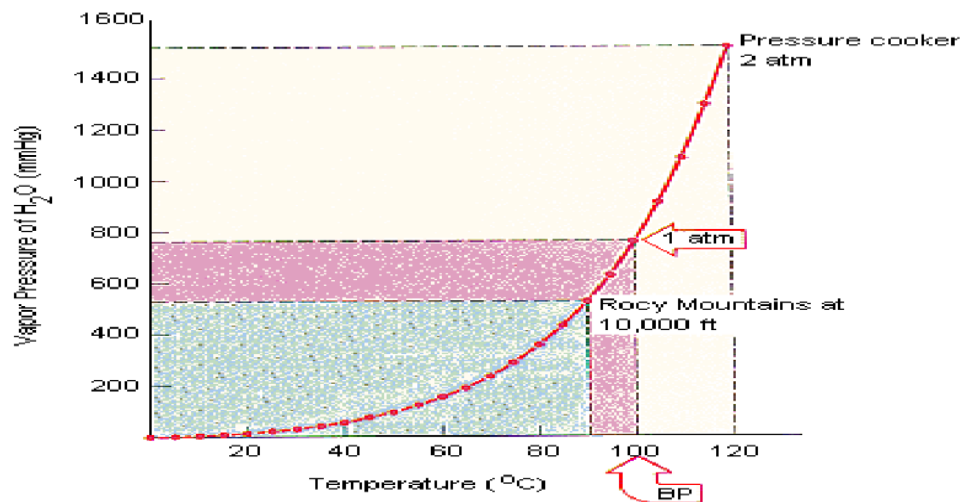


Fuente: Ing. Rubén Marcano UNEFM, 2010.

<https://marcanord.files.wordpress.com/2013/06/tema-2-evaporadores.pdf>

En la gráfica observamos como la temperatura de ebullición del agua va disminuyendo a medida que aumentamos la condición de vacío (desciende la presión en el evaporador).

Gráfica 2.1 Proceso al vacío



Fuente: Ing. Rubén Marcano UNEFM, 2010.

<https://marcanord.files.wordpress.com/2013/06/tema-2-evaporadores.pdf>

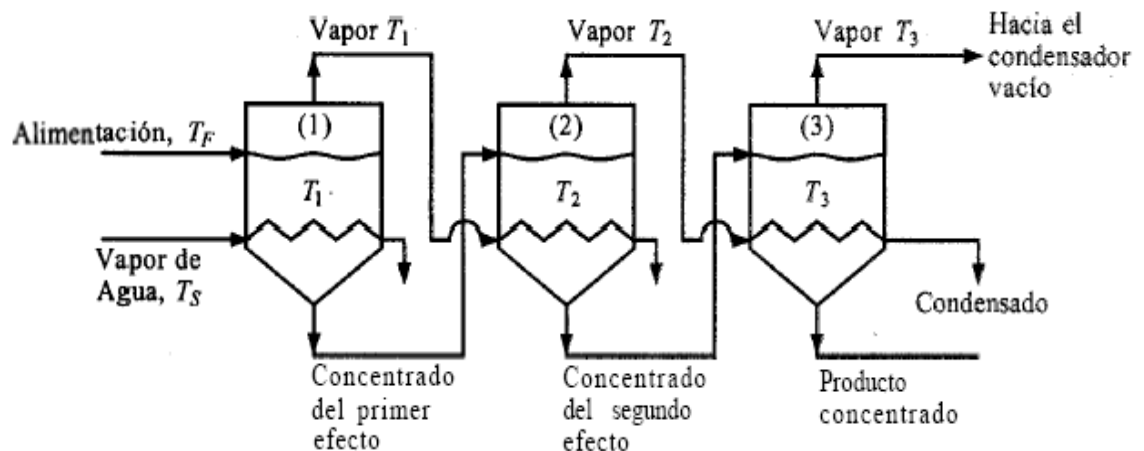
2.5.2.2 Evaporadores de efecto múltiple

Estos evaporadores no son adecuados para concentrar líquidos sensibles al calor. A pesar del uso de un vacío muy bajo, el recipiente está repetidamente en contacto con los tubos calientes, y por consiguiente una parte del mismo se calienta a temperaturas excesivamente altas. (Prof. Ing. Rubén Marcano, 2010).

Pueden operar en un amplio intervalo de concentraciones, comprendidas entre las de la alimentación y el líquido concentrado sola unidad, y se adaptan muy bien a la evaporación de efecto simple en operar tanto con circulación natural (se debe a las diferencias de densidad) como con circulación forzada (circulación del líquido mediante una bomba).

Su modo de circulación puede ser adaptado por medio de varios mecanismos a evaporadores de efecto múltiple con: alimentación hacia delante, alimentación hacia atrás y alimentación en paralelo (Prof. Ing. Rubén Marcano, 2010).

Diagrama 2.3 Evaporadores de circulación forzada de efecto múltiple



Fuente: Prof. Ing. Rubén Marcano, 2010

<https://marcanord.files.wordpress.com/2013/06/tema-2-evaporadores.pdf>

2.6 Selección de la metodología de trabajo

Para facilitar la selección del método de trabajo se realiza una matriz de decisión.

Para tabla:

- Elaboración a circulación forzada con golpe de frío.
- Elaboración a circulación forzada con golpe de calor.
- Elaboración a circulación natural con golpe de frío.
- Elaboración a circulación natural con golpe de calor.

Rango de valores:

- **Aplicable al tomate:** Si = 10 y No = 0
- **Rangos de temperatura y presión accesibles:** Si = 10 y No = 0
- **Disponibilidad de tecnología:** Disponible = 10 y No disponible = 0
- **Calidad del producto obtenido:** Mala = 3, Buena = 6 y Muy buena = 10
- **Costo:** Bajo = 10, Alto = 6 y Muy alto = 3

Tabla: 2.9 Selección del método para la elaboración de ketchup picante

Factores	Aplicable al tomate	Rangos de presión y temperatura accesibles	Calidad del producto obtenido	Costo	Disponibilidad de tecnología	TOTAL
%	30%	25%	20%	15%	10%	100%
A	Si	Disp.	Muy Buena	Alto	Si	
Rango	10	10	10	6	10	
Puntaje	300	250	200	90	100	940 Pts.
B	Si	Disp.	Buena	Muy alto	Si	
Rango	10	10	6	3	100	
Puntaje	300	250	120	45	100	815 Pts.
C	Si	No disp.	Buena	Bajo	Si	
Rango	10	0	6	10	10	
Puntaje	300	0	120	150	100	370 Pts.
D	Si	No disp.	Mala	Bajo	Si	
Rango	10	0	3	10	10	
Puntaje	300	0	60	150	100	310 Pts.

Fuente: Elaboración propia 2016

Mediante el cuadro de selección y tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los diferentes evaporadores, se ve conveniente el uso del proceso de concentrado a circulación forzada con cold brake del tomate, para la elaboración de ketchup picante, ya que con este método la temperatura a la cual se trabaja las propiedades del tomate no son dañadas, las vitaminas, color y aromas son conservados, además el método seleccionado se realiza en un rota vapor al vacío a escala laboratorio; este equipo opera con una bomba que disminuye la presión del sistema a 20 KPa.

Trabajando a dos niveles de temperatura entre los 55 a 60°C y los grados Brix entre los 15y 20, para luego al adicionar los demás insumos se llegue a un concentrado de 24 a 32°Brix el cual corresponde al ketchup.

Tomando como base la información anterior se combinan los métodos anteriormente mencionados para la elaboración de ketchup picante de manera que el procedimiento final se adapte a los equipos con los que se cuenta en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

El proceso se divide en dos etapas, una para la elaboración de pasta de tomate y la otra para la elaboración de ketchup picante.

2.7 Requerimiento del tomate como materia prima

Se usará el fruto fresco, sano, limpio, con un grado de madurez apropiado, y cuando estén bien desarrollados el color y aroma de la variedad.

Queda prohibido utilizar tomates dañados o insuficientemente maduros.

Características organolépticas de la materia prima:

- Color: rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección
- Apariencia: fruto con forma oblonga de unos 50-80 mm de longitud y 40-55 mm de diámetro, con piel fina de superficie lisa.
- Aroma: intenso, característico de la variedad.
- Sabor: intenso, dulce y ligeramente ácido.

2.8 Requerimientos de calidad para el ketchup picante

La mayoría de las normas de calidad de los productos de tomate ahora son obligatorias en diversos países. En este sentido IBNORCA realiza una definición clara de las conservas, (NB-235-78). Esta norma tiene por objeto establecer las definiciones correspondientes a los distintos productos elaborados industrialmente, en base a frutas y hortalizas cultivadas en el país y productos semielaborados, importados como materia prima, destinada a las industrias de acuerdo a parámetros definidos por las normas de cada tipo de producto y presentados al usuario en envases que garanticen su preservación, comercialización y consumo.

Uno de los primeros productos intermedios que se obtendrá dentro del procesamiento del tomate, es la pulpa de tomate.

El IBNORCA define como pulpa de fruta a: “Producto constituido por frutos pelados, o sin pelar cuando existan razones tecnológicas que lo justifiquen, descorazonadas, cocinadas y desmenuzadas, total o parcialmente, incluyendo el jugo de las mismas”.

Así mismo el IBNORCA define como concentrado de fruta a: “Producto semielaborado, obtenido concentrando al vacío, la pulpa de fruta finamente tamizada, conservada por algún método físico o químico que permita preservar en recipientes química y bromatológicamente aptos”.

Todo el desarrollo del proyecto tendrá, necesariamente, que estar enmarcado dentro de estas normas vigentes en nuestro país.

2.9 Análisis de características organolépticas del producto terminado

- **Sabor:** El sabor característico debe ser al de una salsa de tomate, pero no en su totalidad, con un ligero sabor ácido. Un sabor exquisito al paladar.
- **Color:** La muestra debe tener un color rojo intenso; de otra forma, si su color es más oscuro se debe a que el tomate no tuvo la madurez necesaria para su elaboración, su oxidación o también un calentamiento excesivo.
- **Olor:** Siendo el tomate más predominante que las mismas especias.
- **Textura:** Debe ser ligera, fluida y no grumosa.

CAPÍTULO III
PARTE EXPERIMENTAL

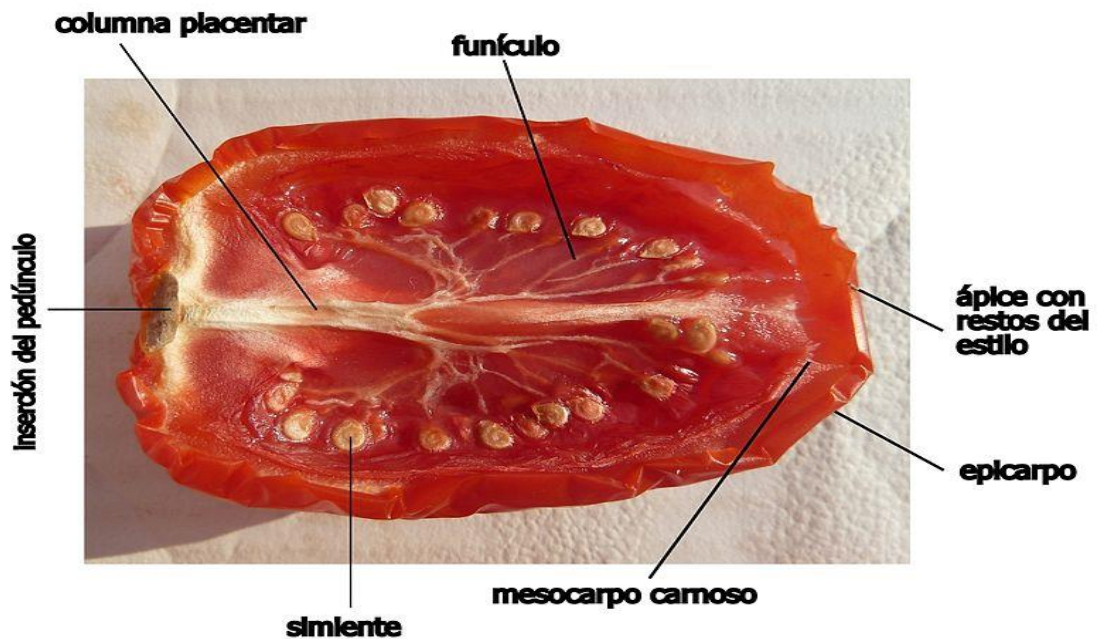
3.1 Materia prima

La materia prima utilizada en el trabajo de investigación es el tomate perita también llamado tomate Río Grande, el cual es ampliamente producido en el departamento de Tarija por su demanda e importancia comercial.

Según la CAT (Cámara Agropecuaria de Tarija) la producción de tomate perita en Tarija es del 70% respecto al total producido.

El tomate perita presenta una forma ovalada y un intenso color rojo, y de piel fina y lisa y pulpa consistente. Es un tomate con menor cantidad de humedad interna, lo que lo hace una variedad que tiene gran aceptación en la industria conservera, siendo así ideal para hacer salsas o concentrados (El Huerto, 2011).

Figura 3.1 Partes del tomate perita



Fuente: Wikipedia, 2016.

https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_lycopersicum

3.2 Selección de la materia prima

Para seleccionar la materia prima se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

3.2.1 Madurez

La madurez del tomate, es primordial para que el ketchup picante tenga buenas propiedades organolépticas, entre ellas: sabor, color y aroma.

Según el INTA la madurez del tomate se mide mediante una carta de color.

Figura 3.2 Carta de color para la madurez del tomate



Fuente: Rivero M, Quiroga M. González O. y Moranga L., 2013 (INTA).

En la siguiente figura se describe cada nivel de maduración del tomate según la carta de colores mostrada anteriormente:

Tabla 3.1 Carta de color para la madurez del tomate

Grado de madurez	Descripción
1	VERDE La piel del tomate está completamente verde con tonalidades claras u oscuras (puede verse una estrella blanca en el extremo apical)
2	ROMPIENTE 10% de la superficie del fruto con colores amarillos y anaranjados a rojos.
3	CAMBIANTE 10 al 30% de la superficie del fruto con colores amarillo, anaranjados a rojos.
4	ROSA 30 al 60% de la superficie del tomate tiene color rosado o rojo.
5	ROJO CLARO 60 al 90% de la superficie del tomate con colores rosados o rojo
6	ROJO Más del 90% de la superficie del tomate con color rojo.

Fuente: Rivero M, Quiroga M. González O. y Moranga L., 2013 (INTA).

Es así que para el presente trabajo se tomará en cuenta el tomate “perita”, seleccionado manualmente, de un color rojo, con el fin de obtener un producto de mejor calidad.

3.2.2 Análisis fisicoquímico de la materia prima

Para determinar los parámetros fisicoquímicos del tomate “perita”, destinado a la elaboración de ketchup picante, se realizaron análisis de las muestras en el CEANID (Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo), y con las mismas técnicas se procedió a realizar en el Laboratorio de Operaciones Unitarias cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.2 Propiedades fisicoquímicas del tomate “perita

Componente	Unidad	Resultado
Densidad	g/ml	0,9525
pH (20°C)	-----	4,29
Azúcares totales	%	4,10
Azúcares reductores	%	3,23
Cloruro de sodio	%	0,14
Humedad	%	94,49
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	5.51

Fuente: CEANID, 2016.

Los resultados mostrados en tablas anteriores fueron producto de un muestreo que se realizó en el mercado Campesino del departamento de Tarija, el cual fue llevado al CEANID para su análisis (reporte de resultados ver Anexo A).

Además de los análisis mencionados se hizo análisis de la materia prima en el LOU (Laboratorio de Operaciones Unitarias).

Tabla 3.3 Propiedades fisicoquímicas del tomate “perita

Componente	Unidad	Resultados
Densidad	g/ml	0.945
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	5,3
pH a (20°C)	-----	4,35
Humedad	%	93,571
Descarte (semilla y piel) para 1 Kg	%	15
pulpa de tomate para 1Kg	%	85

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Análisis e interpretación de las tablas

Como puede observarse en las tablas anteriores, los resultados de los análisis fisicoquímicos del tomate coinciden ya que la materia prima fue seleccionada de la mejor manera tomando en cuenta que ciertos factores pueden afectar los resultados como ser el clima, el suelo, riego, etc. factores externos que pueden salir de nuestro alcance.

3.3 Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación, el diseño experimental se ha dividido en dos etapas:

- La primera etapa consiste en el diseño factorial para elaborar pasta de tomate,
- La segunda etapa consiste en el diseño factorial para la elaboración del ketchup picante a partir de la pasta o concentrado de tomate.

3.4 Diseño experimental pasta de tomate base

Para poder determinar las variables significativas en la elaboración de pasta de tomate base, en el siguiente trabajo experimental se plantea un diseño factorial de 2 niveles y 2 variables con dos repeticiones.

En base al proceso seleccionado para realizar la experimentación se eligen las siguientes variables o parámetros para la misma que se muestran en la tabla II.1.

3.4.1 Parámetros para la elaboración de pasta de tomate base

Tomando estos datos como punto de partida se realiza un diseño factorial de 2^2 (dos niveles, dos variables).

Nº variables = 2

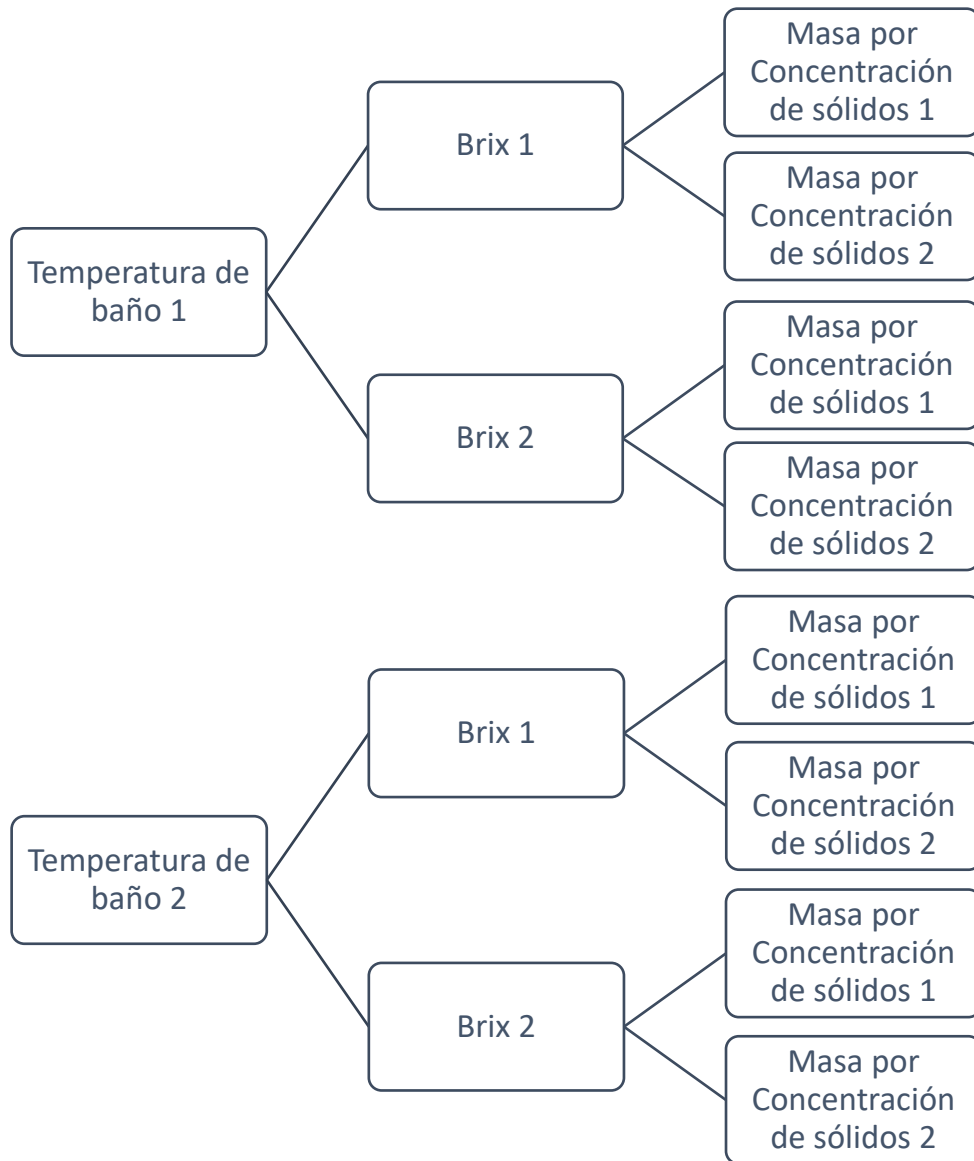
Nº niveles = 2

Nº de experimentos = $2^2 = 4$

Como se harán 2 repeticiones entonces:

Nº de experimentos = $4 * 2 = 8$ experimentos

Considerando las combinaciones de estas variables se determinará cuál de ellas es la más significativa cuando se toma la cantidad de concentrado como variable respuesta.

Diagrama 3.1 Diseño factorial para el proceso de elaboración de pasta de tomate

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 3.4 Diseño factorial para el proceso de elaboración de pasta de tomate base

Prueba	Tb (°C)	° Brix	MC(I) (g)	MC(II) (g)
1	55	15	2736,87	2796,87
2	55	20	3562,5	3468,42
3	60	15	2777,34	2814,63
4	60	20	3503,5	3511,36

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Tb= temperatura del agua del baño María

MC (I)= Masa por la concentración de sólidos repetición I

MC (II)= Masa por la concentración de sólidos repetición II

3.5 Diseño factorial kétchup picante

Para poder determinar las variables significativas en la elaboración de kétchup picante en el siguiente trabajo experimental se plantea un diseño factorial de 2 niveles y 3 variables con dos repeticiones.

En base al proceso seleccionado para realizar la experimentación se eligen las siguientes variables o parámetros para la misma que se muestran en la tabla

3.5.1 Parámetros para la elaboración de kétchup picante

Tomando estos datos como punto de partida se realiza un diseño factorial de 2^3 (dos niveles, tres variables).

Nº variables = 3

Nº niveles = 2

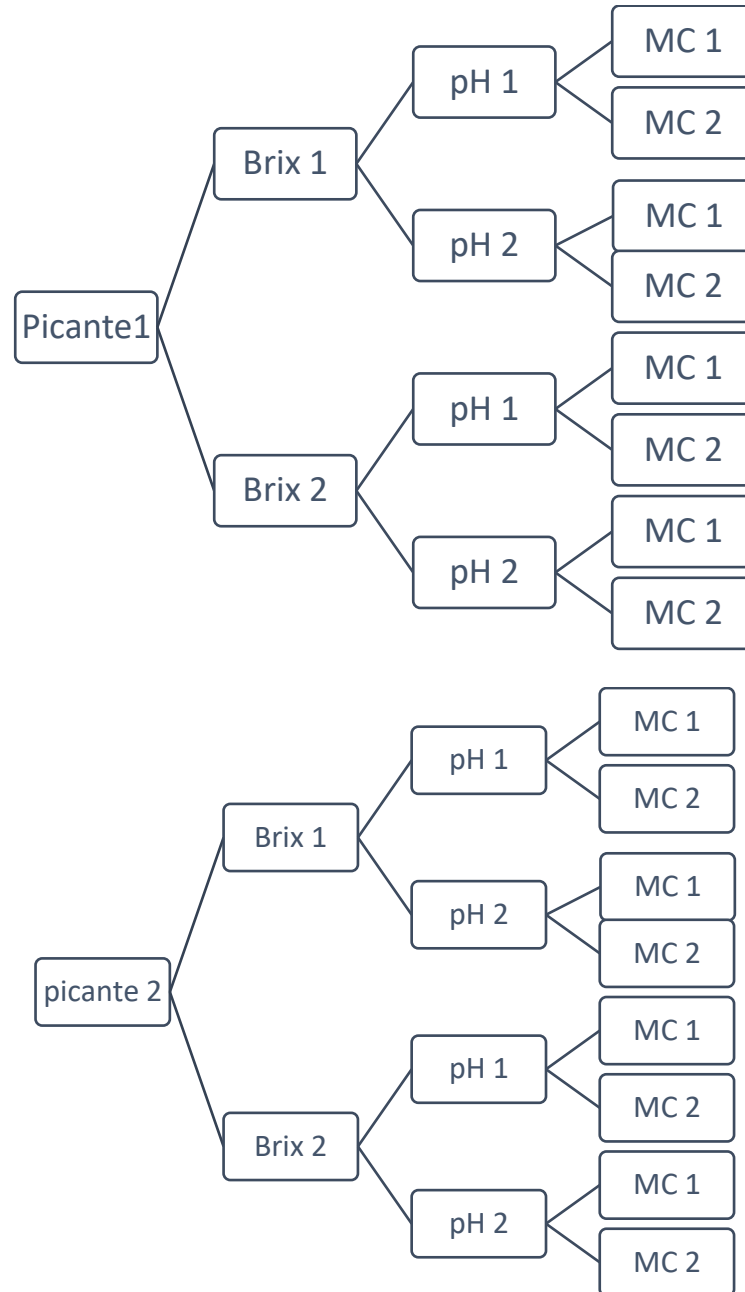
Nº de experimentos = $2^3 = 8$

Como se harán 2 repeticiones entonces:

Nº de experimentos = $8 * 2 = 16$ experimentos

Considerando las combinaciones de estas variables se determinará cuál de ellas es la más significativa cuando se toma la cantidad de ketchup picante obtenido como variable respuesta.

Diagrama 3.2 Diseño factorial para el proceso de elaboración de ketchup picante



Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 3.5 Diseño factorial para el proceso de elaboración de ketchup picante

Muestra	Picante (g)	°Brix	pH	MC(I) (g)	MC(II) (g)
1	5	24	4,1	3162,768	3111,696
2	5	24	4,5	3186,552	3021,048
3	5	32	4,1	4455,552	4277,6
4	5	32	4,5	4320,384	4202,016
5	7	24	4,1	3182,904	3148,368
6	7	24	4,5	3031,968	2941,608
7	7	32	4,1	4520,928	4060,224
8	7	32	4,5	136,311	4350,464

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Picante = Cantidad de ají agregado (g)

Brix= Cantidad de azúcar agregada (g)

pH = Cantidad de vinagre agregado (ml)

MC (I)= Masa por la concentración de sólidos repetición I

MC (II)= Masa por la concentración de sólidos repetición II

3.6 Equipos usados en la elaboración de ketchup picante

Los equipos necesarios para la elaboración de ketchup picante son:

- Rotavapor

Figura 3.3 Rotavapor



Fuente: Elaboración propia, 2016.

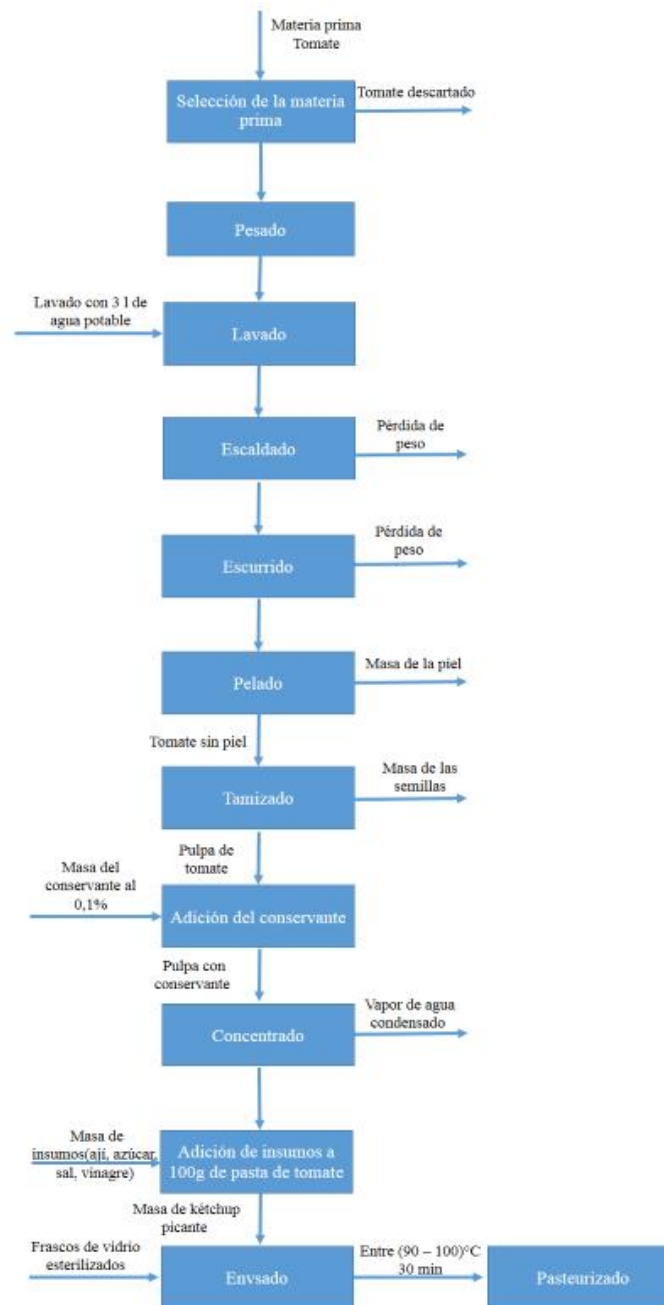
- Secadora infrarrojo
- Balanza analítica
- Bomba de vacío
- Medidor de pH digital
- Refractómetro digital
- Viscosímetro

Las características e imágenes de los equipos mencionados se muestran en el anexo B.

3.7 Etapas del proceso de elaboración de ketchup picante

Una vez determinados los niveles de los factores, se procede a la elaboración de ketchup picante de acuerdo a los diseños experimentales planteados. Las etapas del proceso de elaboración de ketchup picante se presentan en el diagrama de flujo de la figura 3.3 y se describe cada una de ellas desde la selección de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado.

Diagrama 3.3 Diagrama de bloques “proceso de elaboración de ketchup picante”



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.1 Selección de la materia prima

La selección de la materia prima se realizó de forma manual considerando el color y grado de madurez; debe estar sano o no tener daño físico visible, con un color rojo en su 90% de su superficie total tal como se especifica en la figura 3.4 lo que indica un grado de madurez adecuado y que se correlaciona con valores de 4,5° a 5° Brix para corroborar la madurez del mismo; físicamente el tomate no debe presentar indicios de golpes o cortaduras.

Figura 3.4 Materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.2 Pesado del tomate

Como base se considera un 1200,136g de tomate, que es pesado sobre una balanza semianalítica; dependiendo del tamaño del tomate dependerán las unidades, aproximadamente alrededor de 10 tomates. Esto permite controlar la cantidad de materia prima que entra en proceso y calcular los rendimientos del producto elaborado.

Figura 3.5 Pesado de la materia prima

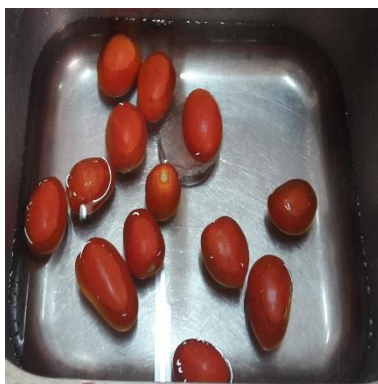


Fuente: elaboración propia 2016

3.7.3 Lavado

El lavado del tomate perita seleccionado para la elaboración de ketchup picante se lavó mediante inmersión en 3 litros de agua potable y a una temperatura ambiente de 20 °C donde se eliminan los residuos de tierra, polvo o cualquier otra impureza adherida al tomate.

Figura 3.6 Lavado de la materia prima



Fuente: Elaboración propia 2016

3.7.4 Escaldado

El escaldado, se efectúa en un recipiente de cuerpo semiesférico de acero inoxidable calentado por electricidad. Los tomates se sumergen en 3 litros agua limpia y se calientan entre una temperatura de 90-95 °C por un tiempo de 7 min. La temperatura del agua es controlada por un termómetro electrónico.

Esta operación tiene como propósitos: destruir las enzimas responsables de las pérdidas de color, reducir la carga de microorganismos presente y ablandar los tomates para facilitar la extracción de la pulpa.

Figura 3.7 Escaldado de la materia prima



Fuente: Elaboración propia 2016

3.7.5 Ecurrido del agua

Tras el escaldado se escurre el agua de la materia prima por unos dos minutos, ya que en los tomates absorben humedad.

3.7.6 Pelado del tomate

Una vez escurridos los tomates, se procede al pelado, quitando de esta manera la piel del tomate de forma manual.

3.7.7 Tamizado

En esta etapa el tomate sin piel es tamizado, separando las semillas del mismo, obteniendo así la pulpa, la cual pasa a la siguiente etapa del proceso, mientras que las

cáscaras, semillas y otros, se desechan pudiéndose las emplear, tras un simple proceso de degradación, como bío abono.

Figura 3.8 Tamizado del tomate



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.9 Obtención de pulpa y residuos



Fuente: Elaboración propia 2016

Tabla 3.6 Materia utilizable y descarte en la elaboración de kétchup picante

Datos del descarte	Unidad	Valor
Materia prima (tomate perita)	g	1200,136
Materia prima seleccionada	g	1000
Pulpa de tomate obtenida	g	804,831
Masa de la semilla y piel	g	183,694
Porcentaje de masa de semilla y piel	%	20
Porcentaje de materia prima utilizable	%	80

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.8 Concentrado

El proceso de concentrado de la pulpa de tomate nos permite eliminar parte del contenido de agua del tomate, para poder estabilizar y conservar de mejor manera el producto; se añade el conservante sorbato de potasio al 0,1%.

De acuerdo a normas de calidad, su elaboración debe ser en equipos de concentración que trabajen al vacío, para así obtener un producto que conserve las

propiedades organolépticas del producto fresco y todas sus características nutricionales, por lo que la obtención de la pasta se realizó en un “Rota evaporador” equipo de concentración al vacío, llegándose a obtener alrededor de 180 a 200 g de concentrado, entre los 15 y 20°Brix por cada prueba. El Rota evaporador opera con una bomba de vacío que baja la presión del sistema a 20 KPa, lo que representa una temperatura de ebullición de la muestra alrededor de 55 a 60 °C.

Una vez obtenida la pasta de tomate se realizó su control de calidad:

Tabla 3.7 Control de calidad pasta de tomate

Datos del control de calidad	Unidad	Valor
Masa del concentrado obtenido	g	201,207
Masa del agua eliminada	g	603,624
° Brix de la pasta de tomate	° Brix	20
pH de la pasta de tomate	-----	4,47
Viscosidad de la pasta de tomate	Cp	24900
Porcentaje de sólidos	%	19,760
Porcentaje de humedad	%	80,240

Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 3.10 Concentrado en rotavapor



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.11 Presión de vacío 20 KPa



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.12 Obtención de concentrado y condensado



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.13 Medición de grados Brix



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.14 Acidez de pasta de tomate



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.15 Viscosidad de pasta



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3.16 Humedad de la pasta de tomate



Fuente: Elaboración propia 2016

3.7.9 Adición de insumos y mezcla

Se realiza la adición de los insumos al concentrado de tomate los cuales son: sal, azúcar, vinagre, salsa picante y especias de tal manera que se alcance los 30 a 32 °Brix.

Realizando al mismo tiempo la mezcla de la muestra para obtener un producto homogéneo.

Figura 3.17 Adición de insumos



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.10 Envasado

El envasado se realiza en unos frascos de vidrio pequeños con una capacidad de 130 cc con tapa rosca para que puedan ser pasteurizados.

Figura 3.18 Producto terminado y envasado en frasco de vidrio



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.11 Pasteurizado

El producto ya envasado es llevado a baño María alrededor de los 70°C durante 30 minutos para poder eliminar los microorganismos existentes y garantizar el tiempo de vida del producto

Figura 3.19 Pasteurizado del producto



Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.12 Almacenado

El almacenado de las muestras ya envasadas se realizó en un lugar fresco y seco a una temperatura entre los 10 y 15 °C.

Figura 3.20 Producto refrigerado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos en la parte experimental del trabajo de investigación

En el trabajo de investigación se obtuvieron datos según las condiciones en las que se trabaja, tanto de pasta de tomate como de ketchup picante, tomando en cuenta que fueron elegidas la pasta de tomate (muestra número 4 repetición I), de acuerdo a la tabla 4.11 y del ketchup (muestra número 7 de la repetición I), de acuerdo a la tabla 4.12 ya que cumplen con las condiciones óptimas.

4.2 Características fisicoquímicas de la pasta de tomate y ketchup picante

Los resultados de sólidos solubles (°Brix), humedad, viscosidad, densidad, y pH son características fisicoquímicas tanto de la pasta como del ketchup.

4.2.1 Datos obtenidos de la variación de la humedad relativa con respecto al tiempo de secado para la pasta de tomate y ketchup picante

El analizador infrarrojo SARTORIUS MA 100 es usado para determinar la variación de porcentaje de humedad evaporada con el tiempo tanto para la pasta como para el ketchup picante gracias a su pantalla digital donde se puede visualizar la información. La temperatura de secado es de 105°C y la muestra es de 5 g. En las siguientes tablas se muestran los datos registrados.

Tabla 4.1 Datos de variación del porcentaje de humedad con respecto al tiempo para la pasta y el ketchup picante

Pasta de tomate		Ketchup picante	
Tiempo (min)	%H	Tiempo (min)	%H
0	73,509	0	65,987
10	52,256	15	56,232
20	35,867	30	45,451
30	26,203	45	38,593
40	20,748	60	36,082
50	20,245	75	34,624
57,8	19,760	85,8	34,013

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En este tiempo mostrado en la tabla 4.1 se detiene el proceso de secado con los siguientes resultados:

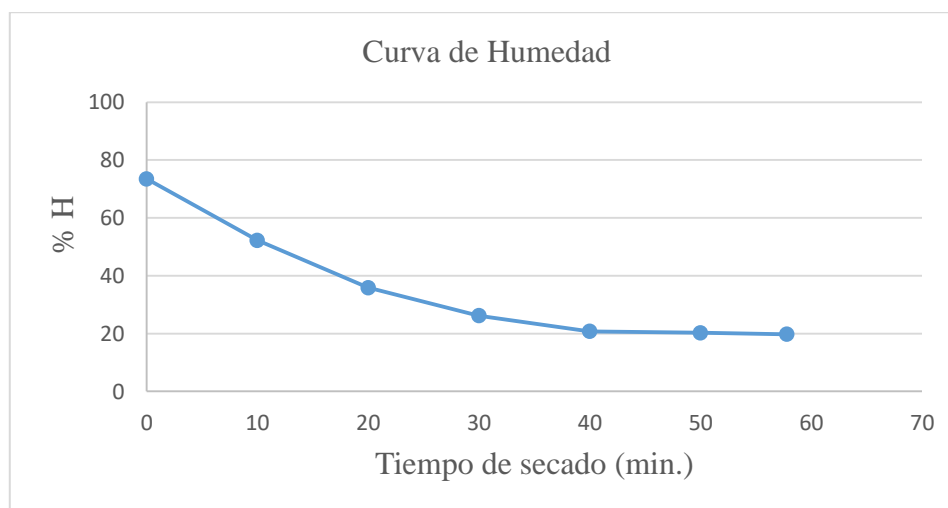
Tabla 4.2 Resultados obtenidos

Pasta de tomate		Kétchup picante	
% Sólidos secos	19,760	% Sólidos secos	34,013
% humedad	65,987	% humedad	80,240
Pérdida de peso	3,970 g	Pérdida de peso	2.826 g
Residuo	0,978 g	Residuo	1,456 g

Fuente: Elaboración propia, 2016.

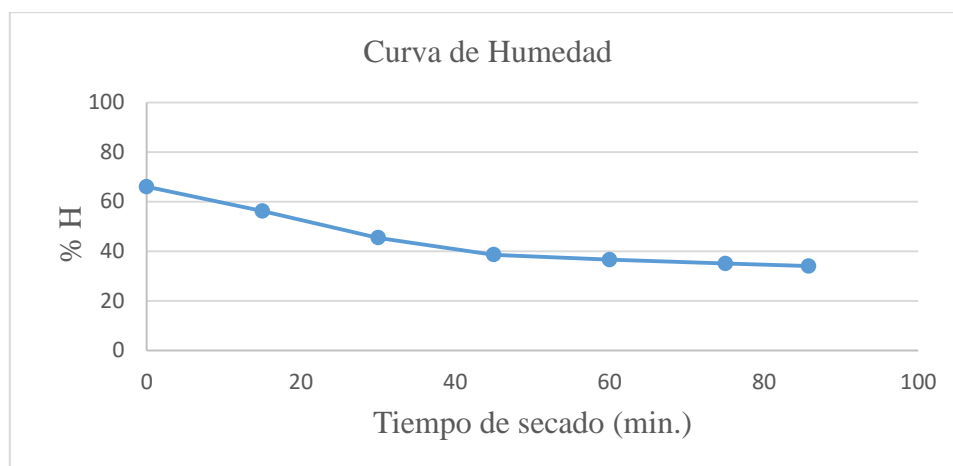
Con los datos de la tabla 4.1 se construyen las curvas de humedad vs el tiempo de secado para la pasta de tomate y de la misma manera para el kétchup picante:

Gráfica 4.1 Curva de porcentaje de humedad vs el tiempo de secado (pasta de tomate)



Fuente: elaboración propia, 2016.

Gráfica 4.2 Curva de porcentaje de humedad vs el tiempo de secado (kétchup picante)



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los resultados y gráficas de los demás ensayos se muestran en el anexo C.

Análisis e interpretación de las gráficas

A medida que el tiempo de evaporación transcurre el porcentaje de agua va disminuyendo, este comportamiento es mayor en el kétchup debido a la adición de insumos.

4.2.2 Determinación de la viscosidad para pasta de tomate y kétchup picante

Para la determinación de la viscosidad se utiliza un viscosímetro (marca Raypa) del LOU Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UAJMS y se trabaja primero con el husillo R6 ya que en pruebas anteriores se ha determinado usar el mismo porque cubre un rango de viscosidad de 1×10^5 a 10 rpm hasta 5×10^3 a 200 rpm. Con este husillo se determinó el rango de viscosidad para la pasta de tomate y con el husillo R4 que cubre un rango de viscosidad de 2×10^4 a 10 rpm hasta 1×10^3 a 200 rpm se determinó el rango de viscosidad del kétchup picante.

Los datos obtenidos en la determinación de la viscosidad para la pasta y para el kétchup picante se muestran a continuación

Tabla 4.3 Datos obtenidos para la viscosidad de la pasta de tomate

RPM	% Torque	Temperatura (°C)	Viscosidad (Cp)
50	46,1	23,0	9300
30	45,6	22,8	12420
20	42,8	21,4	15300
12	38,7	21,2	21300
10	37,2	21,1	24900

Fuente: Elaboración propia, 2016.

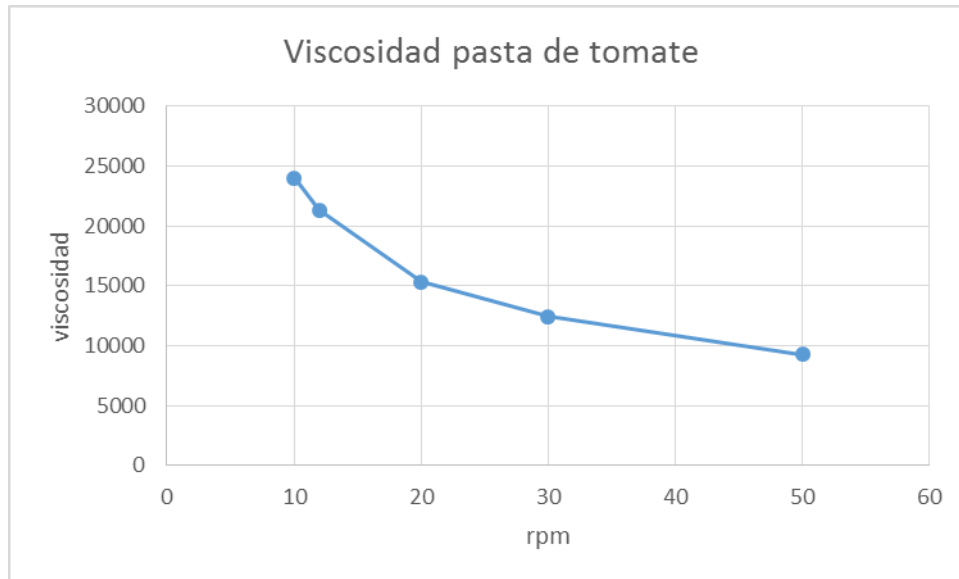
Tabla 4.4 Datos obtenidos para la viscosidad de ketchup picante

RPM	% Torque	Temperatura (°C)	Viscosidad (Cp)
100	59,2	21,9	590
60	46,5	21,8	770
50	45,2	21,4	930
30	38,6	21,2	1280
20	34,7	20,4	1710
12	29,7	20,3	2490

Fuente: elaboración propia, 2016.

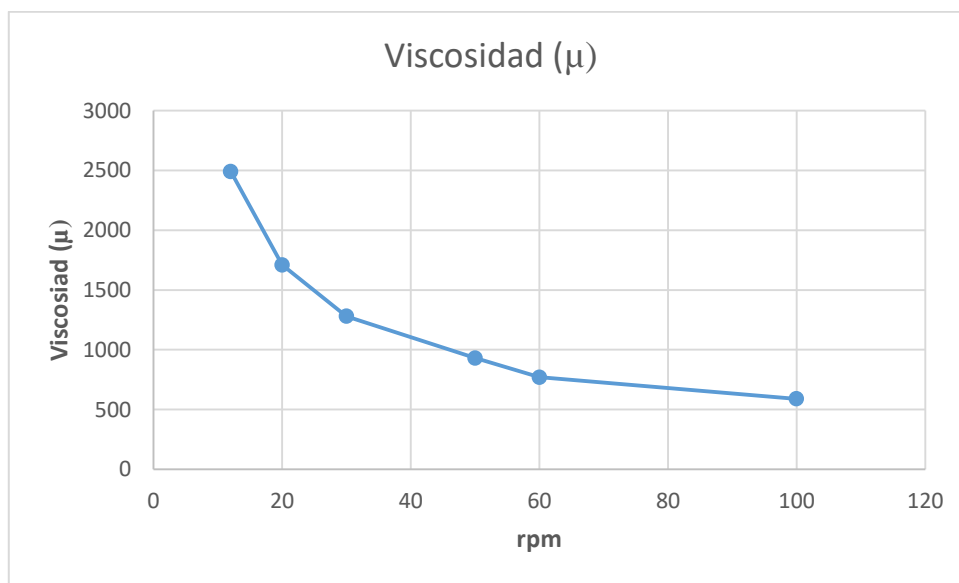
Con los datos de las tablas 4.3 y 4.4 se construyen las curvas de viscosidad vs rpm de la pasta de tomate y de ketchup picante.

Gráfica 4.3 Curva de viscosidad vs rpm (pasta de tomate)



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica 4.4 Curva de viscosidad (μ) vs rpm (kétchup picante)



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Análisis e interpretación de las gráficas

Las gráficas nos muestran que la viscosidad en la pasta de tomate es mayor debido a que su concentración de humedad es menor, mientras que la viscosidad del kétchup picante

es menor, ya que el mismo contiene insumos que fueron incrementando el porcentaje de humedad.

4.2.3 Determinación de la densidad de pasta de tomate y ketchup picante

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UAJMS no se cuenta con un picnómetro para determinar la densidad.

Por naturaleza de producto se ha tomado en cuenta utilizar la fórmula de la densidad razón por la cual esta se determinó de la siguiente manera:

En la balanza analítica se determinó inicialmente la masa de la probeta vacía, en la cual se midió el volumen y masa de la pasta de tomate y ketchup picante obtenida en cada muestra.

Mediante la siguiente ecuación se calcula la densidad:

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

m = masa de la pasta y ketchup picante

v = volumen de la pasta y ketchup picante

Masa de la probeta = 150, 792 g

Tabla 4.5 Determinación de la densidad de la pasta y ketchup picante

Muestra	(m _{probeta} + m _{muestra}) (g)	m _{muestra} (g)	V _{muestra} (ml)	$\rho = (m)/v$ (g/ml)
Pasta de tomate	436,671	201,207	210,236	0,957
ketchup picante	280,792	130	139	0,935

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los resultados y gráficas de los demás ensayos se muestran en el anexo C

Análisis e interpretación de las gráficas

Según los resultados obtenidos, la densidad de la pasta de tomate es mayor que la del kétchup picante debido a que la pasta no presenta insumos introducidos a la misma.

4.2.4 Determinación del pH y de los sólidos solubles de la pasta de tomate y kétchup picante

En el LOU (Laboratorio de Operaciones Unitarias) de la UAJMS se cuenta con refractómetros de rango: (0 – 30) y (30 – 60) y un pH metro digital.

Con el refractómetro se pudo medir los sólidos solubles de la pasta de tomate y del kétchup picante y con el pH metro, el pH tanto de la pasta como del kétchup picante

En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla 4.6 Determinación del ° Brix y pH de la pasta y kétchup picante

Muestra	° Brix	pH
Pasta de tomate	20	4.47
kétchup picante	30	4.12

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Análisis e interpretación de las gráficas

Debido a la adición de insumos a la pasta de tomate, el kétchup picante tiene mayor cantidad de sólidos solubles y menor pH.

Los resultados de los demás ensayos se muestran en el anexo C.

Además, se tomó en cuenta los datos de incremento de los sólidos solubles con respecto al tiempo de concentrado de la pasta de tomate

Tabla 4.7 Datos de variación de sólidos solubles con respecto al tiempo de concentrado de la pasta de tomate

Tiempo de concentrado (min)	° Brix
0	5
20	8
40	11.6
60	15.2
80	18.6
100	19.3
120	20

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfica 4.5 Curva de sólidos solubles vs tiempo de concentrado de la pasta de tomate



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Análisis e interpretación de las gráficas

Los sólidos solubles se van incrementando de manera notoria con respecto al tiempo de concentrado. Mientras más agua es eliminada más sólidos se obtendrá.

4.3 Características organolépticas

- **Evaluación sensorial de pasta de tomate y ketchup picante**

Las características organolépticas son parámetros, la mayoría de ellos sensoriales, que permiten juzgar o calificar la calidad del producto, consecuencia del empleo de materias primas adecuadas, técnicas de elaboración correctas y cuidados durante su conservación.

La evaluación sensorial de la pasta de tomate y del ketchup picante fue realizada por 10 jueces conocedores del tema, cuyas calificaciones, así también los promedios de cada evaluación, se muestran en el anexo D.

A cada una de las características organolépticas se le asigna un porcentaje o puntaje dependiendo de su importancia para determinar su porcentaje total de la muestra con mayor aceptación.

Siendo los porcentajes asignados tanto para la pasta como para el ketchup picante:

4.3.1 Evaluación olor

El atributo del olor tiene un porcentaje de 20% en la importancia dentro de las propiedades características de la pasta y ketchup picante.

4.3.2 Evaluación textura

El atributo del olor tiene un porcentaje de 20% en la importancia dentro de las propiedades características de la pasta y ketchup picante.

4.3.3 Evaluación del sabor

El atributo del sabor tiene un porcentaje de 30% en la importancia dentro de las propiedades características de la pasta y ketchup picante.

4.3.4 Evaluación color

El atributo del color tiene un porcentaje de 30% en la importancia dentro de las propiedades características de la pasta y ketchup picante.

Tabla 4.8 Características organolépticas a determinar

Indicadores	Método
Visual	Color y Textura
Gustativo	Sabor
Organoléptico	Olor

Fuente: Elaboración propia

El propósito de esta evaluación es establecer la aceptabilidad de cada producto para la selección del producto final.

Los resultados experimentales promedio obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 4.9 Análisis organoléptico de la pasta de tomate base

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	TOTAL
1	5,6	5,7	5,7	5,9	22,9
2	5,9	5,5	6,5	5,7	23,6
3	7,6	7,5	7,1	7	29,3
4	8,3	8,9	8,5	8,5	34,2

Fuente Elaboración propia 2016

Tabla 4.10 Análisis organoléptico para el ketchup picante

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	TOTAL
1	6,4	7,3	5,9	6,8	26,4
2	6,2	7,1	5,7	5,5	24,5
3	6,9	7,2	6	6,7	26,8
4	6,8	7	6,3	6,6	26,7
5	7,2	7,4	6,8	7,1	28,5
6	7	7	6,8	7,4	28,2
7	7,6	7,6	7,1	6,9	29,2
8	7,4	7,2	6,8	7,2	28,6

Fuente Elaboración propia 2016

4.3.5 Impresión sensorial general

En las tablas 4.11 y 4.12 se muestran los promedios de la impresión sensorial general que tuvieron cada uno de los jueces para cada muestra de pasta y ketchup picante, esta impresión sensorial general es la suma de los puntajes obtenidos en las diferentes

características obtenidas en la evaluación organoléptica que son: olor, color, sabor y textura.

Tabla 4.11 Porcentajes de aceptación de las muestras de pasta de tomate base

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	% ACEPTACIÓN
1	12,444	19	19	13,111	63,555
2	13,111	18,333	21,666	12,666	65,779
3	16,888	25	23,666	15,555	81,109
4	18,444	29,666	28,333	18,888	95,331

Fuente Elaboración propia 2016

Análisis e interpretación de los resultados

Según el panel de degustación, la pasta de tomate elegida es la número 4 en cuanto al olor, color sabor y textura, la cual tiene un promedio de 95,331 %, sobre el 100 %, así también se puede apreciar que todas las muestras tienen un promedio medio de aceptación, siendo las de menor valor las muestras 1 y 2.

Tabla 4.12 Porcentajes de aceptación de las muestras de ketchup picante

MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	% ACEPTACIÓN
1	14,222	24,333	19,666	15,111	73,332
2	13,777	23,666	19	12,222	68,665
3	15,333	24	20	14,888	74,221
4	15,111	23,333	21	14,666	74,110
5	16	24,666	22,666	15,777	79,109
6	15,555	23,333	22,666	16,444	77,998
7	16,888	25,333	23,666	15,333	81,222
8	16,444	24	22,666	16	79,111

Fuente Elaboración propia 2016

Análisis e interpretación de resultados

Según el panel de degustación el ketchup picante elegido es el número 7 en cuanto al olor, color sabor y textura, el cual tiene un promedio de 81,222 %, sobre el 100%, así también se puede apreciar que todas las muestras tienen un promedio alto de aceptación, siendo las de menor valor promedio las muestras 1 y 2.

4.4 Análisis estadístico del diseño experimental

Para realizar el análisis estadístico del diseño experimental, se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows, el cual permite un tratamiento integrado de todas las fases que conllevan el análisis de datos, obteniéndose resultados más representativos y confiables.

Los resultados obtenidos de cada combinación en ambos procesos tanto para la pasta base como para el ketchup facilitan el diseño experimental y de este modo se determinan las variables más significativas para el proceso de obtención.

4.4.1. Cálculo del análisis de la varianza para la pasta de tomate base

El análisis de la varianza muestra las variables principales que influyen en el proceso de obtención, es decir, sobre la variable respuesta (masa por concentrado). Así mismo, se dan las transformaciones entre las variables que influyen en la masa por concentrado así como la significancia de los mismos.

Tabla 4.13 Datos para el cálculo de análisis de la varianza para la pasta de tomate

N° de ensayos	Variables manipulables		Variable respuesta
	Temperatura (°C)	Brix	m concentrada (g)
1	-1	-1	2736,87
2	-1	1	3562,5
3	1	-1	2777,34
4	1	1	3503,4
5	-1	-1	2796,87
6	-1	1	3468,42
7	1	-1	2814,63
8	1	1	3511,36

Fuente: Elaboración propia, 2016

La Tabla 4.13 se elaboró para introducir datos al paquete estadístico SPSS; en la tabla 4.14 se muestran nuevamente los factores que intervienen en los procesos de elaboración de pasta de tomate afectando al mismo; cada uno de estos factores se presenta en un nivel superior (1) y un nivel inferior (-1).

**Tabla 4.14 Factores
inter-sujetos**

		N
temp	-1,00	4
	1,00	4
brix	-1,00	4
	1,00	4

Fuente: SPSS 17.0

En la tabla 4.14 se observa el análisis de varianza para la variable dependiente Masa por concentrado. Aplicando este análisis, se puede observar que la variable más significativa del proceso de elaboración de la pasta de tomate es los °Brix con un nivel de confianza del 95 %. Mientras que la temperatura de baño no es significativa en el proceso.

**Tabla 4.15 Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los datos experimentales
del proceso de obtención de pasta de tomate**

Variable dependiente: mc

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	14346,809 ^a	3	4782,270	30,588	,003
Intersección	570205,205	1	570205,205	3647,071	,000
Temp	496,503	1	496,503	3,176	,149
Brix	13174,216	1	13174,216	84,263	,001
temp * brix	676,090	1	676,090	4,324	,106
Error	625,384	4	156,346		
Total	585177,398	8			
Total corregida	14972,193	7			

a. R cuadrado = 0,958 (R cuadrado corregida = 0,927)

Fuente: SPSS 17.0

En la tabla 4.15 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para el proceso de obtención de pasta de tomate.

Se puede observar que el efecto de la variable Brix influye sobre la cantidad de masa por concentrado de pasta de tomate obtenida; esto se debe a que el nivel de significancia es menor al 5% o 0,05, lo que implica la posibilidad de que la variable sea significativa sobre el proceso de obtención de pasta de tomate, con una confianza de 95%.

**Tabla 4.16 Variables Introducidas / Eliminadas (a)
Variables Introducidas / Eliminadas (b)**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	brix ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas.

b. Variable dependiente: mc

Fuente: SPSS 17.0

**Tabla 4.17 Ajuste de datos para modelo lineal general
Resumen del modelo^b**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,938 ^a	0,880	0,860	17,31077

a. Variables predictoras: (Constante), brix

c. Variable dependiente: mc

Fuente: SPSS 17.0

Tabla 4.18 ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	13174,216	1	13174,216	43,963	,001 ^a
	Residual	1797,977	6	299,663		
	Total	14972,193	7			

a. Variables predictoras: (Constante), brix

b. Variable dependiente: mc

Fuente: SPSS 17.0

Tabla 4.19 Coeficientes

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)	266,975	6,120		43,621	,000	251,999	281,951
Brix	-40,580	6,120	-,938	-6,630	,001	-55,556	-25,605

a. Variable dependiente: mc

Fuente: SPSS 17.0

De la tabla 4.19 se determinó que el modelo matemático ajustado para el proceso de concentrado, que correlaciona a la masa de concentrado de tomate con los grados brix, para el caso estudiado, es el siguiente:

$$\text{Masa de concentrado: } 266,975 - 40,58 \text{ Brix}$$

Por lo tanto, la masa concentrada está en función de los grados Brix

Del análisis estadístico se puede concluir lo siguiente:

1. La elección del modelo en su conjunto es correcta, por cuanto la variable dependiente y las variables independientes son significativas para un nivel de confianza del 95%.

2. El factor que tiene mayor incidencia en la masa de concentrado obtenida en el proceso son los grados Brix. a mayor grados Brix menor masa y a menor grados Brix mayor masa por concentrado se va a obtener.
3. La interacción entre las variables temperatura y Brix no son significativos en el proceso.

4.4.2. Cálculo del análisis de la varianza para la elaboración de kétchup picante

El análisis de la varianza muestra las variables principales que influyen en el proceso de obtención, es decir, sobre la variable respuesta (masa por concentrado). Así mismo, se dan las transformaciones entre las variables que influyen en la masa por concentrado así como la significancia de los mismos.

Tabla 4.20 Datos para el cálculo de análisis de la varianza para el kétchup picante

° N de ensayos	Variables manipulables			Variable respuesta
	Salsa Picante (g)	Brix	pH	mk (g)
1	-1	-1	-1	3162,768
2	-1	-1	1	3186,552
3	-1	1	-1	4455,552
4	-1	1	1	4320,384
5	1	-1	-1	3182,904
6	1	-1	1	3031,968
7	1	1	-1	4165,056
8	1	1	1	4361,952
9	-1	-1	-1	3111,696
10	-1	-1	1	3021,048
11	-1	1	-1	4277,6
12	-1	1	1	4202,016
13	1	-1	-1	3148,368
14	1	-1	1	2941,608
15	1	1	-1	4060,224
16	1	1	1	4350,464

Fuente: Elaboración propia, 2016

La Tabla 4.20, se elaboró para introducir datos al paquete estadístico SPSS; los resultados obtenidos de este análisis se muestran en la tabla 4.21. En la tabla 4.20 se muestran nuevamente los factores que intervienen en el proceso de elaboración de ketchup picante afectando al mismo; cada uno de estos factores se presenta en un nivel superior (1) y un nivel inferior (-1).

**Tabla 4.21 Factores
inter-sujetos**

		N
brix	-1,00	8
	1,00	8
ph	-1,00	8
	1,00	8
picante	-1,00	8
	1,00	8

Fuente: SPSS 17.0

En la tabla 4.22 se observa el análisis de varianza para la variable dependiente Masa de ketchup. Aplicando este análisis, se puede observar que la variable más significativa del proceso de elaboración de ketchup picante con un nivel de confianza del 95 % es el ph. Mientras que los Brix y la cantidad de salsa picante no son significativos en el proceso.

Tabla 4.22 Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los datos experimentales del proceso de obtención de ketchup picante
Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	122,575 ^a	6	20,429	4,034	,031
Intersección	75213,748	1	75213,748	14851,558	,000
Brix	3,651	1	3,651	,721	,418
Ph	106,281	1	106,281	20,986	,001
Picante	1,591	1	1,591	,314	,589
brix * ph	5,003	1	5,003	,988	,346
brix * picante	3,807	1	3,807	,752	,408
ph * picante	2,242	1	2,242	,443	,523
Error	45,579	9	5,064		
Total	75381,902	16			
Total corregida	168,154	15			

a. R cuadrado = ,729 (R cuadrado corregida = ,548)

Fuente: SPSS 17.0

En la tabla 4.22 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para el proceso de obtención de ketchup picante.

Se puede observar que el efecto de la variable: pH, influye sobre la cantidad de masa por concentrado de ketchup obtenida; esto se debe a que el nivel de significancia es menor al 5% o 0,05, lo que implica la posibilidad de que la variable sea significativa sobre el proceso de obtención de ketchup picante, con una confianza de 95%.

**Tabla 4.23 Variables Introducidas / Eliminadas (a)
Variables Introducidas / Eliminadas (b)**

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	ph ^a	.-	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas.

b. Variable dependiente: mk

Fuente: SPSS 17.0

**Tabla 4.24 Ajuste de datos para modelo lineal general
Resumen del modelo^b**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,714 ^a	,510	,475	3,63195

a. Variables predictoras: (Constante), ph

b. Variable dependiente: mk

Fuente: SPSS 17.0

Tabla 4.25 ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	192,321	1	192,321	14,580	,002 ^a
Residual	184,675	14	13,191		
Total	376,996	15			

a. Variables predictoras: (Constante), ph

b. Variable dependiente: mk

Fuente: SPSS 17.0

Tabla 4.26 Coeficientes^b

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)	132,028	,908		145,407	,000	130,081	133,975
ph	3,467	,908	,714	3,818	,002	1,520	5,414

a. Variable dependiente: mk

Fuente: SPSS 17.0

De la tabla 4.26 se determinó que el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención de kétchup picante que correlaciona a la masa de kétchup con el pH para el caso estudiado, es el siguiente:

$$\text{Masa de concentrado: } 132,028 + 3,467 \text{ pH}$$

Por lo tanto, la masa por el concentrado de kétchup está en función del pH

Del análisis estadístico se puede concluir lo siguiente:

1. La elección del modelo en su conjunto es correcta, por cuanto la variable dependiente y las variables independientes son significativas para un nivel de confianza del 95%.
2. El factor que tiene mayor incidencia en la masa obtenida de kétchup picante en el proceso es el pH.

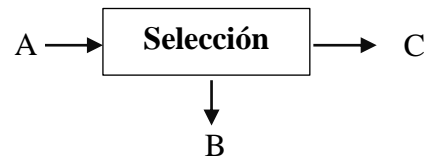
4.5 Balance de materia

Para el balance de materia se toma como punto de partida una masa de 1200,136 g de tomate fresco (ensayo número 4; pasta de tomate y ensayo 7; ketchup picante).

4.5.1 Balance selección de la materia prima

$$A = B + C$$

$$B = A - C$$



Donde A es la masa de materia prima, B es la masa de pérdida en selección y C es la masa de tomate seleccionado.

Calculando:

$$A = 1200,136 \text{ g}$$

$$C = 1000 \text{ g}$$

$$B = (1200,136 - 1000) \text{ g} = 200,136 \text{ g}$$

4.5.2 Balance en pesado

$$C = D$$

Donde C es la masa de tomate seleccionado y D la masa de tomate a procesar.

Calculando:

$$C = 1000 \text{ g}$$

$$D = 1000 \text{ g}$$

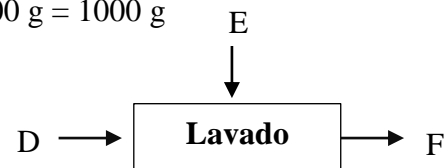


$$1000 \text{ g} = 1000 \text{ g}$$

4.5.3 Balance en lavado

$$D = E + F$$

$$E = F - D$$



Donde D es la masa de tomate a procesar, E masa de aumento de peso en lavado y F masa de tomate limpio

Calculando:

$$D = 1000 \text{ g}$$

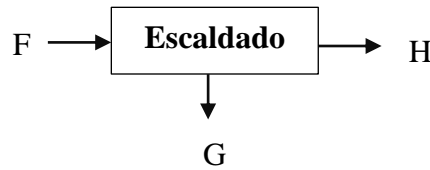
$$F = 1002,799 \text{ g}$$

$$E = (1002,799 - 1000) \text{ g} = 2,799 \text{ g}$$

4.5.4 Balance en escaldado

$$F = H + G$$

$$G = F - H$$



Donde F es la masa de tomate limpio, G es la masa de pérdida en escaldado y H es la masa de tomate escaldado.

Calculando:

$$H = 995,328 \text{ g}$$

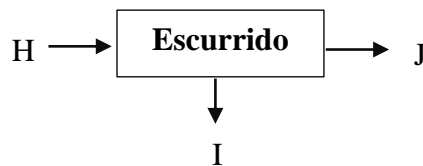
$$F = 1002,799 \text{ g}$$

$$G = (1002,799 - 995,328) \text{ g} = 7,471 \text{ g}$$

4.5.5 Balance en escurrido

$$H = J + I$$

$$I = H - J$$



Donde H es la masa de tomate escaldado, J es la masa de tomate escurrido e I es la pérdida de masa en escurrido.

Calculando:

$$H = 995,328 \text{ g}$$

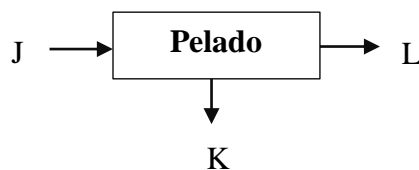
$$J = 987,721 \text{ g}$$

$$I = (995,328 - 987,721) \text{ g} = 7,607 \text{ g}$$

4.5.6 Balance en pelado

$$J = K + L$$

$$K = J - L$$



Donde J es la masa de tomate escurrido, K es la pérdida de masa en pelado y L es la masa de tomate pelado.

Calculando:

$$J = 987,721 \text{ g}$$

$$L = 840,136 \text{ g}$$

$$K = (987,721 - 840,136) \text{ g} = 147,585 \text{ g}$$

4.5.7 Balance en tamizado

$$L = M + N$$

$$M = L - N$$

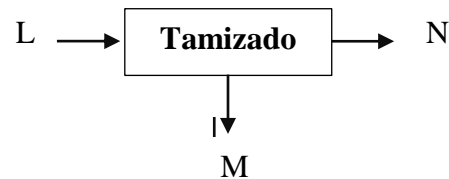
Donde L es la masa de tomate pelado, M es la pérdida de masa en tamizado y N es la masa de pulpa de tomate.

Calculando:

$$L = 840,136 \text{ g}$$

$$N = 804,027 \text{ g}$$

$$M = (840,136 - 804,027) \text{ g} = 36,109 \text{ g}$$



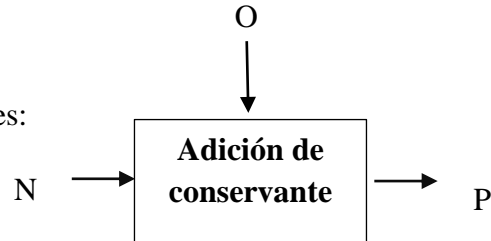
4.5.9 Balance en adición del conservante

En esta etapa del proceso se añade el conservante (sorbato de potasio $C_6H_7O_2K$) al 0,1% al peso de la masa a procesar. Los cálculos son los siguientes:

$$C_6H_7O_2K = \frac{0,1\% \times 804,027 \text{ g}}{100\%} = 0,804 \text{ g} = O$$

Entonces la pulpa más el conservante es:

$$P = N + O$$



Donde P es masa de pulpa de tomate más el conservante, N es la masa de la pulpa de tomate y O es la masa del conservante.

Calculando:

$$N = 804,027 \text{ g}$$

$$O = 0,804 \text{ g}$$

$$P = (804,027 + 0,804) \text{ g} = 804,831 \text{ g}$$

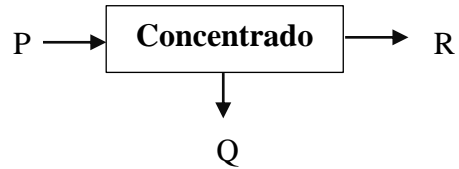
4.5.10 Balance en concentrado

En esta etapa se toma en cuenta los Brix de la pulpa de tomate y de la pasta de tomate

$$X_{\text{pulpa}} = 5^{\circ}\text{Brix}$$

$$X_{\text{pasta}} = 20^{\circ}\text{Brix}$$

$$P = Q + R \quad \text{Ec. 3.1}$$



Donde P es masa de pulpa de tomate más el conservante, Q es la masa de vapor condensado y R es la masa de la pasta de tomate.

Calculando:

Balance de sólidos

$$X_{\text{pulpa}} \times P = X_{\text{pasta}} \times R \quad \text{Ec. 3.2}$$

De Ec. 3.2

$$R = \frac{X_{\text{pulpa}}}{X_{\text{pasta}}} \times P = \frac{5}{20} \times 804,831 = 201,207\text{g}$$

De Ec. 3.1

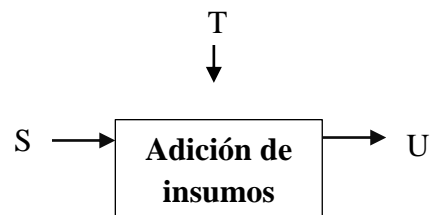
$$Q = P - R$$

$$Q = (804,831 - 201,207) \text{ g} = 603,624 \text{ g}$$

4.5.11 Balance en adición de insumos

Con fines de cálculo, se toma en cuenta solo 100 g de pasta de tomate ya que se trabajó en dos niveles en cada concentrado de pasta de tomate.

$$U = S + T$$



Donde U es la masa de ketchup obtenido, S es masa de pasta de tomate y T es la masa de insumos adicionados.

Calculando:

$$S = 100 \text{ g}$$

$$T = 30 \text{ g}$$

$$U = (100 + 30) \text{ g} = 130 \text{ g}$$

En la siguiente tabla se muestra los resultados de manera resumida de las corrientes dentro del proceso.

Tabla 4.27 Resultados dentro del balance de materia

Corriente	Valor (g)
A	1200,136
B	200,136
C	1000
D	1000
E	2,799
F	1002,799
G	7,471
H	995,328
I	7,607
J	987,721
K	147,585
L	840,136
M	36,109
N	804,027
O	0,804
P	804,831
Q	603,624
R	201,207
S	100
T	30
U	130

Fuente: Elaboración propia, 2016

4.5.12 Balance global

Por último, se realiza el balance global en todo el proceso de obtención de ketchup picante donde A es 1200,136g de tomate

$$\text{Masa que entra} = \text{Masa que sale}$$

$$\begin{aligned} m_A + m_E + m_O &= m_B + m_G + m_I + m_K + m_M + m_Q + m_R \\ (1200,136 + 2,799 + 0,804) \text{ g} &= (200,136 + 7,471 + 7,607 + 147,585 + 36,109 + \\ &603,624 + 201,207) \text{ g} \\ 1203,739 \text{ g} &= 1203,739 \text{ g} \end{aligned}$$

Balance global en la segunda fase donde se toma en cuenta solo 100 g de pasta para la obtención de ketchup picante.

$$\text{Masa que entra} = \text{Masa que sale}$$

$$\begin{aligned} m_S + m_T &= m_U \\ (100 + 30) \text{ g} &= 130 \text{ g} \\ 130 \text{ g} &= 130 \text{ g} \end{aligned}$$

4.5.13 Cálculo del rendimiento

Se calcula el rendimiento en el rota vapor ya que de ahí en adelante solo se realizaron adiciones.

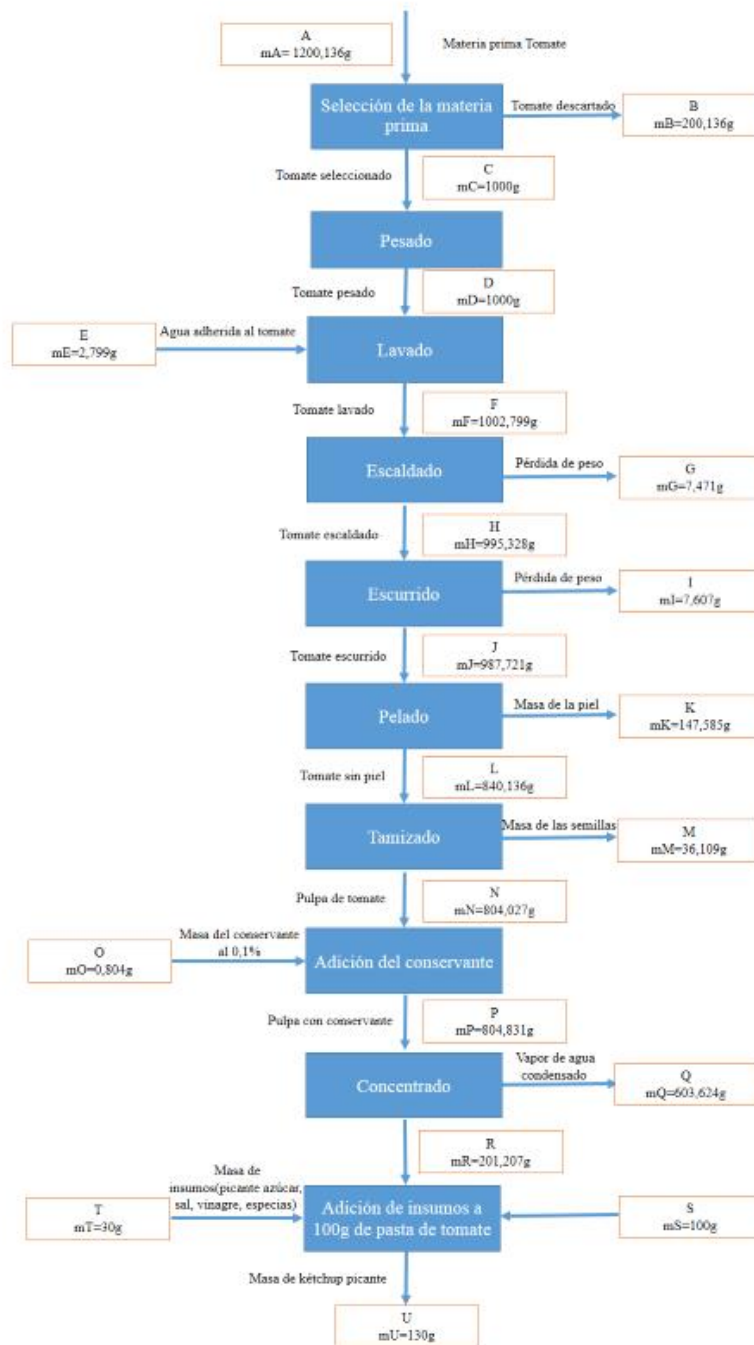
Según los datos:

$$\eta = \frac{\text{cantidad de producto obtenido}}{\text{cantidad de materia prima introducida}} = \frac{201,207 \text{ g}}{1200,136 \text{ g}} = 0,167 \text{ g}$$

$$\eta = 16,765 \%$$

En la figura 4.6 se muestra el balance de materia para todo el proceso de elaboración de ketchup picante.

Diagrama 4.1.- Balance de materia para la elaboración de ketchup picante



Fuente: Elaboración propia, 2016

4.6 Balance de energía

Se efectuará el balance tomando en cuenta 1Kg de tomate.

4.6.1 Consumo de calor en el escaldado

Masa de tomate = 1 Kg = $F_{\text{tom}} = 1\text{Kg}$

Volumen de agua = 3L = $F_{\text{H}_2\text{O}} = 3\text{Kg}$

Temperatura inicial $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura final $T_f = 90\text{ }^\circ\text{C}$

Capacidad calorífica del agua $C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} = 1\text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C}$

Capacidad calorífica de tomate $C_{p_{\text{tom}}} = 0,3 \times (\% \text{ sólidos}) + C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} \times (1 - \% \text{ sólidos})$

$$C_{p_{\text{tom}}} = 0,3 \times (0,05) + 1 \times (1 - 0,05) = 0,965\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Según Hayes G (1987) el calor específico del tomate es 0.96 Kcal/Kg°C (Ver Anexo F)

Con estos datos podemos calcular el calor requerido en este proceso que será:

$$Q = F_{\text{H}_2\text{O}} \times C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} \times (T_f - T_i) + F_{\text{tom}} \times C_{p_{\text{tom}}} \times (T_f - T_i)$$

$$Q = 3\text{ Kg} \times 1\text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C} \times (90 - 20)\text{ }^\circ\text{C} + 1\text{Kg} \times 0,965\text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times (90 - 20)$$

$$Q = 277,55\text{ Kcal.}$$

El costo de 1KW*h en SETAR (Servicio Eléctrico Tarija) tiene un costo de 0,863 Bs.

Por lo tanto, el costo de consumo de energía eléctrica será:

$$1\text{ KW-h} = 3,6 \times 10^6\text{ J} = 3,6 \times 10^3\text{ KJ}$$

$$277,55\text{ Kcal} = \frac{4,184\text{ KJ}}{1\text{ Kcal}} = 1161,269\text{ KJ}$$

$$1\text{ Kh} = 3,6 \times 10^3\text{ KJ} \longrightarrow 0,863\text{Bs}$$

$$1161,269\text{ KJ} \longrightarrow X$$

$$X = 0,278\text{ Bs}$$

El escaldado se realiza por 7 min más el tiempo de calentamiento 5 min, lo cual equivale a 0,2 h. Por lo que el requerimiento horario de energía será:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{t} = \frac{277,55 \text{ Kcal}}{0,2 \text{ h}} = 1387,75 \text{ Kcal/h}$$

4.6.2 Consumo de calor requerido para el proceso de concentrado.

Kg de agua a evaporar:

$Q = 0,603 \text{ Kg}$ del balance de materia

Bajo estas condiciones se encuentra en tablas:

Ver anexo F

$T = 60^\circ\text{C}$ $P = 20 \text{ KPa}$

Entalpía de líquido $H_L = 60,090 \text{ Kcal/Kg}$

Entalpía del vapor $H_V = 623,542 \text{ Kcal/Kg}$

A partir de estos datos podemos conocer la cantidad de calor requerido para evaporar esta cantidad de agua.

$$\Delta H_{\text{evp}} = (H_V - H_L)$$

$$\Delta H_{\text{evp}} = (623,542 - 60,090) \text{ Kcal/Kg}$$

$$\Delta H_{\text{evp}} = 572,452 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_1 = 0,603 \text{ Kg} \frac{1 \text{ Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times (60 - 20)^\circ\text{C} = 24,12 \text{ Kcal}$$

$$Q_{2\text{evap}} = \Delta H_{\text{evp}} \times m = 572,452 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \times 0,603 \text{ Kg} = 345,188 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_{2\text{evap}} = (24,12 + 345,188) \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = 369,308 \text{ Kcal}$$

Por lo tanto el costo de consumo de energía eléctrica será:

$$1 \text{ KW-h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ KJ}$$

$$369,308 \text{ Kcal} = \frac{4,184 \text{ KJ}}{1 \text{ Kcal}} = 1545,186 \text{ KJ}$$

$$\begin{aligned} 1\text{Kh} &= 3,6 \cdot 10^3 \text{KJ} && \rightarrow && 0,863\text{Bs} \\ 1545,186 \text{KJ} &&& \rightarrow && X \end{aligned}$$

$$X = 0,370 \text{ Bs}$$

El proceso de concentrado se realiza por 2 h por lo que el requerimiento horario de energía será:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{t} = \frac{369,308 \text{ Kcal}}{2 \text{ h}} = 184,654 \text{ kcal/h}$$

En la siguiente tabla se muestra los resultados de manera resumida del consumo de calor, costo horario y requerimiento horario de energía eléctrica, en los diferentes procesos.

Tabla 4.28 Resultados dentro del balance de energía

Procesos	Consumo de calor (k/cal)	Costo por (KW/h) (Bs)	Requerimiento horario de energía (Kcal/h)
Escaldado	277,55	0,278	1387,75
Concentrado	369,308	0,370	184,654
Total	646,858	0,648	1572,404

Fuente: Elaboración propia, 2016

4.7 Análisis del producto

Además de los parámetros de calidad mencionados en los análisis sensoriales, tales como aroma, color sabor y textura, se debe considerar otros requerimientos, análisis fisicoquímico y microbiológico tanto en la pasta de tomate como en el producto final que es el ketchup picante.

Los parámetros son establecidos según las normas del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) 2008

4.7.1 Análisis fisicoquímicos de la pasta de tomate y ketchup picante

El análisis fisicoquímico se efectuó en el CEANID (ver anexo A) y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.29 Análisis fisicoquímico de la pasta de tomate

Componente	Unidad	Resultado
Azúcares totales	%	13,83
Azúcares reductores	%	12,89
Cloruro de sodio	%	0,90
Humedad	%	78,87
pH (20°C)	-----	4,43
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	20
Sólidos totales	%	21,13

Fuente: CEANID, 2016.

Tabla 4.30 Análisis fisicoquímico de kétchup picante

Componente	Unidad	Resultado
Azúcares totales	%	20,45
Azúcares reductores	%	19,32
Cloruro de sodio	%	1,50
Humedad	%	70,04
pH (20°C)	-----	4,12
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	28
Sólidos totales	%	29,96

Fuente: CEANID, 2016.

De acuerdo a lo establecido por el IBNORCA la pasta de tomate y el kétchup picante cumplen con las normas impuestas.

4.7.2 Análisis microbiológico del producto

El análisis microbiológico del producto final se efectuó en el CEANID (ver anexo A) y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.31 Análisis microbiológico de kétchup picante

Componente	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilas	ufc/g	3,0×10 ¹
Mohos y levaduras	ufc/g	1,0×10 ¹
Staphylococcus aureus	ufc/g	<10 Ausencia

Fuente: CEANID, 2016.

De acuerdo a lo mencionado no se observa desarrollo de colonias en los primeros parámetros y el valor de mohos y levaduras presentes son aceptables.

4.8 Costo de realización del estudio

A continuación se presenta una tabla con la información de los costos para la realización del presente estudio.

Tabla 4.32 Costos del estudio

	Ítem	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Cantidad	Costo total (Bs)
	Mejora de la bomba de vacío	-----	-----	1	350
1	Adquisición de la materia prima y demás insumos	Kg	4	30	120
2	Investigación en Internet	Horas	3	400	1200
3	Análisis Microbiológico	Análisis	351	1	351
4	Costo de frascos	vidrio	3	10	30
5	Impresión del trabajo	Hoja	0,5	1000	500
6	Anillados	Anillado	5	6	30
7	Empastados	Empastado	50	3	150
8	Material de escritorio	Dotación	100	1	100
9	Transportes	Pasaje	300	1	300
10	Tiempo utilizado	Horas	50	800	40000
11	Otros	-----	-----	-----	500
12	Total				43281

Fuente: Elaboración propia, 2016

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se puede concluir lo siguiente:

- La materia prima fue caracterizada en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) para analizar sus propiedades fisicoquímicas, asegurando con esto un producto de calidad; los resultados del análisis fueron:

Componente	Unidad	Resultados
Grados Brix	°Brix	5,2
pH	-----	4,58
Humedad	%	93,571
Sólidos solubles (20°C)	° Brix	6,429
Descarte (semilla y piel) para 1 Kg	%	15
Pulpa de tomate para 1Kg	%	85

- Se ha determinado que por medio del color del tomate está asociado a la madurez, la cantidad de sólidos solubles y a los azúcares presentes en el mismo.
- El tomate perita de Tarija tiene una forma alargada, textura lisa, color rojo con un porcentaje de humedad del 94%, con una cantidad de sólidos totales de entre los 5° Brix y un pH de 4.29 a 24°C.
- Para seleccionar el proceso de elaboración de ketchup picante se toma en cuenta una matriz de decisión en la cual el proceso más óptimo es trabajar al vacío con 20 KPa y con una temperatura de 60°C; de esta manera las condiciones de trabajo son óptimas para obtener un producto de buena calidad conservando así sus propiedades organolépticas.
- Para este trabajo se parte del concentrado de la pulpa de tomate, para obtener la pasta de tomate base para su elaboración, para lo cual se toman variables óptimas para su concentración: Humedad, sólidos totales, pH, densidad y viscosidad. Estos resultados no varían significativamente de los reportados en

bibliografía por lo tanto se considera que la pasta de tomate base se encuentra dentro de los rangos aceptables. La pasta de tomate fue analizada en el CEANID donde los resultados fueron:

Componente	Unidad	Resultado
Azúcares totales	%	13,83
Azúcares reductores	%	12,89
Cloruro de sodio	%	0,90
Humedad	%	78,87
pH (20°C)	-----	4,43
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	20
Sólidos totales	%	21,13
Viscosidad	Cp	52000
Densidad	g/ml	0.957

- Se establece la dosificación de insumos para la elaboración de ketchup picante, tomando en cuenta dos niveles de referencia una superior y otra inferior en: °Brix (azúcar), pH (vinagre) y la cantidad de picante (Tabasking).
- Una agitación más rápida en la mezcla hizo que la separación de fases desapareciera en el producto de ketchup picante, minimizando las partículas de la misma
- La selección de ketchup picante elaborado se hace mediante un panel de degustación, en el cual sale elegido el número siete donde presenta 28 °Brix, 4,12 pH y 5g de picante. Teniendo un color sabor y aroma agradable para el degustador. El mismo fue analizado en el laboratorio del CEANID, bajo parámetros y normas que facilitaron los parámetros que son las del IBNORCA los resultados fueron:

Componente	Unidad	Resultado
Azúcares totales	%	20,45
Azúcares reductores	%	19,32
Cloruro de sodio	%	1,50
Humedad	%	70,04
pH (20°C)	-----	4,12
Sólidos solubles (20°C)	°Brix	28
Sólidos totales	%	29,96
Densidad	g/ml	0,935
Viscosidad	Cp	2490

- De acuerdo a los balances de materia y energía realizados en el proceso de elaboración de ketchup picante se determinó que: de 1200,136 g se obtiene 201,207g de pasta de tomate, habiendo la mayor pérdida de materia prima en el concentrado de la pulpa de tomate. Como se trabajó en dos niveles de adición de insumos se tomó en cuenta 100g de pasta de tomate de los cuales se obtuvo 130g de ketchup picante. La energía necesaria para la elaboración de ketchup picante es de 646,858 Kcal.

5.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones se recomienda:

- Realizar futuros trabajos de investigación con otra variedad de tomate, para promover el consumo de ketchup elaborado en Tarija.
- Como se mencionó anteriormente, las semillas y pieles desechadas en el proceso de tamizado del tomate pueden ser utilizada para la elaboración de abono orgánico, es por ello que se recomienda futuros proyectos de investigación para reutilizar dichos desechos.
- Se recomienda futuras investigaciones de elaboración de ketchup picante, con diferentes tipos de ajíes, tales como el locoto, ají mala palabra, para la evaluación del producto final.
- Se sugiere habilitar en los laboratorios de la U.A.J.M.S., refractómetros, pH metros y bombas de vacío, para la realización de futuras investigaciones aplicadas, que tengan como objeto el análisis del proceso de concentrado.
- Es necesario realizar un estudio donde se implemente espesantes al elaborar el ketchup picante, para evitar separación de fases.
- Es importante que se implemente los parámetros para medir el grado de ají, ya que en el país no se cuenta con ningún patrón que mida el Índice de Scoville (grado de picor), o se realicen trabajos de investigación para la medir los parámetros con la aplicación de algún método o técnica como la de Espectroscopia Ultravioleta.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Arévalo JC., Guzmán I. y Rodríguez D., 2008.** Diseño del Modelo de Empresa Agroindustrial para el auto sostenimiento y desarrollo de los nuevos asentamientos organizados. Facultad de Ingeniería Universidad Francisco Gavidia. San Salvador, El Salvador, C.A.
2. **Biotecnia, 2012.** Tecnología de deshidratación para la preservación de tomate. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Sonora, México. www.biotecnia.uson.mx
3. **Cámara Agropecuaria de Tarija. (CAT), 2014.** Registro estadístico de la producción 2013. Lic. Esteban Miranda, Gerente General.
4. **Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEIRD), 2012.** Dominicana Exporta. Perfil Económico del tomate. República Dominicana. Disp. en: http://www.ceird.gov.do/ceird/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/tomate.pdf
5. **Centro de Investigación agrícola Tropical (CIAT), 2012.** Manual del cultivo de tomate para pequeños productores de los Valles. Gobierno departamental prefectura Santa Cruz, Bolivia.
6. **Echarrys K. y Ramírez A., 2002.** Evaluación Física y Química de sete pastas de tomate para la obtención de salsa tipo ketchup. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
7. **El huerto 2.0, 2016. Tipos de tomates.** Disponible en: <https://elhuerto20.wordpress.com/cultivo-de-hortalizas/cultivo-de-solanaceas/tomates/>
8. **Especificaciones técnicas: Pasta de tomate tipo Hot Break.** Disponible en: <http://www.icatom.com/Especificaciones%20Tecnicas%20-%20Pasta%20Tomate%20Hot%20Break.pdf>
9. **FAO. Taller de Frutas y Hortalizas:** Ed. Trillas México.
10. **Gómez M., 2009.** Deshidratado de tomate Saladette en un secador de charolas giratorias. Universidad tecnológica de la Mixteca. Huajapan de León, Oaxaca, México

- 11. HORTO info – Diario digital de actividad hortofrutícola, 2013.**
<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/1543-tomate-mundo-15-07>
- 12. IBNORCA, 2008. Norma Boliviana (235-78);** conservas de vegetales–frutas–definiciones
- 13. INE, 2014.** Producción de tomate en Bolivia. Disponible en:
<https://www.ine.gob.bo/indice/general.aspx?codigo=40104>
- 14. INTA - Rivero M, Quiroga M. González O. y Moranga L., 2013.** Postcosecha de Tomate. Ediciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, N° 1-2013, Laboratorio de Postcosecha E.E.A. Mendoza, Argentina.
- 15. Jiménez Carro A., 2002.** Evaporadores. Universidad Autónoma Metropolitana, México. Disponible en:
<http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/evaporacion.pdf>
- 16. Karen. Características del tomate.** Disponible en:
<http://karen-star96.blogspot.com/2009/06/caracterizticas-del-tomate.html>
- 17. La Razón Edición Impresa, 2015.** Edición del 4 de Marzo del 2015. Disponible en:
http://www.la-razon.com/economia/Grupo-Venado-negocia-productos-mercados_0_2227577354.html
- 18. Malajovich, MA. 2010.** Las pectinasas en la Industria de jugos de frutas. Biotecnología – Enseñanza y divulgación, Dra. María Antonia Malajovich, www.bteduc.bio.br
- 19. Manuel C., 2008.** Evaporación. Publicado el 20 de Marzo del 2008. Disponible en
<http://evaporacion21.blogspot.com/>
- 20. Marcano R., 2010.** Tema II Evaporadores - Fenómenos de Transporte. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela. Disponible en:
<https://marcanord.files.wordpress.com/2013/06/tema-2-evaporadores.pdf>
- 21. McCabe et all. (1998)** operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Editorial McGraw-Hill. España.
- 22. Nature Choice, 2012.** Ficha Técnica del producto: tomate. Disponible en:
<http://www.productonaturechoice.com/tomate/FichaTomatePera.pdf>
- 23. Ortiz C., 2016.** Tesis: Elaboración de tomate deshidratado. Investigación Aplicada de la Carrera de Ingeniería Química de la UAJMS. Tarija, Bolivia.

- 24. Pérez E., 2011.** Práctica N° 4 Viscosidad, consistencia y textura en los alimentos. Escuela de Biología Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela.
- 25. Perry R. H., Green D.W., Maloney J. O., 1996.** Manual del Ingeniero Químico Tomo II. Ed. McGRAW-HILL, 20-23
- 26. Proceso de elaboración de salsa de tomate.** Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos40/salsa-de-tomate/salsa-de-tomate2.shtml>
- 27. Sánchez F., 1999.** Industrialización del tomate – Elaboración de pasta de tomate. Tesis de la Carrera de Ingeniería Química de la UAJMS. Tarija, Bolivia.
- 28. SEI Contreras Ingeniería.** Evaporadores de circulación forzada
Disponible en: <http://ingcontreras.com.ar/es/equipos/evaporador-circulacion-forzada>
- 29. Sing, R.,** Introducción a la Ingeniería de los Alimentos, Ed. Acribia. S.A. Zaragoza España.
- 30. Sharma, S.; Mulvaney, S. y Rizvi, S., 2003.** Operaciones Unitarias y Práctica de laboratorio. Editorial Limusa S.A. México, D.F. 348 p.
- 31. Smith Van Ness.** Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química; Ed. Mc Graw Hill México 1988
- 32. Vidales, G. D., (2000).** El mundo del envase: manual para el diseño y producción de embalajes. México.
- 33. Villarroel Rubén.** Tomates, Instituto Interamericanos de Cooperación para la Agricultura; San José Costa Rica 1982.
- 34. Nature Choice, SAT. (2012).** Tomate pera. (Ficha técnica de producto Dpto. de Calidad. ITPC-RR.11.Rev01). España.
<http://www.productonaturechoice.com/tomate/FichaTomatePera.pdf>
- 35. Wen Fong Kwong, (19 de agosto de 2011).** “El Origen de”... El Kétchup. Disponible en: <https://www.fayerwayer.com/2011/08/el-origen-de-el-ketchup/>
- 36. Wikipedia, 2016.** Solanum Lycopersicum. Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_lycopersicum