

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Estudio del Efecto de los Pre Tratamientos en las Características
Físicas y Sensoriales del Tomate Deshidratado”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Valeria Johanna Guzmán Jara

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2008

AGRADECIMIENTO

A mi familia especialmente a mis padres y hermanos por todo el apoyo recibido durante mis estudios. A Julio por su ánimo, cariño y ayuda incondicional. A mis amigos que colaboraron de diversas maneras en la culminación de este trabajo. Y de manera especial a la MSc. Fabiola Cornejo, Ing. Grace Vásquez e Ing. Mirella Bermeo por su invaluable colaboración.

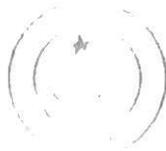
DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI FAMILIA



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
I. I. M. C. P.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Priscila Castillo S.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

Ing. Mirella Bermeo G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Valeria Guzmán J.

Valeria Johanna Guzmán Jara

RESUMEN

El tomate con nombre científico "*Lycopersicon esculentum*" a través de los años ha sido procesado para la elaboración de varios productos como jugos, pastas y salsas, que hoy en día son indispensables en la dieta diaria. Entre esos productos con valor agregado tenemos también al tomate deshidratado que según estudios realizados indican que en el año 2002 aproximadamente el 20% de la producción de tomate mundial está destinada para la elaboración de este producto clasificado como de tipo gourmet.

Con el presente trabajo de investigación se realiza un estudio de los diversos efectos que causan los pre tratamientos con sales inorgánicas, como el cloruro de calcio, meta bisulfito de potasio y cloruro de sodio, sobre la velocidad de secado, las características organolépticas y características físicas del producto final, aplicadas previo al proceso de deshidratación del tomate de la variedad riñón. Además de realizar el proceso de secado experimentalmente, los análisis físicos químicos basadas en las normas AOAC y las evaluaciones sensoriales realizando pruebas de aceptación por panelistas no entrenados.

Este estudio permitirá determinar cómo los pre tratamientos afectan las condiciones del proceso de secado así como las del producto terminado, dando

a la industria herramientas útiles para decidir que tratamiento es el más adecuado para el producto que desea obtener.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGIA	IX
INDICE DE CUADROS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
CAPITULO 1	3
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Materia Prima	3
1.1.1. Variedad	6
1.1.2. Niveles de Consumo.....	7
1.2. Secado	11
1.2.1. Isotermas de Adsorción	15
1.3. Descripción del Tomate Deshidratado	17
1.4. Pre tratamientos Utilizados antes del Secado.....	18
1.4.1. Metabisulfito de Potasio.....	18

1.4.2.	Cloruro de Sodio.....	19
1.4.3.	Cloruro de Calcio.....	20
CAPITULO 2.....		21
2.	MATERIALES Y METODOS.....	21
2.1.	Diseño Experimental.....	21
2.1.1.	Determinación de Parámetros.....	21
2.2.	Materiales.....	27
2.2.1.	Caracterización de la materia prima.....	27
2.2.2.	Aditivos.....	28
2.3.	Métodos.....	29
2.3.1.	Isotermas de Desorción.....	29
2.3.2.	Secado.....	30
2.3.3.	Análisis Físico Químico.....	33
2.3.4.	Análisis Sensorial.....	34
CAPITULO 3.....		36
3.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	36
3.1.	Efecto de los pretratamientos en la velocidad de secado.....	36

3.2. Efecto de los pretratamientos en las características sensoriales del producto final	40
3.3. Efecto de los pretratamientos en la textura y encogimiento del producto final.	44
CAPITULO 4	49
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
APENDICES	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ABREVIATURAS

aw	Actividad de Agua
° brix	Grados brix
cm.	Centímetros
Inec	Instituto Nacional de Estadística y Censo
g.	Gramos
ha	Hectáreas
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
min.	Minutos
HAL	Horticulture Australia Limited
Vs.	Versus
W	Velocidad de Secado

SIMBOLOGIA

$K_2S_2O_5$	Meta bisulfito de Potasio
$CaCl_2$	Cloruro de Calcio
$NaCl$	Cloruro de Sodio

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1	Producción de Tomate Riñón por Regiones.....	7
Cuadro 1.2	Principales Provincias Productoras de Tomate Riñón.....	8
Cuadro 1.3	Curva Típica de Secado.....	13
Cuadro 1.4	Isoterma de Adsorción del Agua.....	15
Cuadro 2.1	Esquema del proceso de Secado con Cloruro de Calcio.....	22
Cuadro 2.2	Esquema del proceso de Secado con Cloruro de Sodio.....	23
Cuadro 2.3	Esquema del proceso de Secado con Meta bisulfito de Potasio....	24
Cuadro 2.4	Esquema del proceso de Secado con Meta bisulfito de Potasio y Cloruro de Calcio.....	25
Cuadro 2.5	Esquema del proceso de Secado (Muestra Control).....	26
Cuadro 2.6	Esquema general del proceso experimental de Secado.....	31
Cuadro 3.1	Curvas de Humedad Libre vs Velocidad de Secado.....	37
Cuadro 3.2	Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos (Sabor).....	42
Cuadro 3.3	Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos (Color).....	43
Cuadro 3.4	Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos (Olor).....	44
Cuadro 3.5	Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos (Textura).....	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición Nutricional del Tomate Riñón.....	5
Tabla 2	Variedades de Tomate.....	7
Tabla 3	Cultivo de tomate en el Ecuador.....	10
Tabla 4	Caracterización de la Materia Prima.....	27
Tabla 5	Concentración de Sales.....	29
Tabla 6	Sales y su Actividad de Agua.....	30
Tabla 7	Registro de Perdidas de Peso durante pre-tratamientos.....	38
Tabla 8	Resultados de Media en el Análisis Estadístico (Sabor-Color- Olor).....	41
Tabla 9	Resultados de Media en el Análisis Estadístico (Textura).....	45
Tabla 10	Superficie y Espesor de rebanadas de tomate.....	47
Tabla 11	Área y Reducción de las Muestras.....	48

INTRODUCCIÓN

El tomate riñón es uno de los cultivos de mayor extensión y producción a nivel mundial. En el Ecuador existe un elevado consumo de hortalizas, que a partir de la década de los años noventa ha crecido paulatinamente por diversas razones, una de las principales es el cambio en los hábitos alimenticios de la población, conduciéndose hacia una mayor preferencia de hortalizas en la dieta diaria.

En la actualidad es importante dar un valor agregado a los alimentos de consumo masivo, para así ampliar el mercado y la manera tradicional de consumir hortalizas; así como también brindar a las industrias nuevos estudios sobre lo útiles que pueden llegar hacer las sales y demás productos empleados como ingredientes para un proceso.

Con el presente trabajo se desarrollarán estudios de los efectos y consecuencias del uso de sales inorgánicas como pre tratamientos

sobre la velocidad de secado, las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado. Realizando el proceso de secado experimental de las muestras de tomate riñón y luego evaluando, por medio de un panel de jueces no entrenados, las características sensoriales como color, olor sabor y textura del producto seco.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Materia Prima

El tomate es originario de la familia de las Solanáceas, cuya especie básica la denominan científicamente como *Lycopersicum esculentum*. El desarrollo de la industria de procesamiento de tomates se da a inicios de la década de 1.960, y con el paso de los años esta industria ha dado grandes avances en todos los países del mundo; el cultivo y consumo de tomate tanto en fresco y en productos procesados como jugos y salsas ha alcanzado una extraordinaria dimensión.

El tomate presenta en su composición una serie de elementos que son apropiados para desintoxicar el organismo y prevenir la aparición de muchas enfermedades, uno de sus principales componentes es el licopeno que además de darle al tomate la coloración roja característica, posee propiedades antioxidantes que logran inhibir la proliferación de células cancerosas en el hombre⁽¹⁾. El licopeno se presenta mayormente en tomates cocinados porque la cocción ayuda a liberar este elemento y así se facilita la absorción por parte del organismo.

Según datos de la FAO y ONU, la producción mundial de tomate, durante el periodo 2003-2006, se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 123.79 millones de toneladas, convirtiendo a este alimento en una de las hortalizas de mayor consumo mundial. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos, lo que convierte al tomate en un ingrediente básico en la dieta diaria. El tomate es comercializado en dos categorías dependiendo del mercado: tomate fresco y tomate para proceso. Siendo el mercado del tomate procesado altamente representativo, destacándose los segmentos de pasta de tomate, pulpa, salsas, jugo, diversos enlatados, deshidratado y precocido - congelado. El tomate

posee una alta riqueza vitamínica y su composición química depende fundamentalmente del cultivar procedente, es decir condiciones de cultivo, época de producción, el grado de madurez, almacenamiento, etc.

Tabla 1

Composición Nutricional del Tomate Riñon		
Componentes	Contenido de 148 g de parte comestible	Valores diarios recomendados (basados en una dieta de 2000 calorías)
Calorías	35	
Azúcares	4 g	
Carbohidratos totales	7 g	300 g
Fibra Dietética	1 g	25 g
Grasa Total	5 g	66 g
Proteína	1 g	
Calcio	13 mg	162 mg
Fósforo	27 mg	125 mg
Hierro	40 mg	18 mg
Niacina	0,60 mg	20 mg
Potasio	244 mg	3500 mg
Sodio	5 mg	2400 mg
Vitamina A	1700 IU	5000 mg
Vitamina C	21 mg	60 mg

Vitamina A: 1 IU es el equivalente biológico de 0.3 µg retinol, o d 0.6 µg beta-caroteno.

FUENTE: California Tomato Board U.S Department of Agriculture. The Packer 2000

La vitamina más abundante que presenta el tomate es la vitamina C; consumiendo 100 gramos de tomate cubrimos el 45% de las necesidades diarias de esta vitamina para un adulto sano. Además aporta vitaminas de los grupos B y E, una aceptable cantidad de ácido fólico y una mínima cantidad de beta carotenos, precursores de la vitamina A. Entre los minerales, destaca su contenido en potasio, hierro, magnesio y fósforo.

1.1.1. Variedad

En la actualidad un gran número de variedades de tomate se han difundido debido a la introducción de invernaderos, lo que ha dado lugar a tipos híbridos de crecimiento indeterminado con el propósito de generar mayores rendimientos y mayor tiempo de duración post-cosecha (larga vida)⁽²⁾. Es importante conocer que cada agricultor elige la variedad a sembrar dependiendo de factores como el tipo de clima, condiciones de suelo y mercado meta, pero en el Ecuador los agricultores, en su gran mayoría, eligen las variedades basados en parámetros como precio, cultivos de la zona, etc. Las principales

variedades de tomate se clasifican dependiendo del tipo de tomate. Algunas de las variedades se muestran en el cuadro 1.

Tabla 2
Variedades de Tomate

Tomates para Cortar	Tomate para Industria
Daniela Dynamo Riverdale Red	Roma Romita Ted top Sanmmarzano
Tomates Cherry	Tomate para mesa
Cherub Sweet bite Sweetie	Riñon Marglobe Indian river Floradel Walter

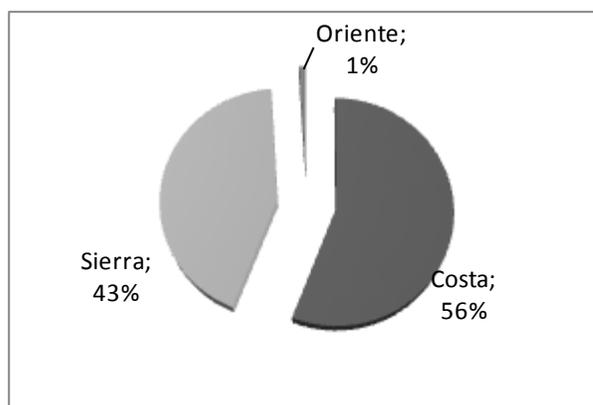
FUENTE: www.sica.gov.ec. Elaborado por Valeria Guzmán J.

1.1.2. Niveles de Consumo

El cultivo del tomate riñón es considerado como uno de los más representativos de la variedad hortícola ⁽³⁾ en el Ecuador, ofreciendo altos rendimientos económicos al productor. La importancia adquirida por este cultivo se debe a que la planta se adapta fácilmente a toda clase de tierras, sin importar la naturaleza y

propiedades físicas del suelo, mientras sean profundas, ligeramente ácidas y ricas en materia orgánicas.

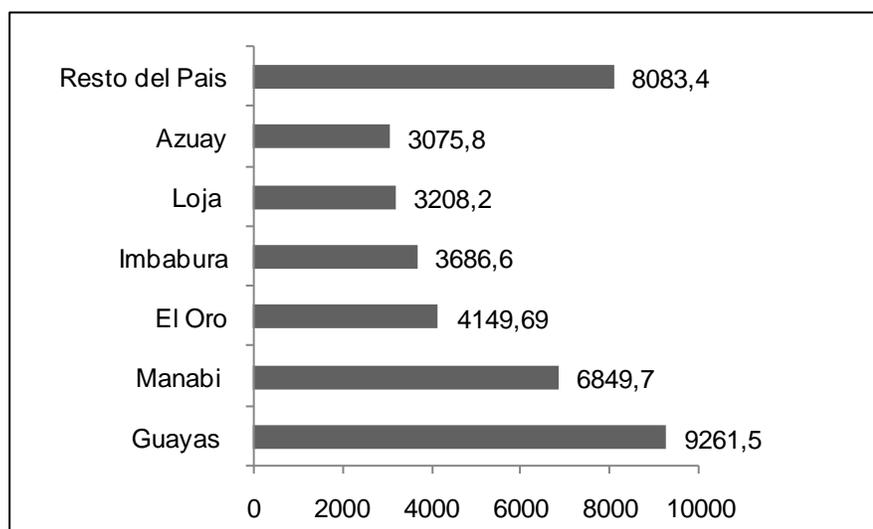
La producción de tomate riñón en el Ecuador se lleva a cabo alrededor de varias provincias. En el año 2000, la región Costa tuvo una producción de aproximadamente 21.500 toneladas, lo que representa el 56% de la producción nacional, la región Interandina alcanzó aproximadamente las 16.300 toneladas y el Oriente obtuvo 550 toneladas que representan el 1%. (Figura 1.1)



Cuadro 1.1 Producción de Tomate Riñón por Regiones

FUENTE: INEC, MAG. Elaborado por: Valeria Guzmán J.

La producción del tomate riñón en la región Costa, está básicamente centrada en tres provincias: Guayas, Manabí y El Oro; en la Sierra tenemos principalmente a la provincia de Imbabura, seguida por Loja y Azuay, sin dejar de mencionar a las provincias de Carchi, Cañar, Chimborazo y Pichincha que también representan un porcentaje de la producción nacional. (Figura 1.2).



Cuadro 1.2 Principales Provincias Productora de Tomate Riñón

FUENTE: MAG. Elaborado por Valeria Guzmán J.

El área de cultivo es de aproximadamente 4250 ha. ⁽⁴⁾ a nivel nacional, en todas las zonas medias y cálidas de nuestro país, con

diferencias muy marcadas en cuanto a los sistemas de cultivo empleados por los agricultores. La distribución de los cultivos de tomate en el Ecuador está representada en la Tabla 3.

Tabla 3

Cultivo de Tomate en el Ecuador		
Area Total	4250 ha	
Bajo Invernadero	1250 ha	Pichincha
		Tungurahua
		Cotopaxi
		Azuay
		Región Amazónica
A Campo Abierto	3000 ha	Manabí
		Península de Sta. Elena
		El Triunfo
		Loja
		Sta. Isabel (Azuay)
		Huigra
		Bucay

FUENTE: www.sica.gov.ec. Elaborado por Valeria Guzmán J.

La implementación de invernaderos fue principalmente aplicada por productores de la Sierra, esta introducción ha beneficiado en la estacionalidad de la producción del tomate riñón, permitiendo que el país se provea de esta hortaliza durante todo el año. Contrariamente, los productores de la Costa Ecuatoriana, emplean

los sistemas de cultivo a campo abierto, utilizando tecnologías mejoradas, como los sistemas de riego, fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades lo que ha generado que el tomate riñón gané espacio. La Península de Santa Elena y Daule son los principales cantones productores de tomate riñón a campo abierto, cuyo destino es la industria.

1.2. Secado

Las primeras noticias de secado se refieren a verduras, y aparecieron en el siglo XVIII ⁽⁵⁾, por este motivo se considera el secado como uno de los procesos de preservación de alimentos más antiguos. Es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas y enzimáticas. Los modernos métodos de secado buscan otros fines aparte de la preservación como lo son reducción de peso y volumen del alimento, facilidad en el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte. Un producto deshidratado se define como el producto que no contiene más del 2.5% de agua (base seca), mientras que el alimento seco es todo aquel producto alimenticio que ha sido expuesto a un proceso de

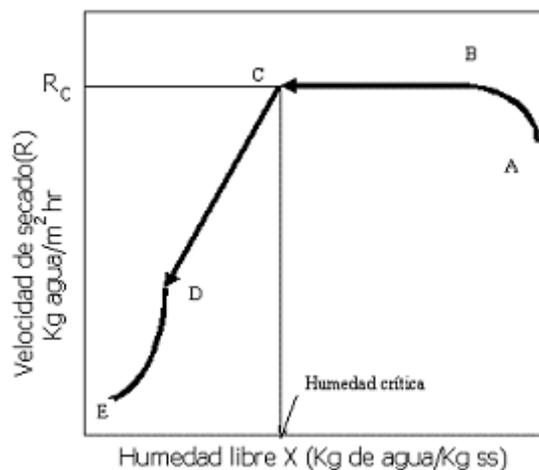
eliminación de agua y que contiene más del 2.5% de agua (base seca)⁽⁶⁾. La deshidratación de alimentos no sólo afecta su contenido de agua sino que además produce cambios físicos (encogimiento, endurecimiento), químicos (valor nutritivo, estabilidad de almacenamiento, velocidad de reconstitución) y sensoriales (color, sabor, textura) en los alimentos. Cabe recalcar, que ciertos cambios dependen de la composición del alimento a secarse y de la severidad del método de secado. Algunas de las características utilizadas para describir a los alimentos secos son: actividad de agua, isothermas de adsorción, deterioro microbiano, reacciones enzimáticas, fenómenos físicos y estructurales y destrucción de nutrientes, aroma y gusto.

En la operación de secado intervienen dos fenómenos fundamentales, que son: la transferencia de calor que aporta la energía necesaria para la transformación del agua en vapor y la transferencia de vapor de agua a través y fuera del alimento. El término vapor en la mezcla agua- aire está relacionado con el agua y el término gas con el aire.

Curvas de Secado.

El comportamiento al secado de sustancias higroscópicas como los alimentos, es muy complejo e incluso variable de un alimento a otro.

Este comportamiento puede estudiarse experimentalmente en diversos tipos de secadores, midiendo la pérdida de peso de un producto sólido en el curso del tiempo, en función de diferentes parámetros (por ejemplo velocidad, temperatura y humedad del aire secado). La curva típica de secado se da por la velocidad de secado en función del contenido de agua del producto, como se muestra en la figura 1.3.



Cuadro 1.3 Curva Típica de Secado

FUENTE: Toledo, R. T. Fundamentals of Food Process Engineering.

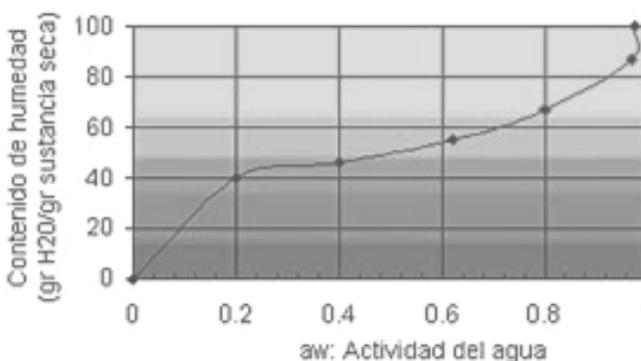
La velocidad de secado no es la misma durante todo el proceso. Esto quiere decir, que la eliminación de agua se efectúa en una serie de etapas en las que la velocidad de secado es diferente. En el cuadro 1.3

se representa una posible curva de secado, en donde el producto se encuentra inicialmente en el punto A. La etapa inicial de secado (AB), ocurre mientras el producto y el agua se van calentando lentamente. Posteriormente, en la etapa (BC), llamada fase I o fase de velocidad constante de secado, se produce una gran disminución del contenido de agua, manteniéndose la velocidad constante; esta etapa finaliza cuando se alcanza la denominada humedad crítica W_c , fácilmente identificable en las curvas de secado por el cambio brusco de la misma. Finalmente aparece la fase II denominada fase de secado a velocidad decreciente (CD), donde la velocidad empieza a descender, pudiendo existir uno o varios periodos de velocidad decreciente.

La fase I de secado siempre es mucho más corta que la fase a velocidad decreciente. Es necesario determinar las duraciones de secado mediante pruebas experimentales en planta piloto, debido a que no existen ecuaciones que proyecten resultados satisfactorios, porque se debe tener en cuenta muchos factores como la velocidad de secado, dimensiones del producto y las isothermas de sorción del alimento.

1.2.1. Isotermas de Adsorción

Las isotermas de adsorción muestran la relación gráfica entre la actividad del agua (a_w) y la humedad de equilibrio (X_e) contenida en un producto alimenticio, a una temperatura y presión constante (Cuadro 1.4). En equilibrio la actividad de agua es igual a la humedad relativa del aire que rodea al producto. Las isotermas en alimentos brindan información para la optimización del proceso de secado, la selección del material de empaquetamiento, la predicción de la vida útil del producto y de la evolución en el contenido de humedad durante el almacenamiento.



Cuadro 1.4 Isoterma de adsorción del agua

FUENTE: www.waste.idel.es

Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) de un alimento o solución se define como la relación entre la presión de vapor del agua del alimento y la presión del agua pura a la misma temperatura.

$$a_w = \frac{p}{p_0}$$

Donde:

p = presión de vapor de agua en el sistema.

p_0 = presión parcial de vapor del agua a la misma temperatura.

La actividad de agua es uno de los parámetros más importantes para la conservación de los alimentos, nos indica la disponibilidad de agua en un alimento para que existan reacciones químicas, bioquímicas y desarrollo microbiano. Por esto, es usado como indicador para predecir la vida útil de un alimento.

La probabilidad de deterioro de un alimento depende del valor de actividad de agua que este presente, es decir, los productos con un

valor de actividad de agua igual a 0.3 son estables frente a la oxidación de lípidos, actividad enzimática, pardeamiento no enzimático y desarrollo microbiano, y productos con una actividad de agua igual o superior a 0.98 están expuesto al crecimiento de cualquier tipo de microorganismos causantes de intoxicaciones alimentarias.

1.3. Descripción del Tomate Deshidratado

En la actualidad, la tendencia de consumo de productos deshidratados va en aumento, la introducción al mercado de tomates deshidratados ha desarrollado una nueva era en el consumo de este tipo de producto. Su valor nutricional aporta grandes beneficios a nuestro organismo y si este se deshidrata, dichas propiedades nutritivas se concentran y las bondades son superiores. Estudios realizados por Horticulture Australia Limited (HAL) nos indican que en el año 2002 aproximadamente el 20% de la producción de tomate está destinada para la elaboración de tomate deshidratado⁽⁷⁾.

Los tomates deshidratados son usados cada vez con mayor frecuencia a nivel mundial por ser ingredientes de una diversidad de platos y por la

extensión de su vida útil. Los tomates que han pasado por el proceso de deshidratación tienen diversas presentaciones, los encontramos secos como tal o hidratados con aceite, aceite de oliva, vinagre, agua, etc. Además existen estudios que revelan que el tomate deshidratado presenta un carbohidrato orgánico denominado Fruhis, el cual tiene efectos protectores contra el tumor de próstata, uno de los tumores que más mortalidad causa entre los hombres⁽⁸⁾.

El tomate deshidratado se trata de un producto que ha pasado por un proceso térmico para eliminar la mayor cantidad de agua posible. El tomate es secado en forma natural o en túneles de secado. En el proceso los tomates son clasificados, lavados, cortados y sin semillas, expuestos a diversos pretratamientos, y posteriormente se procede a deshidratarlos ⁽⁹⁾.

1.4. Pre tratamientos Utilizados antes del Secado

1.4.1. Metabisulfito de Potasio

El Meta bisulfito de potasio es un conservante muy utilizado en la industria de alimentos, pertenece a la familia de los sulfitos que tienen la función de liberar, en soluciones acuosas, ácido sulfuroso, iones sulfito y bisulfito en diferentes proporciones dependiendo del pH. Son polvos y cristales con una alta solubilidad en agua (la menor es de 250 mg/ml), por lo que se aplican en un gran número de alimentos sin ningún problema. La adición de meta bisulfito de potasio y sales sulfurosas se realiza con el fin de evitar la proliferación de organismos indeseables, así como también se utilizan como conservante en derivados de frutas. Los sulfitos actúan como antioxidantes, inhibiendo las reacciones de oscurecimiento producidas por ciertas enzimas en vegetales y crustáceos.

1.4.2. Cloruro de Sodio

El cloruro de sodio o comúnmente llamado sal es un compuesto químico que lo podemos encontrar en forma natural en algunas regiones del mundo. Desde hace algún tiempo la sal fue una gran

solución para conservar los alimentos dificultando la vida de los microorganismos. El cloruro de sodio por medio de la osmosis, tiene la capacidad de atraer el agua de los alimentos, esto produce la deshidratación de los tejidos e impide el crecimiento de las bacterias responsables de su descomposición. La cantidad de sal a utilizar es alta y varía en los diferentes alimentos.

1.4.3. Cloruro de Calcio

El cloruro de calcio es una sal de bajo peso molecular que aumenta ligeramente la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto en soluciones osmóticas. Este efecto se atribuye a una asociación que presenta el calcio, en el caso de frutas, con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta. ⁽¹⁰⁾. Además se incorporan iones de calcio a la fruta, aumentando su concentración en la misma, que puede ser utilizado como una fuente de calcio.

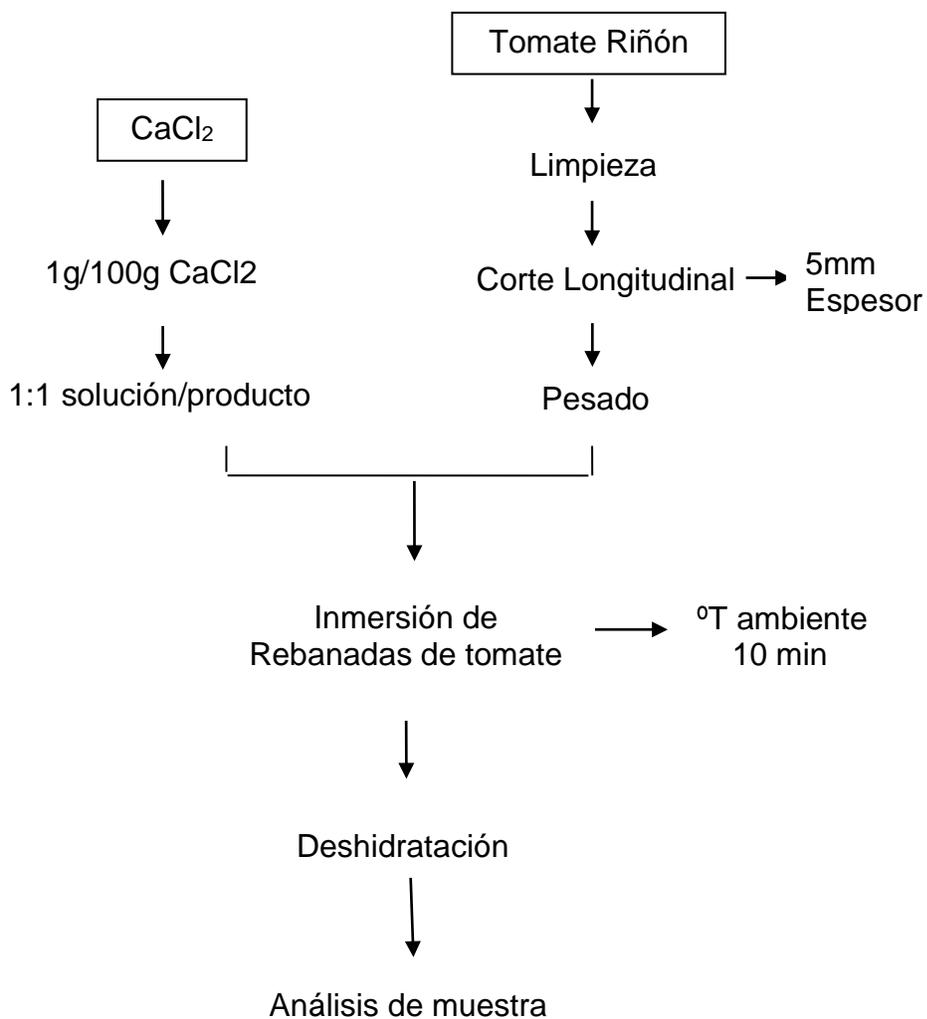
CAPITULO 2

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Diseño Experimental

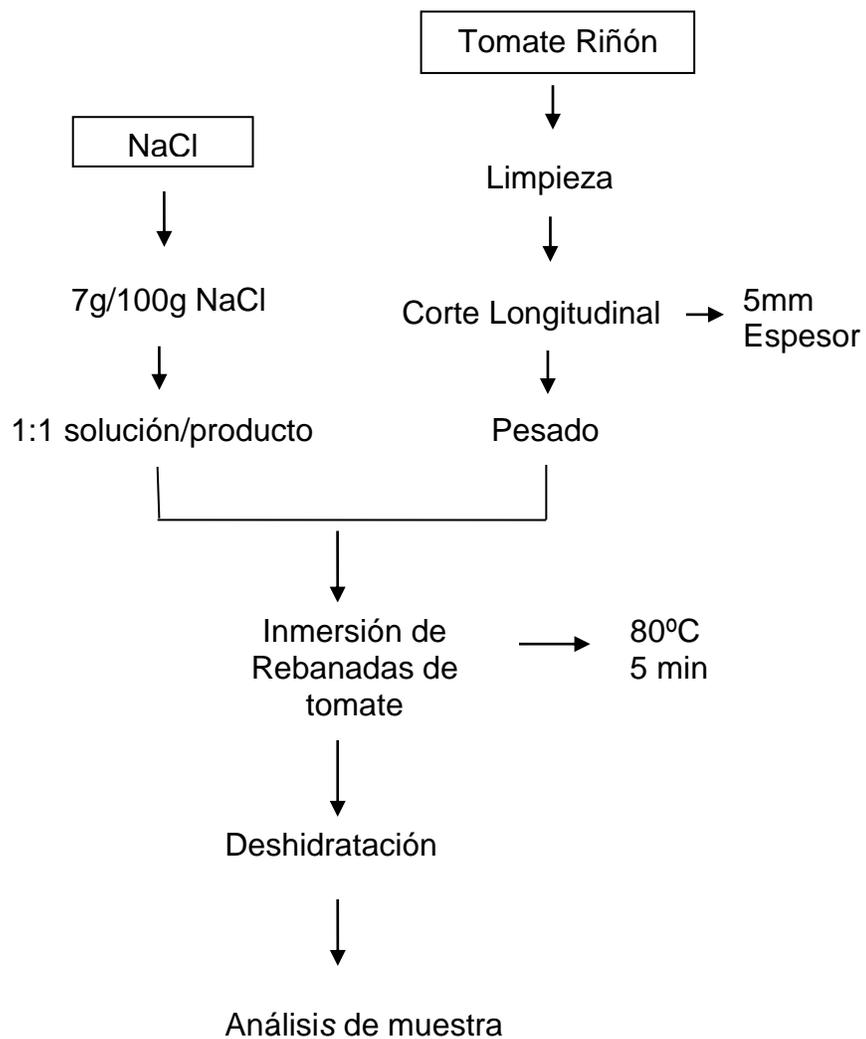
2.1.1. Determinación de Parámetros

Los pre-tratamientos y el proceso de secado del tomate riñón cursaron por una serie de pasos, para lograr la determinación de parámetros necesarios en los cálculos. Los Cuadros 2, 3, 4, 5 y 6 son una breve descripción de todo el proceso efectuado en las pruebas experimentales.



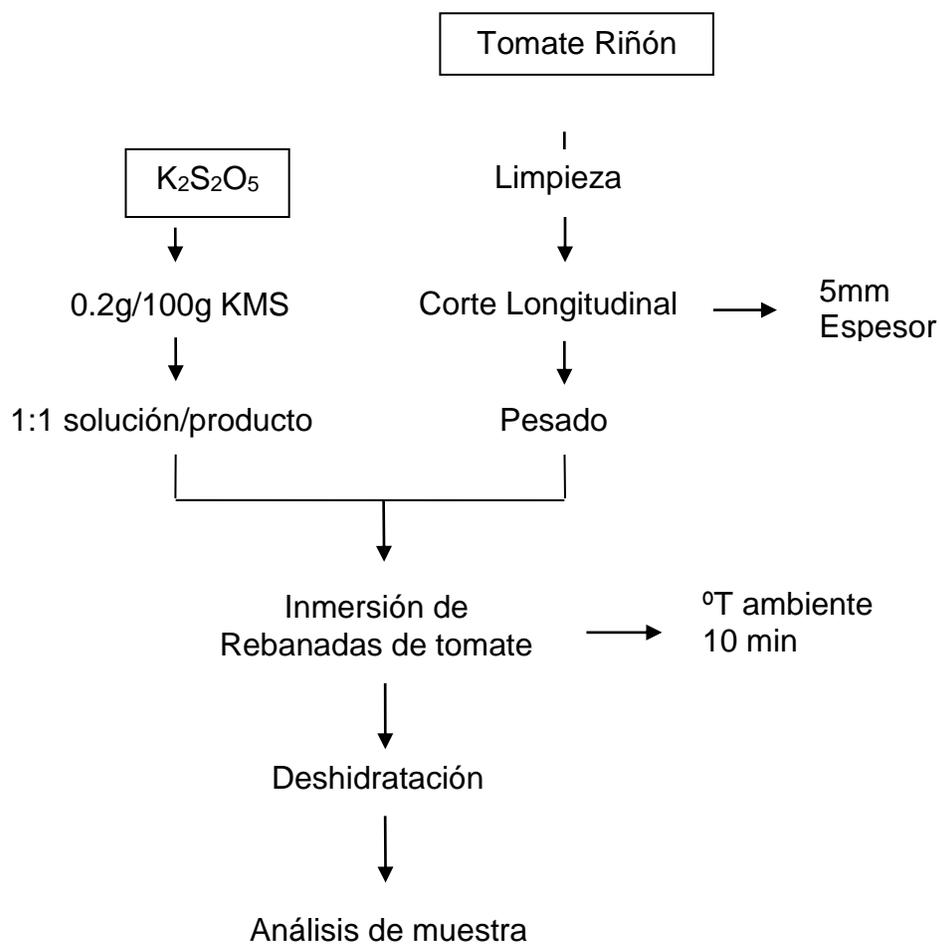
Cuadro 2.1 Esquema del proceso de Secado con Cloruro de Calcio

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.



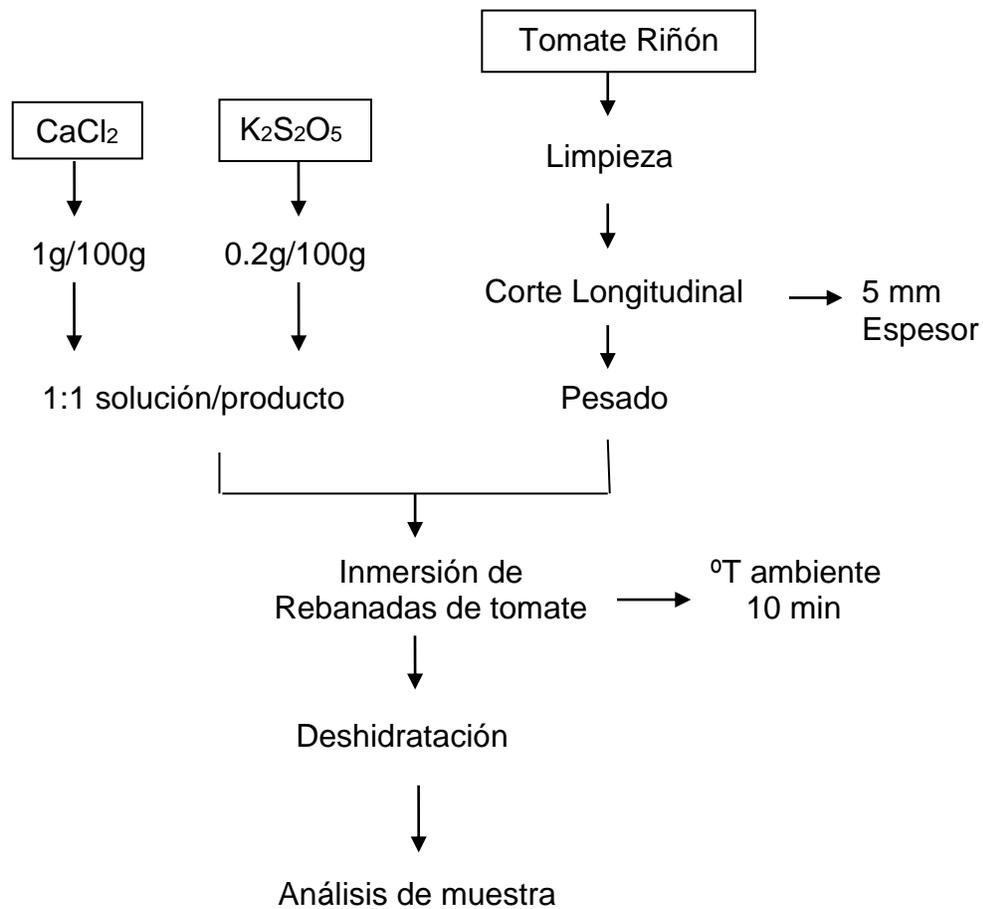
Cuadro 2.2 Esquema del proceso de Secado con Cloruro de Sodio

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.



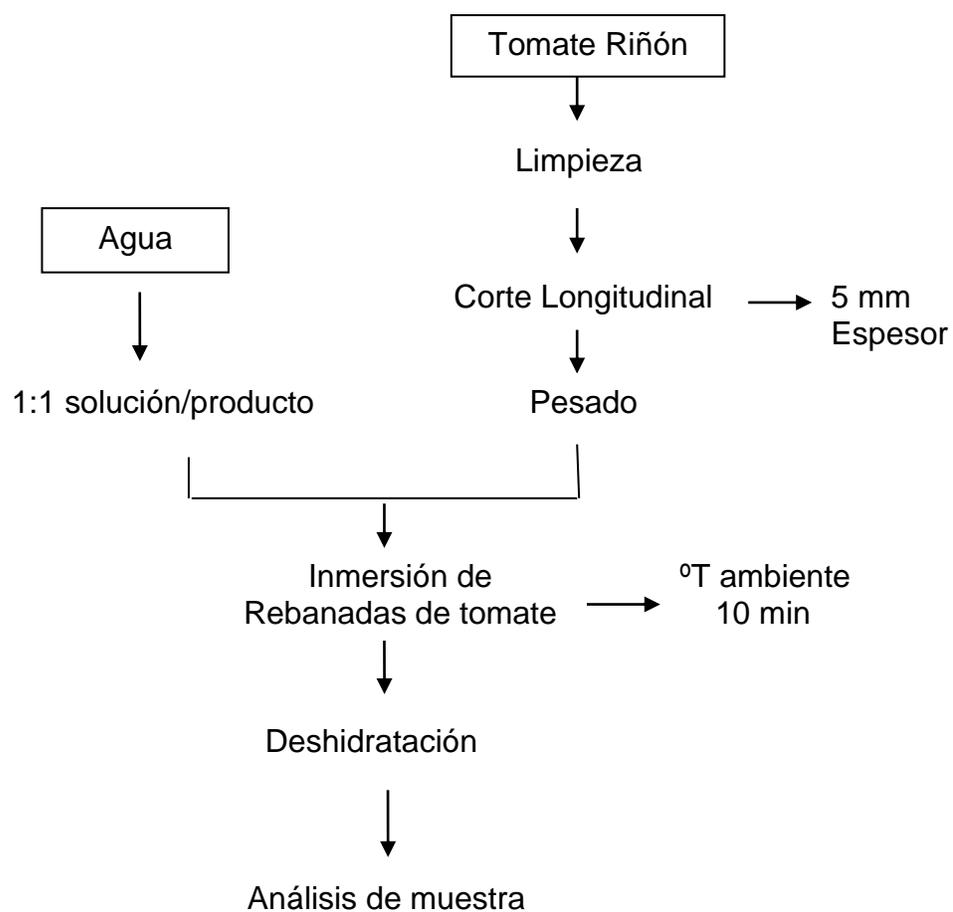
Cuadro 2.3 Esquema del proceso de Secado con Meta bisulfito de Potasio

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.



Cuadro 2.4 Esquema del proceso de Secado con Meta bisulfito de Potasio y Cloruro de Calcio

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.



Cuadro 2.5 Esquema del proceso de Secado (Muestra Control)

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

2.2. Materiales

2.2.1. Caracterización de la materia prima.

Los tomates de la variedad riñón fueron obtenidos de los supermercados locales. Se eligieron tomates de consistencia firme y libre de magulladuras. Para la mejor selección de la materia prima se tomaron en cuenta parámetros físico-químicos como sólidos solubles, color, pH y acidez (Tabla 4). El peso promedio de los tomates a utilizados en las pruebas fue de 15 ± 1 g.

Tabla 4

Caracterización de la Materia Prima				
Tomate Riñón	° Brix	Ph	Acidez (%)	Color*
Verde	3	3,950	0,3712	389C
Pintón	4	4,002	0,448	143C
Maduro	4	4,113	0,56	1788C

*Especificador PANTONE.

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

El tomate riñón más óptimo para la experimentación fue el tomate maduro; esto se debe a sus características físico químicas además

de su estructura celular la cual está completamente desarrollada para esta etapa permitiendo que su porcentaje de humedad sea mayor. Estos tomates fueron seleccionados y lavados con abundante agua para remover cualquier tipo de contaminante como tierra u otro desecho que pueda traer, seguidamente fueron cortados en rebanadas de espesor de 5 mm y de esta manera quedan listos para los posteriores tratamientos.

2.2.2. Aditivos.

Las rebanadas de tomate fueron expuestas a cuatro pretratamientos con diferentes sales inorgánicas antes del proceso de deshidratación, los tres tipos de sales con las que se trabajó fueron: Meta bisulfito de Potasio, Cloruro de Calcio y Cloruro de Sodio, además de una combinación de Meta bisulfito de Sodio con Cloruro de calcio y la muestra control.

Todas las sales utilizadas fueron de grado alimenticio (USP) y obtenidas a través de su compra en los distribuidores autorizados.

Las concentraciones de sales, temperaturas y tiempos fueron tomadas para esta experimentación de estudios preliminares. En general, para todos los pre tratamientos se uso una relación 1:1 solución/producto. (Tabla 5)

Tabla 5

Concentraciones de Sales

Sal	Nomenclatura	[] utilizada g/100g de solución	Tiempo de Aplicación	° T
Meta bisulfito de Potasio	$K_2S_2O_5$	0,2	10 min	28°C
Cloruro de Calcio	$CaCl_2$	1	10 min	28°C
Meta bisulfito de Potasio + Cloruro de Calcio	$K_2S_2O_5 + CaCl_2$	0,2 1	10 min	28°C
Cloruro de Sodio	$NaCl$	7	5 min	80°C
Muestra Control	—	—	10 min	28°C

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

2.3. Métodos

2.3.1. Isotermas de Desorción

Se realizaron isotermas del tomate fresco, con cinco diferentes tipos de sales por duplicado, utilizando el método del equilibrio isopiéstico a temperatura constante de $32 \pm 2^\circ\text{C}$.

Las sales con su respectivo valor de actividad de agua (a_w) usadas para el proceso de isotermas se muestran en el Tabla 5.

Tabla 6
Sales y su a_w

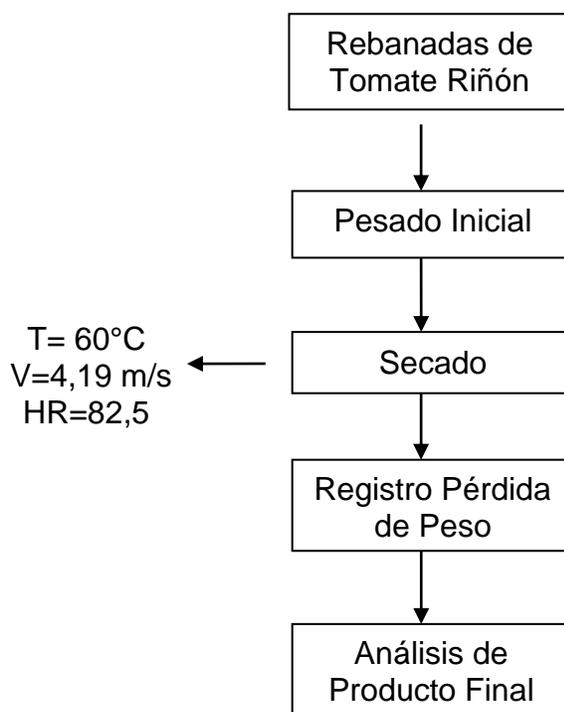
Sales	a_w
Nitrato de Potasio	0.97
Cloruro de Potasio	0.88
Nitrato de Sodio	0.78
Carbonato de Potasio	0.43
Hidróxido de Sodio	0.09

FUENTE: Elaborado por: Valeria Guzmán J.

2.3.2. Secado

El proceso de secado se lo llevo a cabo en el secador tipo cabina a pequeña escala, con una velocidad de aire de 4m/s y temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$ para todas las rebanadas de tomate.

En la Figura 5 se especifica el esquema o procedimiento de secado. Inicialmente las rebanadas de tomate son pesadas luego de cada pre tratamiento. Antes de ingresar las muestras al secador; se mide la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente. Durante los primeros 30 minutos de secado se toman pesos de la muestra cada 5 min y luego, se toman los pesos cada 10 min, así hasta llegar a un peso constante. Finalmente se analiza el producto obtenido.



Cuadro 2.6 Esquema general del proceso experimental del Secado

Para los cálculos y análisis, de los datos experimentales obtenidos en el proceso de secado, se usaron las ecuaciones siguientes (11):

Velocidad de secado

$$Rc = - \frac{Ws}{A} \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Donde,

Rc : Velocidad de Secado Kg H₂O/ h m²

Ws : Peso de Sólido Seco usado.

A : Área superficial expuesta al secado.

ΔX : Diferencial de las humedades libres medias.

Δt : Diferencial del tiempo en horas.

$$X = Xt - X * \quad (2.2)$$

Donde,

X : Humedad libre (g)

X_t : Humedad en Base Seca

X^* : Humedad en Equilibrio

$$X_t = \frac{W_i - W_s}{W_s} \quad (2.3)$$

Donde,

X_t : Humedad en Base Seca.

W_i : Peso Inicial de la Muestra.

W_s : Peso de sólidos secos.

2.3.3. Análisis Físico Químico

pH

Siguiendo el procedimiento de las normas INEN 389, se determinaron los valores de pH. Los resultados para cada muestra se presentan en la Tabla 4.

Acidez

Para el cálculo de la acidez titulable se siguió el procedimiento de las normas AOAC, el número correspondiente a esa norma es el 942.5 (2000).

° Brix.

La cantidad de sólidos solubles fueron determinados por medio de las AOAC, 1990.

Análisis Sensorial

A partir de una escala hedónica estructurada se analizó el sabor, color, olor y textura del tomate deshidratado. Estas evaluaciones sensoriales se las efectuó por medio de pruebas de nivel de agrado. A continuación se presenta la escala hedónica con la que se trabajo.



Donde,

1 ---- Muy Agradable

2 ---- Agradable

3 ---- Ni Agradable Ni Desagradable

4 ---- Desagradable

5 ---- Muy Desagradable

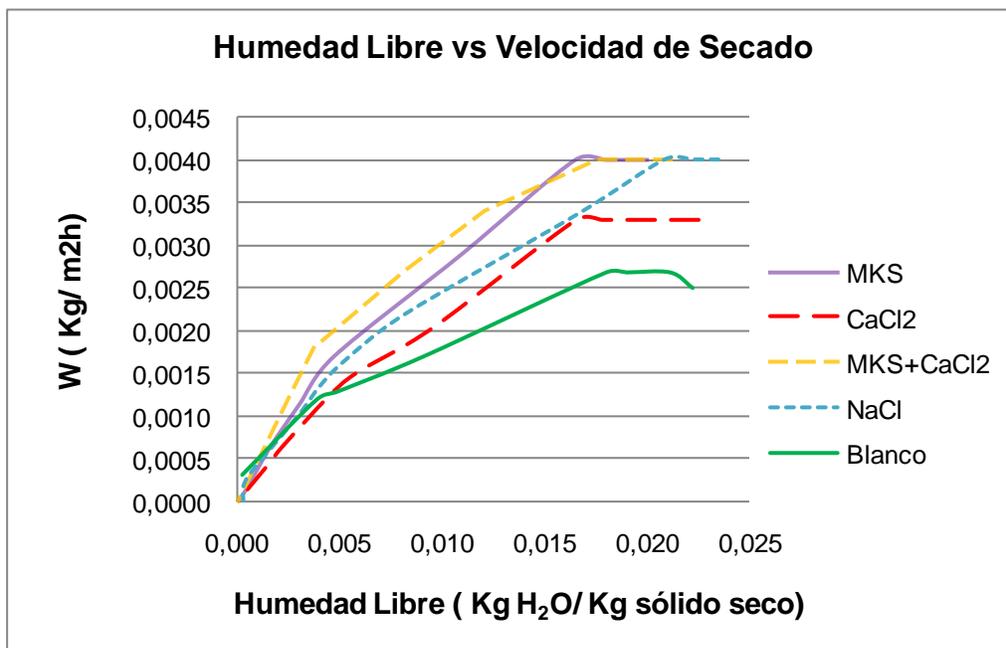
Se formo un panel integrado por 30 personas de edades entre 15-35 años. El formato de encuestas se presenta en el Anexo A, B, C y D. Los resultados de las encuestas fueron analizados por varianza.

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. Efecto de los pretratamientos en la velocidad de secado

Para analizar los efectos que originan los pre-tratamientos durante el proceso de secado del tomate, se realizaron diversos cálculos (ecuaciones 2.1; 2.2; 2.3) que permitirán verificar si el uso de estas sales afecta o no en el proceso de velocidad de secado del tomate (Cuadro 3.1).



Cuadro 3.1 Curvas de Humedad Libre vs W para todos los pre Tratamientos.

En el cuadro 3.1, se distinguen las etapas de secado para los cuatro diferentes pre- tratamientos a más de la muestra control. Inicialmente se observa la etapa de inducción, fase de calentamiento inicial del producto, la cual no existe para las muestras tratadas con meta bisulfito de potasio, cloruro de calcio, meta bisulfito de potasio más cloruro de calcio y cloruro de sodio. Al contrario de la muestra control en la que si se puede distinguir esta corta etapa de secado. Esto indicaría que durante el remojo de los tomates en las soluciones, se eliminó el agua

superficial, tal vez debido a un proceso de deshidratación osmótica; y esto se demuestra en la Tabla 7.

Tabla 7
Registro de Perdidas de peso durante Pre-tratamientos

Pre tratamientos	Tomate	
	Pesos inicial (g)	Peso final (g) *
Metabisulfito de Potasio	13.8	12.6
	13	11.9
Cloruro de Calcio	14.7	14
	13.5	13
Cloruro de Sodio	14.5	11.9
	15.2	13.4
Metabisulfito de Potasio	18.6	17.7
Cloruro de Calcio	14.9	14.5
Blanco	15	14.9
	13.8	13.4

* Peso final despues de aplicar los pre taratamientos.

FUENTE: Elaborado por: Valeria Guzmán J.

Luego se analiza una etapa de mayor prolongación (velocidad constante de secado) para las muestras tratadas con cloruro de calcio y la combinación de meta bisulfito de potasio más cloruro de calcio. Se puede establecer que existió una mayor remoción de humedad libre

(agua no ligada) durante el proceso para estas muestras en esta etapa. Esto se puede fundamentar debido a las propiedades que posee el CaCl_2 , permitiendo que la evaporación de la superficie mojada de la muestra sea rápida y así el agua menos ligada se renueve continuamente por difusión rápida desde el interior. Además, por la composición molecular del cloruro de calcio es más fácil que capte las moléculas de agua haciéndolas más libres y fácil de eliminarlas.

Inmediatamente se observan las etapas de velocidad decreciente; en la primera fase de velocidad decreciente, las curvas de meta bisulfito de potasio, meta bisulfito de potasio más cloruro de calcio presentan una pendiente mayor en comparación con las otras tres muestras, es decir la velocidad de secado es mayor en este periodo. Se establece que, por las diferentes formas de ligar el agua que poseen el tomate, las uniones débiles que existen se rompieron con facilidad, permitiendo la salida del agua a la superficie, lo que ocasiona una disminución de la velocidad de secado.

Finalmente, para la segunda etapa de velocidad decreciente se observa, para todas las muestras, la disminución de velocidad de secado con mayor rapidez hasta llegar a una humedad de equilibrio cercana a cero.

Se puede deducir que el cloruro de calcio y su combinación con meta bisulfito de potasio, son las sales con mayor efecto positivo en la velocidad de secado del tomate, es decir ayudan a una mayor remoción de agua, permitiendo que el proceso de secado sea más eficiente.

3.2. Efecto de los pretratamientos en las características sensoriales del producto final.

Para evaluar los efectos de los pre-tratamientos sobre las características sensoriales del producto final, se realizaron pruebas con el fin de determinar el grado de satisfacción del consumidor. Los parámetros a medirse fueron: sabor, color y olor del tomate deshidratado. Los

resultados de las medias totales del método estadístico aplicado se expresan en la Tabla 8.

Tabla 8
Resultados de Media en el Análisis Estadístico

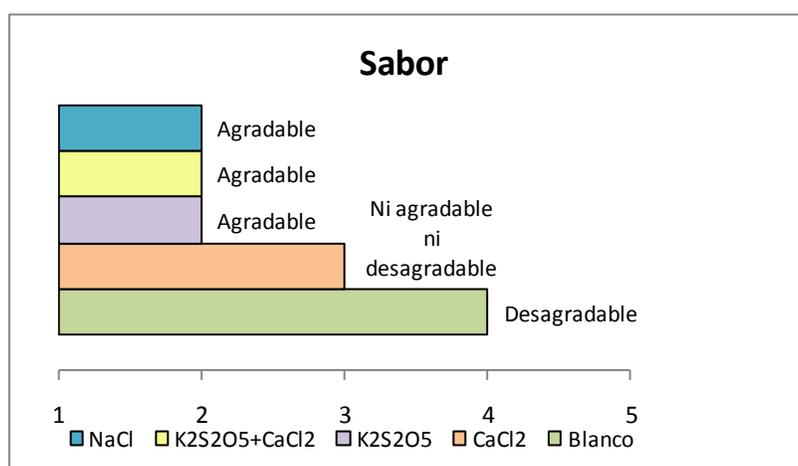
Sabor				
C 2 ^a	D 2 ^a	A 2 ^a	B 3 ^b	E 4 ^c
Color				
A 1 ^a	B 2 ^b	C 2 ^b	D 3 ^c	E 4 ^d
Olor				
A 3 ^a	B 3 ^a	C 3 ^a	D 3 ^a	E 3 ^a
A: K ₂ SO ₄ ; B: CaCl ₂ ; C: K ₂ SO ₄ +CaCl ₂ ; D: NaCl; E: Control				

a,b,c,d : Los valores medios con subíndices diferentes son significativamente diferentes al 1% .

Fuente: Elaborado por: Valeria Guzmán J.

Se trabajo con un nivel de significancia ∞ 1%. La Tabla 8 nos indica que para, el factor sabor, no existe una diferencia significativa, entre las muestras A, C y D, pero si difieren entre las muestras B y E. Esto indica que las sales usadas para las tres muestras antes mencionadas tuvieron el mismo efecto en el sabor para la población encuestada. Para el color

de los tomates, se presentan diferencias significativas en todas las muestras excepto entre las muestras B y C. Mientras que para el olor no se diferenciaron entre sí de manera significativa ninguna muestra.

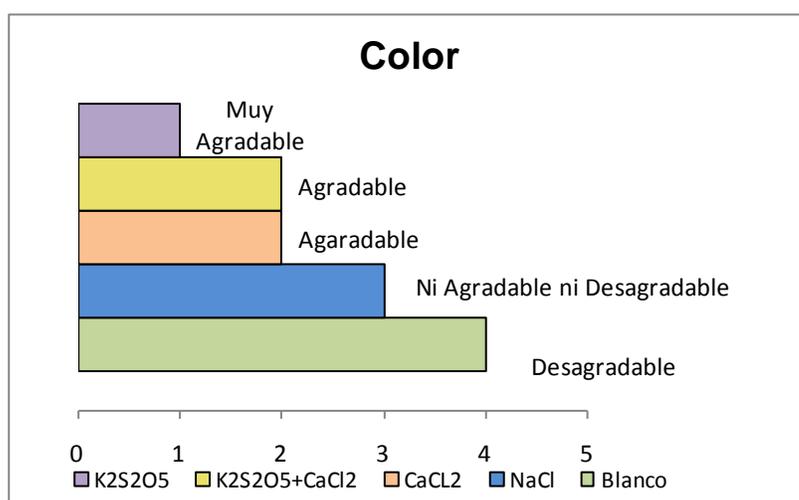


Cuadro 3.2. Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos.

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

En el cuadro 3.2, se distingue que las muestras con cloruro de sodio, meta bisulfito de potasio y la mezcla de meta bisulfito de potasio con cloruro de calcio, presentan un sabor agradable para los jueces no entrenados. Las muestras con cloruro de calcio revelan para los panelistas un sabor indiferente, es decir ni agradable ni desagradable

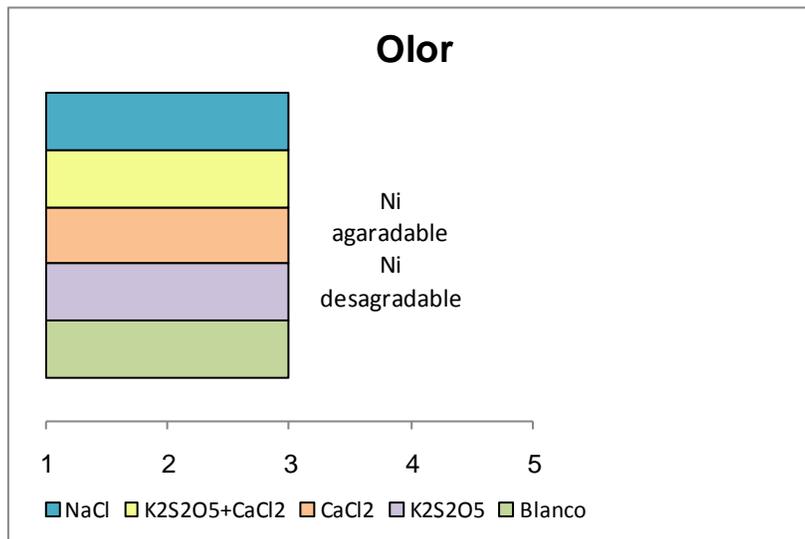
y por último la muestra control, presentó un sabor desagradable para los jueces. Esto indicaría que los pre-tratamientos si favorecen en el sabor del producto deshidratado.



Cuadro 3.3 Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos.

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

En lo que se refiere al color de las muestras analizadas, el cuadro 3.3 indica que el meta bisulfito de potasio, por su acción conservante, conservó el mejor color de todas las muestras presentadas, seguidas del cloruro de calcio y la combinación de meta bisulfito y cloruro de calcio.



Cuadro 3.4 Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos.

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

En el cuadro 3.4, se observa que las sales aplicadas como pretratamientos no causan ningún efecto sobre esta característica, ya que para la población evaluada, el olor que presentaban las muestras era muy leve al olor característico del tomate.

3.3. Efecto de los pretratamientos en la textura y encogimiento del producto final.

Textura

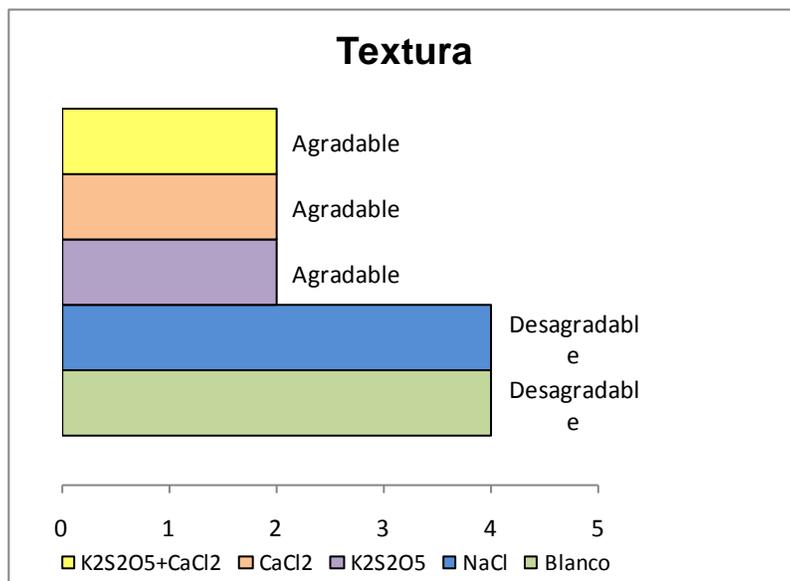
Para calificar la textura de las muestras se utilizaron también evaluaciones sensoriales, las respuestas dadas por los jueces no entrenados fueron analizadas por varianza, con un nivel de significancia del 1%.

Tabla 9
Resultados de Media en el Análisis Estadístico

Textura				
A 2 ^a	B 2 ^a	C 2 ^a	D 4 ^b	E 4 ^b
A: K ₂ SO ₄ ; B: CaCl ₂ ; C: K ₂ SO ₄ +CaCl ₂ ; D: NaCl; E: Control				

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

En la Tabla 9, se observa que las muestras tratadas con meta bisulfito de potasio, cloruro de calcio y su combinación, no presentaron una diferencia significativa, es decir, que dichas sales causaron el mismo efecto en la textura de producto. Además de las muestras D y E que tampoco demostraron una diferencia significativa entre sí.



Cuadro 3.4 Diagrama de Pareto de los resultados obtenidos.

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

El cuadro 3.4 nos permite analizar que la mayor parte de los jueces prefirió la textura de los tomates expuestos a meta bisulfito de potasio y cloruro de calcio, por presentar una textura más firme, resistente y a la vez crujiente; al contrario de las muestras tratadas con cloruro de calcio y la muestra control que mostraron una textura más frágil, blanda y poco crujiente.

Encogimiento.

Para evaluar esta característica, inicialmente se procedió a medir la superficie y espesor de cada rebanada de tomate a usarse. En la tabla 10 se presentan las medidas correspondientes de todas las muestras para cada pre tratamiento.

Tabla 10

Superficie y Espesor de Rebanadas de Tomate

Sal	Superficie (cm)		Espesor (cm)
	Inicial	Final	Inicial
MKS	6,05	4,15	0,90
CaCl ₂	6,20	4,25	0,90
MKS+CaCl ₂	6,00	4,50	0,70
NaCl	5,85	3,90	0,65
Blanco	6,00	3,50	0,85

FUENTE: Elaborado por Valeria Guzmán J.

Se calculó el área inicial y final de las rebanadas de tomate, es decir antes y después del proceso de secado, la reducción del área de cada muestra se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11
Áreas y Reducción de las Muestras

Sal	Area Total Inicial	Area Total Final	Reducción del % de Area
MKS	45,9	13,5	70,5
CaCl ₂	47,7	14,2	70,3
MKS+CaCl ₂	41,5	15,9	61,6
NaCl	38,8	11,9	69,2
Blanco	44,3	9,6	78,3

FUENTE: Elaborad por Valeria Guzmán J.

Al tratarse de un producto como el tomate es razonable que se redujera considerablemente el área de cada muestra secada, ya que sabemos que posee aproximadamente un 95% de humedad total. Pero según los cálculos realizados la muestra control presentó una reducción del porcentaje de área de mayor proporción, por lo que podemos decir que ningún pre tratamiento afecto en si a la reducción del área de las rebanadas de tomate, caso contrario, lo que se puede deducir es que ayudaron a mantener la forma inicial de las rebanadas de tomate sin deformarlas significativamente.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El proceso de deshidratación del tomate variedad riñón se llevo a cabo usando tres diferentes tipos de sales inorgánicas (Meta bisulfito de Potasio, Cloruro de Calcio y Cloruro de Sodio). Cada una de estas sales fue usada como pre-tratamientos aplicadas a las rebanadas de tomate en cantidades y tiempos específicos.
2. Se determino por medio de las curvas de velocidad de secado, que las sales inorgánicas aplicadas como pre tratamientos, afectan en la velocidad de secado del producto, produciendo una mayor remoción del agua en sus diferentes etapas.

3. Las sales causan también efectos sobre las características sensoriales del producto final, determinando que el meta bisulfito de potasio, cloruro de calcio y cloruro de sodio son las más recomendables para lograr y mantener un sabor característico y agradable del tomate seco.
4. Para preservar ese color específico del tomate, las sales a usarse deben ser el meta bisulfito de potasio y cloruro de calcio. Estas sales además lograron mantener una textura agradable de las muestras.
5. El área del tomate se redujo notablemente en las muestras tratadas, sin embargo la muestra control presento una mayor reducción, por lo que se puede concluir que las sales si ayudaron a mantener la forma inicial de las rebanadas de tomate sin deformarlas significativamente.
6. Por sus propiedades conservantes y su composición molecular se seleccionan al meta bisulfito de potasio y cloruro de calcio como los pre-tratamientos más ventajosos tanto para el proceso de deshidratación del tomate como para conservar su sabor, color y textura.

7. El cloruro de sodio no causó ni un efecto notable en su aplicación como pre-tratamiento, por lo que se concluye que no es realmente necesario en el proceso de secado, tampoco es útil para mantener o preservar las características sensoriales del producto final.
8. Se recomienda realizar las pruebas usando nuevas proporciones en las combinaciones de meta bisulfito de potasio y cloruro de calcio, ya que ambas sales por separado tiene un logro positivo sobre las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado.
9. Es importante el uso de los pre-tratamientos, principalmente porque influyen positivamente en el proceso de secado, además de permitir que el producto final conserve características organolépticas aceptables y agradables para el consumidor.

APENDICES

ANEXO A

FORMATO DE ENCUESTAS PARA LAS

EVALUACIONES SENSORIALES

Evaluar: Sabor
Prueba: Nivel d Agrado
Producto: Tomate Seco

Nombre:
Fecha:
Edad:

Probar las muestras e identificar el nivel de agrado que le produce cada una de ellas, de acuerdo con la escala presentada.

- 1 Muy Agradable
- 2 Agradable
- 3 Ni Agradable Ni Desagradable
- 4 Desagradable
- 5 Muy Desagradable

Muestras	Puntaje
346	-----
540	-----
831	-----
072	-----
605	-----

ANEXO B

FORMATO DE ENCUESTAS PARA LAS

EVALUACIONES SENSORIALES

Evaluar: Color
Prueba: Nivel d Agrado
Producto: Tomate Seco

Nombre:
Fecha:
Edad:

Probar las muestras e identificar el nivel de agrado que le produce cada una de ellas, de acuerdo con la escala presentada.

- 1 Muy Agradable
- 2 Agradable
- 3 Ni Agradable Ni Desagradable
- 4 Desagradable
- 5 Muy Desagradable

Muestras	Puntaje
346	-----
540	-----
831	-----
072	-----
605	-----

ANEXO C

FORMATO DE ENCUESTAS PARA LAS

EVALUACIONES SENSORIALES

Evaluar: Olor
Prueba: Nivel d Agrado
Producto: Tomate Seco

Nombre:
Fecha:
Edad:

Probar las muestras e identificar el nivel de agrado que le produce cada una de ellas, de acuerdo con la escala presentada.

- 1 Muy Agradable
- 2 Agradable
- 3 Ni Agradable Ni Desagradable
- 4 Desagradable
- 5 Muy Desagradable

Muestras	Puntaje
346	-----
540	-----
831	-----
072	-----
605	-----

ANEXO D

FORMATO DE ENCUESTAS PARA LAS

EVALUACIONES SENSORIALES

Evaluar: Textura
Prueba: Nivel d Agrado
Producto: Tomate Seco

Nombre:
Fecha:
Edad:

Probar las muestras e identificar el nivel de agrado que le produce cada una de ellas, de acuerdo con la escala presentada.

- 1 Muy Agradable
- 2 Agradable
- 3 Ni Agradable Ni Desagradable
- 4 Desagradable
- 5 Muy Desagradable

Muestras	Puntaje
346	-----
540	-----
831	-----
072	-----
605	-----

BIBLIOGRAFIA

- [1] Hennekens, C. H. y Stampfer, M.; Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: results of a prospective analysis cancer. 1999.
- [2] Parra, A., Hernández, J. Fisiología post cosecha de Frutas y Hortalizas, Colombia, 1997.
- [3] Varios Autores; CULTIVO MODERNO DEL TOMATE; Ediciones Mundi Prensa; España, 1989.
- [4] Cendes; Situación y Perspectivas de la Producción Hortícola en el Ecuador. Análisis Sectorial.; Ecuador ,1977.
- [5] Van Arsdel B.; Copley M.; Food dehydration. U.S.A., 1963.
- [6] USDA (United States Department of Agriculture).www.usda.gov.

- [7] H.A.L (Horticulture Australia Limited). www.horticulture.com.au. 2000
- [8] Universidad de Missouri; Tomates contra Cáncer de Próstata
(www.news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid)
- [9] Barbosa, G.; Vega-Mercado, H. Deshidratación de Alimentos. Editorial Acribia S.A.; España, 2000
- [10] Bille, P.; Hiwelepo, P.; Keya, H. Examining the need for the use of calcium chloride in the processing of Gouda cheese made from pasteurised milk. *The Journal of Food Technology in Africa*. 1990.
- [11] Geankoplis, C.J; Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Tercera Edición, Editorial Continental S.A, México, 1998.
- [12] León, J.; Fundamentos botánicos de cultivos tropicales IICA, OEA, Costa Rica, 1998.
- [13] Villarroel, F.; Introducción a la botánica sistemática. Universidad Central del Ecuador; Ecuador 1991.

- [14] Wood R.; Foster L.; Damant A. Analytical methods for Food Additives, Mexico, 2004.
- [15] INIAP. Guía de Cultivos. Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP, 1999.
- [16] Hennekens, C. H. y Stampfer, M.; Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: results of a prospective analysis. *Cancer*. 1999.
- [17] Smith, A. The tomato in America : early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA.1994.
- [18] AOOAC, (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990)
- [19] PANTONE. <http://www.booh-outfit.de/print/download/pantone.pdf>

