

ELABORACION DE POLVO DE TOMATE POR UN METODO MODIFICADO
BASADO EN EL METODO DE SECADO EN CAPA DE ESPUMA (FOAM MAT
DRYING)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencia y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Alimentos

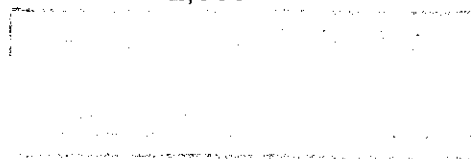
"ELABORACION DE POLVO DE TOMATE POR UN METODO MODIFICADO
BASADO EN LA TECNICA DE SECADO EN CAPA DE ESPUMA (FOAM MAT
DRYING)"

Valesca Faillace Padilla

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Ciencia de los
Alimentos

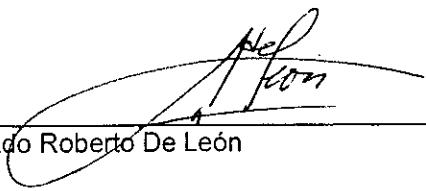
Guatemala

2,000



Vo. Bo. :

(f)

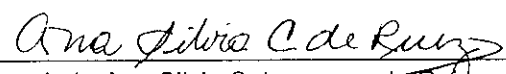

Licenciado Roberto De León
Asesor

Tribunal:

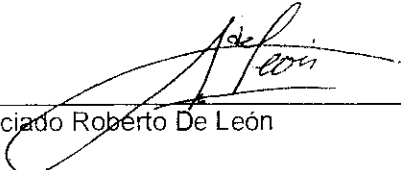
(f)


Licenciada Patricia Palacios de Palomo

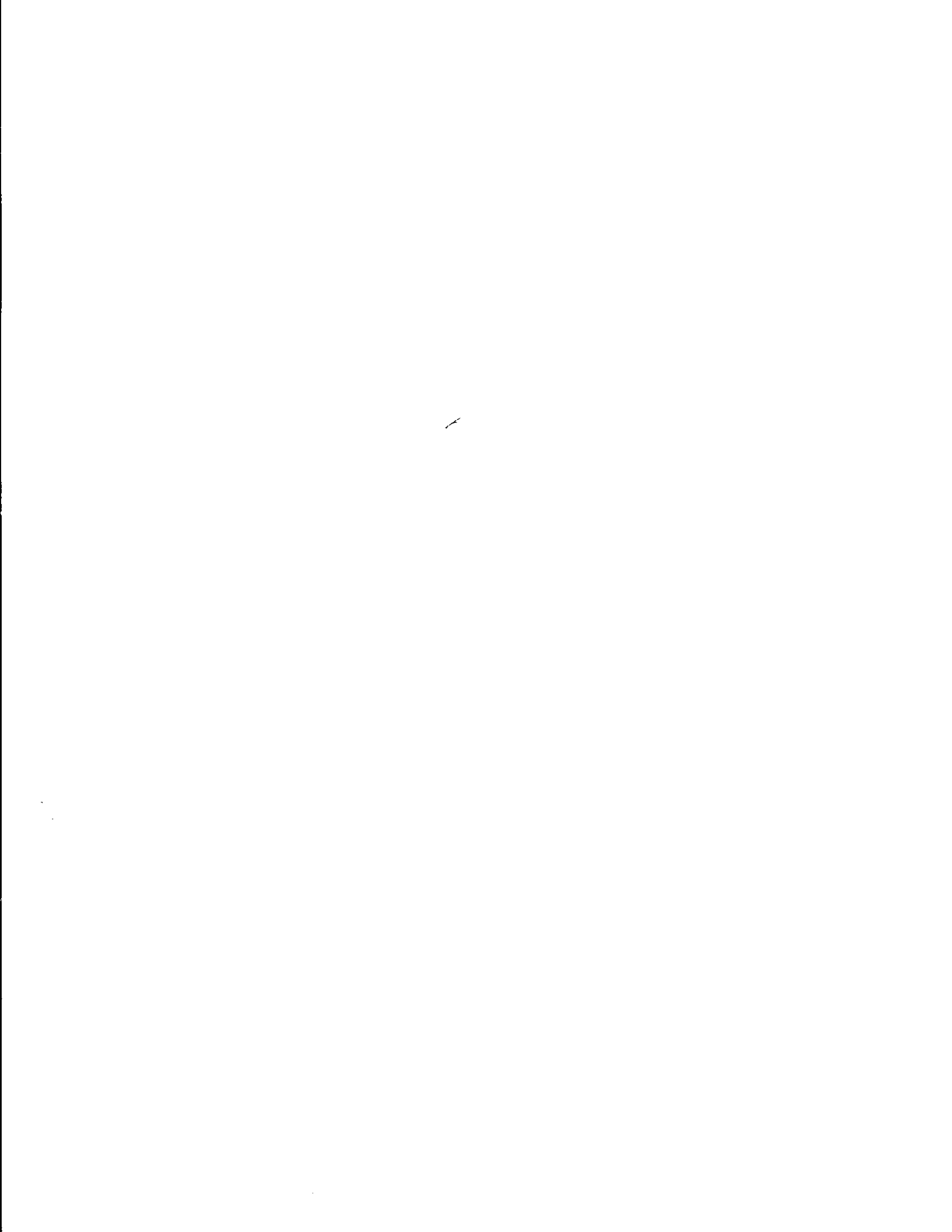
(f)


Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)


Licenciado Roberto De León

Fecha de aprobación: 2 de octubre del 2,000



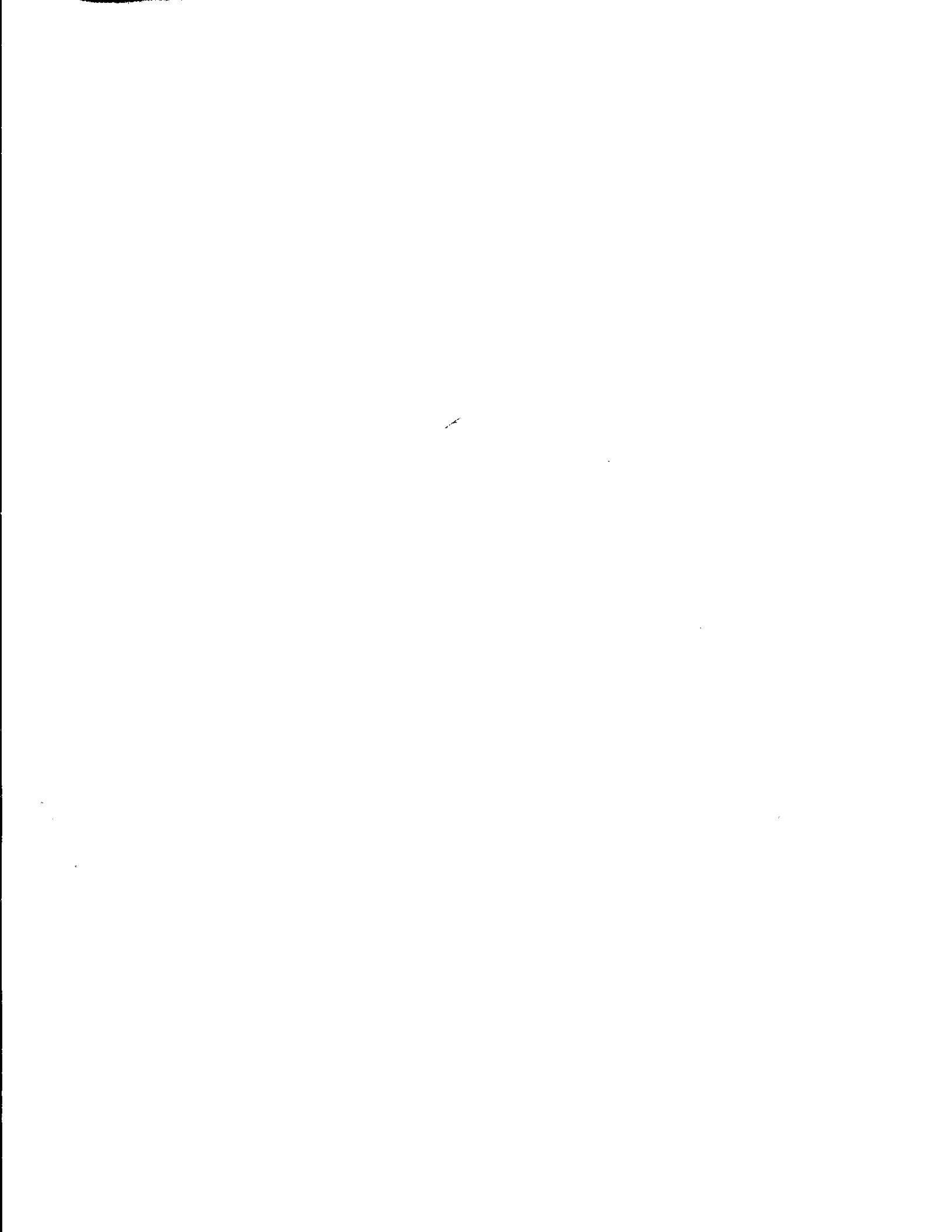
DEDICATORIA

A Dios

A mis padres

A mi familia

A mis amigos



CONTENIDO

	Paginas
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
A. El tomate	2
B. Composición del tomate	2
C. Tomate nacional y situación actual en Guatemala	5
1. Variedades de tomate en Guatemala	6
2. Uso y forma de cultivo para cada uso	6
D. Productos obtenidos de tomate fresco	8
E. Deshidratación de tomate	9
1. Métodos de deshidratación para el tomate	10
a. Secado en capa de espuma	11
2. Deshidratadores usados para fabricar polvo de tomate	15
3. Procesos previos a la deshidratación de tomate	16
4. Factores a considerar en la deshidratación del tomate	17
5. Cambios sufridos durante la deshidratación	19
6. Métodos para asegurar la calidad del polvo obtenido por deshidratación	21
7. Métodos para medir la calidad del tomate y sus productos	21
a. Análisis de Calidad	21
b. Análisis Microbiológicos	24
c. Análisis Sensorial	25
8. Definición de salsa dulce de tomate	25
III. JUSTIFICACION	27
IV. OBJETIVOS	29
A. Generales	29
B. Específicos	29
V. HIPOTESIS	31
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL	33

VII.	MATERIALES Y METODOS	41
	A. Metodología	41
	B. Materiales	45
VIII.	RESULTADOS	47
IX.	DISCUSION	55
X.	CONCLUSIONES	63
XI.	RECOMENDACIONES	65
XII.	BIBLIOGRAFIA	67
	ANEXOS	71
	A. Datos y Observaciones	71
	B. Gráficas de Resultados	91
	C. Tablas usadas para procedimiento e información de tomate	95
	D. Tablas de precio de tomate en Guatemala y hojas técnicas de polvos de tomate comerciales	99

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
6.1	Diseño experimental para el método de concentración de rompimiento de calor	34
6.2	Temperaturas y tiempos a los que debe exponerse la espuma de tomate obtenida	35
6.3	Temperaturas y paciones de agua para determinar el rango de hidratación del polvo de tomate	36
6.4	Diseño experimental para la determinación de condiciones óptimas de hidratación del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	36
6.5	Diseño experimental para la caracterización del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma: Análisis químico	37
6.6	Formulación de Salsa dulce base	38
6.7	Diseño experimental para el análisis químico para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	39
6.8	Diseño experimental para el análisis microbiológico para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	39
6.9	Diseño experimental para el análisis sensorial para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	40
7.1	Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate que indican cada método utilizado para obtener el resultado: Preparación y deshidratación del tomate fresco	41
7.2	Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate que indican cada método utilizado para obtener el resultado: Caracterización del polvo estándar	42
7.3	Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate que indican cada método utilizado para obtener el resultado: evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis químico	43

	Página
7.4 Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate con indicación de cada método utilizado para obtener el resultado: Evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis microbiológico	44
7.5 Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate que indican cada método utilizado para obtener el resultado: Evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis Sensorial	44
7.6 Reactivos e ingredientes utilizados para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	45
7.7 Equipos utilizados para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	46
7.8 Material de laboratorio utilizado para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	47
8.1 Resultados del Análisis Físico-químico realizado al polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	49
8.2 Resultados obtenidos para la característica de color de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada en concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborado con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	50
8.3 Resultados obtenidos para las características físico-químicas de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada en concentrado de tomate y salsa dulce PET con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	50
8.4 Resultados obtenidos para las características microbiológicas de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada por concentrado de tomate y salsa dulce PET con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	51
8.5 Resultados obtenidos para las características sensoriales de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control preparada a base de concentrado de tomate y salsa dulce PET con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	52
8.6 Resultados obtenidos para las características sensoriales de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada con concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborado con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	53

	Página	
A.1	Proceso utilizado para deshidratación: Técnica modificada de secado en capa de espuma	71
A.2	Cantidad de partículas de tomate observables en un área de 10cm ² a tres diferentes temperaturas y 5 porciones diferentes de agua	72
A.3	Análisis de varianza para: rango de hidratación del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	73
A.4	Datos para realizar la prueba de Duncan para determinar la cantidad de agua óptima de reconstitución del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	73
A.5	Prueba de Duncan para determinar la cantidad de agua óptima de reconstitución del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	74
A.6	Estadística Descriptiva para las características fisico-químicas analizadas del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma	76
A.7	Estadística Descriptiva para las características fisico-químicas analizadas del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma (continuación)	77
A.8	Datos reflejados por el colorímetro de Hunter para la evaluación de color de salsa dulce de tomate control vrs salsa dulce de tomate de polvo PET	78
A.9	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para consistencia de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	79
A.10	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para viscosidad de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	80
A.11	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para gravedad específica de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	81
A.12	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para porcentaje de humedad de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	82
A.13	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para sólidos solubles de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	83
A.14	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para sólidos totales de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	84

	Página	
A.15	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para recuento total de hongos y levaduras de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	85
A.16	Análisis de varianza y estadísticas descriptiva para recuento total de bacterias de salsa dulce control y salsa dulce de polvo PET	86
C.1	Corrección para la gravedad específica cuando se determina a otras temperaturas de 25° C	95
C.2	Corrección para la escala de grados brix cuando se determina a otras temperaturas de 25° C	96
C.3	Presencia de ácidos orgánicos en tomate fresco y tomate procesado	97
D.1	Agrupación de tomate según sus características físicas	99
D.2	Variedades e híbridos de tomate que se cultivan en Guatemala	100

LISTA DE GRAFICAS

	Página
B.1 Cambios de grados Brix respecto del tiempo en el proceso de concentración de jugo de tomate a 5psi de presión de vapor y 65° C	91
B.2 Curva de secado de espuma de tomate a 99° C, para la elaboración de polvo de tomate	92
B.3 Curva de secado de espuma de tomate a 77° C, para la elaboración de polvo de tomate	93
B.4 Curva de secado de espuma de tomate a 99°C - 77°C- 54° C, para la elaboración de polvo de tomate	94
D.1 Precios por caja de 42 lbs de tomate fresco denominado "Industrial", reportado por la Bolsa Agrícola de Guatemala para el período Junio 1998-Diciembre 2000	105

I. INTRODUCCION

La industria alimentaria demanda constantemente mejor uso de tecnología en los procesos, que permita entre otros beneficios obtener buenos resultados con la menor inversión de tiempo y la óptima utilización de los recursos disponibles.

La deshidratación de los alimentos constituye actualmente, como desde hace siglos, un método conveniente para la conservación y manejo de los mismos. Además permite la transformación de materias primas para su óptimo aprovechamiento (Desrosier,1997).

El siguiente trabajo consiste en el desarrollo de polvo de tomate y su aplicación en una formulación de salsa dulce de tomate. Para la elaboración del polvo se utilizó una técnica modificada del método desarrollado por Morgan, llamado Secado en capa de espuma; conocido por su descripción en inglés como "FOAM MAT DRYING" .

La materia prima utilizada fue el tomate conocido en el mercado como "industrial". Se utilizó el producto que debido a un alto nivel de madurez no puede comercializarse, pero sigue siendo un fruto apto para consumo. El material se obtuvo de las empresas dedicadas a la comercialización de este producto fresco .

La realización del trabajo estuvo basada en las siguientes etapas: Elaboración de un polvo de tomate, para lo cual se concentró jugo de tomate en utilizar el método de rompimiento de calor (hot break), y luego se realizó la deshidratación por medio de la técnica propuesta. El polvo obtenido se utilizó como materia prima para la elaboración de una salsa dulce (ketchup) y se compararon las características físico-químicas del producto final con las características de una salsa dulce elaborada con concentrado de tomate. Finalmente, para determinar los resultados organolépticos del producto, se realizó un análisis sensorial. Este análisis permitió determinar que el polvo de tomate obtenido puede sustituir el concentrado de tomate en una salsa dulce.

Se buscaba obtener un polvo de tomate que pueda ser denominado como LISTO PARA HIDRATAR.

II. ANTECEDENTES

A. EL TOMATE

El tomate, científicamente conocido como *Lycopersicon esculentum*, es nativo de Sudamérica. Es un vegetal cuyo nombre se deriva del nahuatl TOMATL, de donde provino el nombre de palabra española JITOMATE y la palabra inglesa TOMATO. Fue cultivado en países europeos en 1544 por primera vez y ahora se cultiva en gran escala a nivel mundial (Doty,1996).

Existen tomates verdes, amarillos y rojos, estos últimos son los de mayor consumo. Su valor como producto procesado ha aumentado, entre los productos obtenidos están jugos de tomate, pasta de tomate, purés de tomate, salsa dulce (ketchup), tomates enlatados y polvos de tomate (Desrosier,1997).

Según Desrosier (1997), cada producto puede presentar ventajas y desventajas relacionadas directamente con el proceso. Sin embargo el producto fresco es un producto de alto consumo y utilización, por ser rico en vitamina A, B, C y minerales, especialmente hierro, sodio y potasio.

B. COMPOSICION DEL TOMATE

1. Agua : El agua es el principal componente del tomate. Dependiendo de la variedad y del estado de maduración del vegetal puede contener entre 90 y 96 % de agua. En base seca el contenido de agua es de 15.7% (referirse a anexo C, tabla C.1). Debido a que el porcentaje es alto es un producto que tiene alta susceptibilidad a la descomposición y ataque microbiano cuando es manejado en fresco.

2. Sólidos: Según Gould (1974), los tomates tienen una concentración entre 7-8.5 % de sólidos totales, en la cual 1% es en semilla y cáscara, la distribución de los componentes se expresa en el anexo C, tabla C.2.

A través de estudios, en Guatemala se ha logrado establecer que el porcentaje de sólidos solubles es de 4.5% en promedio. Las variaciones de estos porcentajes dependen de la época, tipo de suelo donde se cultiva y variedad de los tomates.

En promedio la presencia de sólidos solubles en el tomate natural está distribuida de la siguiente manera:

Sólidos solubles de:

Concentración extra densa 15.5% o más y menos de 24%;

Concentración densa 11.3% o más y menos de 15%;

Concentración media 10.2% o más y menos de 11.3%;

Concentración liviana 8% pero menos de 10.2% (Gould,1974).

1. Carbohidratos: De los azúcares presentes en los tomates, los predominantes son los azúcares reductores. Según Miladi et al (1969) los azúcares reductores representan un 50-65% de los sólidos totales en el tomate y los que se encuentran en mayor porcentaje son fructosa y glucosa. En un tomate fresco el contenido de azúcar varía entre 2.19 y 3.22% (Smith,1970).

Los polisacáridos comprenden 0.7% del jugo de tomate. Las pectinas y arabinogalactanos constituyen 50%, celulosa 25% y xilanos 25% de dichos polisacáridos (Miladi et al,1969).

2. Proteínas y Aminoácidos: En el tomate existen 19 aminoácidos solubles, y es el ácido glutámico el que se encuentra en mayor porcentaje. Cuando se expone el tomate a temperaturas altas se logra obtener un mayor porcentaje de aminoácidos libres debido a la desnaturalización de las proteínas. Gee et al (1967) realizaron un estudio sobre los cambios que pueden sufrir los aminoácidos libres en el polvo de tomate obtenido por el método de secado de capa de espuma, y se determinó que el porcentaje de los aminoácidos que se encuentran en pequeñas cantidades en el tomate aumenta con el tiempo de almacenamiento.

Los aminoácidos que tienden a cambiar sus composiciones con procesamientos son: treonina, alanina, ácido aspártico y ácido glutámico (Gould,1974).

3. Ácidos: El ácido de mayor concentración en el fruto maduro es el ácido cítrico; sin embargo, muchos otros ácidos están presentes pero en bajas cantidades.

El procesamiento de tomate tiene como resultado un aumento de 32.1% de ácidos debido, aparentemente, a la oxidación de aldehídos y alcohol (Gould,1974).

4. Minerales: Es importante notar que los minerales varían entre 0.3-0.6% y que en la calidad de los productos procesados, estos juegan un papel secundario (Gould,1974).
5. Pectina: Como en todas las frutas, la pectina presente en el tomate antes de madurar, constituye pectinas insolubles o protopectinas, que son degradadas durante la maduración por una serie de enzimas. La protopectinasa, la poligalacturonasa y la pectinesterasa son las responsables de la obtención de color y textura deseada (Eskin,1997).
6. Componentes nutricionales: Se ha determinado que el tomate es rico en vitamina C, como ácido ascórbico reducido. En algunos casos puede sustituir 40% de las ingestas diarias recomendadas, siendo éste un alimento a considerar como fuente de ácido ascórbico (Gould,1974).

" Los tomates son fuente importante de vitamina A, como carotenos. Un vaso de jugo de tomate puede llegar a sustituir 20% del total de la recomendación diaria de vitamina A" (Gould,1974).

Además de ser fuente importante de vitamina A y C. también tiene contribuciones de complejo B, niacina, tiamina y riboflavina pero deben ser consumidos en grandes cantidades para ser fuente significativa de los mismos (Gould,1974).

7. Componentes volátiles: Los componentes que generan sabor y olor en el tomate son especialmente aldehídos, cetonas y alcoholes (ver anexo A). Se han encontrado 118 componentes. Cuando se procesa térmicamente el tomate, los compuestos producidos son sulfuros, especialmente dimetil- sulfuro. Los componentes que generan sabor son cis-3-hexanal, beta-ionona, deca-tran, trans-2 y 2-isobutiliazol (Eskin,1997).

C. TOMATE NACIONAL Y SITUACION ACTUAL EN GUATEMALA

Por el área que se le dedica, el tomate es un cultivo importante en Guatemala. A diferencia de muchos países europeos, en Guatemala se prefiere su consumo en fresco aún que sea un producto problemático (Marroquin,1998).

Desde 1960 el proceso industrial empezó a incrementarse y llegó a ser un mercado importante. Entre 1986-1988 se procesaron 30,000 toneladas por año pero debido a problemas de plagas, clima y virosis, disminuyó cuando la demanda era alta por parte de las plantas procesadoras de tomate. Razón por la que comenzó a convertirse en un producto de consumo local y en menor escala de exportación a El Salvador.

La siembra del cultivo entre 1960-1988 era exclusivamente en zonas como Zacapa y El Progreso pero debido a problemas de altas temperaturas empezó a cultivarse en Monjas, Laguna de Retana, Asunción Mita, Salamá, Villa Nueva y Bárcenas. A pesar de que las regiones que lo siembran son más, el área sembrada y la producción es la misma de hace 10 años (Marroquín,1998).

El resultado con estos problemas ha sido que las empresas que fabrican productos procesados a base de este vegetal fresco han decidido importar concentrado de tomate en barriles de 55 galones desde países de América del Sur.

Al desaparecer entonces el mercado industrial, se ha optado en la actualidad por exportar tomate fresco a El Salvador, aunque no la misma variedad que se consume en Guatemala (Marroquín,1998).

1. Varietades de tomate en Guatemala: A través de los años se han creado diferentes variedades e híbridos de tomate, actualmente producidos. La caracterización está basada en la forma y relaciona su utilización y preferencia en el mercado, es decir para uso industrial (elaboración de pasta y salsa dulce (ketchup), para mercado nacional o para países vecinos (Villela,1993) referirse a anexo D, tabla D.2).

2. Usos del tomate y forma de cultivo para cada uso: De acuerdo a su uso, el tomate puede ser catalogado en tres categorías:

- **INDUSTRIALES**: " Como su nombre lo indica, se utilizan para proceso industrial en la producción de pastas, jugos y salsa dulce (ketchup), en los cuales el contenido de sólidos solubles totales es muy alto (MAGA,1993).

- DE MESA: "Son los que se utilizan en ensalada o para platos de alta cocina y son de mayor cotización en el mercado. La variedad e híbrido de estos pertenecen al grupo A " (MAGA,1993).
- DECORATIVOS: "Este tipo sólo se usa para exportación, es de tipo A y se emplea también para alta cocina, pero su demanda no es en volúmenes altos (MAGA,1993)".

Según Villela (1993), al depender del mercado los tomates suelen cosecharse de la siguiente manera:

1. "Estado de hecho, o sazón o verde maduro: Los tomates han alcanzado su máximo tamaño y de color verde brillante para luego ser almacenados y desarrollar el color.
2. Estado de fruto colorado, pintón, caballón, zarazo o camagua: En este estado el fruto de tomate se cosecha cuando empieza a cambiar el color de la cáscara de verde a rojo.
3. Estado maduro: Cuando el fruto alcanza la expresión total del color típico maduro."

Los mercados pueden ser: fresco y proceso industrial

1. Cuando el tomate es para mercado fresco dependerá del lugar de su comercialización, es decir la distancia que recorrerá el producto y el tiempo que tardará en llegar a su destino. Además se toma en cuenta el precio imperante en el momento en que se esté cortando. El tomate se puede cortar en cualesquiera de los tres estados mencionados anteriormente. Si el mercado está con buen precio, se corta verde y pintón; pero si el maduro lo pagan mejor, entonces se corta maduro. Si el precio es bajo se puede, especular con cortarlo lo más tarde que se pueda, es decir cuando está completamente maduro, aunque esto puede generar el riesgo de pérdida de producto (Villela,1993).

La cosecha del vegetal es determinante para el cambio del precio en el mercado, para referencias actuales ver anexo D, gráfica 1.

2. En el caso del producto que se va a vender a la industria (sólo por contrato), la variedad que más se usa es la *Roma*. El producto para este propósito debe cumplir con características específicas de madurez, por lo regular deben estar completamente maduros, con su máxima

coloración exterior. El tomate debe estar con 60% de estado de madurez y buena calidad interior, ésta se mide por la viscosidad, pH, sólidos solubles, sólidos totales y acidez (Villela,1993).

El fruto se comercializa en cajas de madera que tienen un peso neto de 50-54 lbs. si es para Guatemala. En el caso del producto que se va a El Salvador, se usan las mismas cajas de madera y solo que con tomate de forma redonda o cuadrada, ya que es el tipo de fruto que ellos prefieren, las cajas son de 75-85 lbs. (Villela, 1993).

Sin embargo y a pesar de los esfuerzos por cosechar el producto en el mejor momento, existen pérdidas entre 15-25% causadas especialmente por los precios del mercado. Este porcentaje es en algunos casos apto para consumo, pues puede ser aprovechado, sin necesidad de especular y perder tales cantidades, al utilizar procesos alternos tales como la deshidratación.

Por otro lado es una realidad que existen pérdidas causadas principalmente por: desórdenes fisiológicos, quemaduras de sol, putrefacción bacterial, marchitez bacteriana, que lo hacen un producto no apto para consumo y que no pueden ser aprovechados de ninguna manera.

D. Productos obtenidos de tomate fresco

El tomate puede ser procesado como se mencionó anteriormente al obtener una gama de productos tales como pasta de tomate, puré de tomate, salsa de tomate, jugo de tomate (concentrado y no concentrado), catsup o salsa dulce de tomate, salsa chili y tomates enlatados (en lascas o enteros).

El proceso de preparación es casi el mismo para todos los productos, incluye lavado, pelado y/o despulpado, molienda, evaporación (concentración), filtración y empaquetado aséptico.

Se procesa tomate para obtener un producto con mayor vida de anaquel que el vegetal fresco. En ocasiones, en lugar de enlatar, se suele congelar el fruto fresco ya sea entero o en piezas. Sin embargo esto tiene como limitante que el vegetal sufra cambios en sus características organolépticas (Desrosier,1997).

Además de los productos mencionados anteriormente, existe el tomate deshidratado. Este producto se elabora a partir de tomate fresco, y después de ser sometido a todos los procesos mencionados anteriormente se le aplica un proceso de deshidratación.

E. Deshidratación de tomate

El tomate es un vegetal rico en agua y, como ya se mencionó anteriormente, la razón principal para deshidratarlo es hacer que tenga mayor vida de anaquel que el producto fresco, protegiéndolo del deterioro y contaminación. De acuerdo con Gould (1974) se logra obtener disminución de costos y menor dificultad de empaque, manejo, almacenamiento y transporte, a causa de una reducción de peso.

"Charm (1981) indica que la variedad de tomate que se suele usar en estos casos debe ser de color rojo intenso, con alto porcentaje de sólidos, con paredes gruesas, y con un contenido alto de pectina". La variedad que se ha encontrado que es más apta es San Manzano, el pear-shaped y el tipo italiano o roma.

"Los fenómenos que normalmente se observan en la deshidratación son: 1) Evaporación del agua superficial y endógena, 2) Fases de constante y decrecientes índices de deshidratación incluyendo la humedad crítica, 3) Cambios en la distribución de humedad dentro del cuerpo y 4) Temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco (Arsdel, 1964)".

Tomando en cuenta los factores anteriores, existen varias presentaciones del tomate deshidratado, entre ellas lascas, cuadritos o tiritas. "Según Desrosier (1997) el procedimiento es sencillo, lavado, cortado, colocado en bandejas, se rocían con aceite mineral grado comestible, para evitar que se peguen unas con otras, además se agregan sulfitos o bisulfitos para evitar su oscurecimiento". Sin embargo, estas presentaciones enteras no presentan reconstituciones óptimas debido a los métodos empleados, por ejemplo secado por largo tiempo debido al tamaño, método que daña sus características.

Los usos actuales de estos productos pueden ser en sopas, en aderezos y como ingredientes en sopas enlatadas. Como alternativa a los deshidratados enteros, recientemente surgieron los polvos de tomate que también son usados en los productos anteriores y elaborados por varios métodos, según sea el uso destinado.

1. Métodos de deshidratación para el tomate fresco

1.1. Secado por aspersion (Spray Drying): Según indica Singh (1993) este método es muy usado en las grandes industrias. Está basado en la atomización del jugo de tomate que después es secado por aire caliente dentro de una cámara especial. Mientras las gotas del producto en cuestión caen, el agua es evaporada y arrastrada por el aire.

Muchos procesos de este tipo son llevados a cabo en un período constante de secado. Después de secado el polvo es separado por un separador de ciclón. La humedad que normalmente refleja un polvo de este tipo es de 5%, debido a que se obtienen partículas de polvo muy pequeñas, la reconstitución es considerada como buena.

1.2. Liofilización (Freeze Drying): La reducción de la temperatura del producto y disminución de la presión atmosférica alrededor del alimento, generan que el agua interna se congele y luego se lleve a cabo la sublimación de la misma. Este es un método que se utiliza especialmente cuando la calidad está enfocada a la aceptación del producto por parte del consumidor. Todo alimento deshidratado por este sistema sufre el menor daño, al mantener su estructura en comparación con otros métodos. La única desventaja que puede generar es la determinación de la combinación exacta de disminución de temperatura y presión (Singh, 1993)

1.3. Secado por expansión (Puff Drying): Este método consiste en la exposición de pequeños pedazos de productos a altas presiones y altas temperatura por corto tiempo. Después el producto es llevado a presión atmosférica y entonces se genera una evaporación instantánea ("flash") del agua y escape de los vapores del interior del producto. El producto presenta una alta porosidad por lo que tiene características de reconstitución rápida. Es usada en su mayoría para elaborar pequeños trozos de producto (Singh,1993).

1.4. Secado al vacío (Vacuum Drying): "Según Potter (1996) este método está basado en la expansión del jugo de tomate utilizando alto vacío, lográndose varias veces el volumen inicial. La esponja que se forma se muele. Se ha demostrado que tiene buenos niveles de reconstitución".

Junto con los métodos anteriores el descrito a continuación también es usado para este fin y ha sido practicado por ser un método económico:

1.5. Secado en capa de espuma (Foam Mat Drying): "Este método consiste en secar capas delgadas de un líquido espumoso estabilizado y concentrado, con aire caliente y a una presión atmosférica. El método fue desarrollado por Morgan en 1961 (Arsdel,1964)".

De acuerdo con Ginnette (1963) la espuma se prepara en una mezcladora continua, usualmente con la adición de pequeñas cantidades de un estabilizador de espumas comestibles (cerca del uno por ciento en base seca) y luego se añade un gas al líquido o jugo.

"Los agentes espumantes son sustancias adicionadas a un líquido para modificar la tensión superficial y estabilizar las burbujas formadas o bien favorecer la formación de espumas. Se permiten exclusivamente albúmina, gelatina y gomas (arábiga, guar, karaya, tragacanto y xantan) junto con los mucilagos y monoglicéridos. La idea principal es obtener un producto libre de grumos (Badui,1996).

"La espuma debe secarse, para lo cual puede usarse un secador de faja continuo colocando la espuma en una capa delgada. Otra manera de secar es en una bandeja continua, usando una técnica conocida como colchón con cráteres (crater mat).

La espuma seca tiene una estructura extremadamente porosa, puede ser desmigajable con facilidad y producir polvo fino con características de fluidez amplias y que puede hidratarse en agua fría con mucha facilidad (Arsdel,1964)".

Según Charm (1981) los polvos obtenidos por este tipo de deshidratación pueden volverse más densos al comprimirlos entre rodillos calientes. Estos polvos obtenidos por el método de "Foam Mat Drying" son de alta calidad y su uso ha sido por lo regular en pastas de tomate, naranjas, uvas, manzanas, piñas, limón, café, leche y otras variedades de concentrados.

La estructura de la espuma y los arreglos para el colchón o capa hacen posible el secado rápido de líquidos higroscópicos y sensibles al calor. Además, el material seco puede ser disuelto, dispersado y luego secado en capa de espuma para lograr un sólido con menor densidad y con mejor dispersión.

Los pasos para hacer un secado por el método en cuestión son los siguientes:

- a) Formación de una espuma estable, con el uso de estabilizadores y gas.
- b) Secado de las espumas formando un colchón o capa delgada y porosa.
- c) Trituración y desintegración de la capa obtenida para formar un polvo fluido (Charm, 1991).

a) Formación de una espuma estable: "Las espumas son, según Badui (1996) un estado de dispersión en el que existe una dispersión de burbujas, generalmente aire. Estas burbujas deben estar suspendidas en el seno de un líquido viscoso o de un semi-sólido y se producen por una adsorción de moléculas reactivas en la interfase gas-líquido. El líquido se localiza entre los glóbulos de gas que se designa con el nombre de lámina y sirve como estructura básica. La mayor estabilidad de las espumas se obtiene cuando la lámina o la distancia entre dos burbujas, es de 0.1-1 micra; cuando ésta es menor de 0.05 micra, el sistema se vuelve inestable debido a que existe una difusión de gas a través de las paredes de las burbujas lo que ocasiona la ruptura. Las espumas más comunes en los alimentos se forman al disminuir la tensión superficial en la interfaz gas-líquido por medio de agentes tensoactivos, proteínas, o en algunos casos, ciertos hidratos de carbono".

En cuanto a la formación de espuma para este método, las burbujas usadas son de preferencia densas, y algunas veces más pesadas que 0.6g/ml. En realidad, la rapidez para el secado con este método, radica en que la humedad se mueve por capilaridad entre las capas delgadas del líquido separado por las burbujas de espuma. Las espumas utilizadas para ese método de secado deben ser resistentes durante el secado para luego ser capaces de formar una capa fácil de levantar de la superficie de donde fue secado. Debe tomarse en cuenta que muchas espumas que son estables a condiciones ambientales, no lo son en los procesos de secado (Arsdel, 1964).

Las características del líquido a trabajar especialmente importantes en la formación de espumas son la consistencia y la habilidad de formar películas.

Según indica Arsdel (1964), la consistencia debe ser apreciablemente alta. Este puede ser el resultado del alto contenido de sólidos disueltos, o la presencia de finos sólidos insolubles, como en la pasta de tomate o en la formación de un sol hidrofílico como las dispersiones de pectina.

Para llenar las condiciones de consistencia del producto a secar, el líquido debe ser concentrado antes de ser secado. Por ejemplo el jugo de tomate es evaporado al 25% de sólidos solubles o más, el jugo de naranja al 55%, el jugo de limón al 60 %, la leche al 40% y los extractos de café al 30%. La consistencia puede elevarse con la subdivisión de los insolubles existentes o bien agregando otros más, ejemplos son la molienda de puré de tomate antes de formar la espuma. La consistencia también puede elevarse al añadir coloides hidrofílicos. Ejemplos son la metil-celulosa en el concentrado de naranja, gelatina en los purés de carnes, la pectina en jugo de berries y la goma en limonada.

Por otro lado el segundo factor a considerar, como se mencionó, es la capacidad de formar películas, la cual reside en los solutos surfactantes. Su papel es principalmente la resistencia a fluir en la vecindad de una interfaz de gas-líquido. El resultado es inmovilizar las burbujas sin afectar su consistencia. El aumento de la viscosidad de la superficie de las burbujas es lo que interesa en este caso (Arsdel,1964).

El líquido que va a ser secado algunas veces contiene determinados solutos naturales. Por ejemplo monoglicéridos y proteínas solubles que existen en la leche y en el huevo. En otros casos, es posible producir el agente que forma la película, con tratamientos en algunos componentes naturales del producto a secar. Tal es el caso de hidrólisis térmica o enzimática de una reacción de proteína pesada en jugo de tomate. En muchos casos es necesario agregar componentes que forman película en los líquidos antes de hacerlos espuma. Una amplia selección de estos componentes está disponible, sin embargo sólo unos pocos son inertes y blandos, de tal manera que sea permitido usarlos en la industria alimenticia. Para este fin, uno de los principales, según Ginnette (1963), es el monoesterato de glicérilo usado en espumas de tomate, limón y papas, así como la proteína de soya soluble que es usada en espumas de naranja y piña, el propitenglicol monoesterato usado en limonadas.

Por otro lado, la elección del tipo de gas para formar la espuma no es tan crítica. Puede usarse nitrógeno, aire, u óxido nitroso, que ha sido satisfactorio. La cantidad de gas, es decir la densidad de la espuma, sí es importante.

La densidad máxima usada para la espuma es de 0.5 a 0.6 g/ml y el mínimo es de 0.1 g/ml. La elección, según el producto que se vaya a trabajar, debe estar dentro de estos límites (Van Arsdel,1964).

Para espumas de cualquier densidad, los mejores resultados en la técnica de secado en capa de espuma, son obtenidos cuando las burbujas tienen su máximo nivel de subdivisión. Entre más pequeñas y más uniformes son las burbujas, más rápido y completo será el secado del producto. Por esta razón, el líquido y el gas deben ser sometidos a un completo y efectivo proceso de agitación. La espuma debe ser mantenida a temperaturas entre 40-80°F antes de que el secado comience. Si la consistencia es alta, pueden usarse temperaturas más altas.

b.) Secado de espuma: El secado puede ser en bandas secadoras, la espuma se despliega en una banda de teflón o acero inoxidable en una capa delgada o en forma cilíndrica de extrusión, y se lleva hacia el secador. Los tiempos de secado y las temperaturas dependen del producto que se está secando. Muchos jugos de frutas concentrados requieren aproximadamente 15 min. a 160° F para lograr secar al 2% de humedad una capa delgada de 1/8 de pulgada (Ginnette, 1993).

La velocidad del aire y la humedad, según Arsdel (1964), no tienen mayor impacto sobre el tiempo requerido. El factor que determina el tiempo es exactamente la rapidez con la que el agua dentro del alimento, en este caso el tomate, llega hacia la superficie en la cual puede ser evaporada. La temperatura del aire puede ser definida de tal manera que se ajuste a las características de secado del producto.

Cuando se habla del secado de la espuma, por el método de cráteres, se incluye una operación adicional que no se realiza en el secado por medio de las fajas. La espuma es depositada en forma de colchón con un grosor de 1/16 a 1/8 de pulgadas, en bandejas de metal perforadas. Las capas de espuma son perforadas por la corriente de aire que pasan a través de los orificios que tiene las bandejas. Esto permite que la espuma se acumule alrededor de las perforaciones sin que salpique por toda la bandeja. La suavidad de la espuma y su poco peso hace que los orificios de las bandejas se mantengan libres.

Comercialmente se han usado bandejas de 4 pies cuadrados con perforación de un 1/8 de pulgada y centros de 3/16. Depende de la aplicación, las bandejas pueden ser de acero inoxidable o de aluminio, usualmente de un grosor de 1/8 de pulgada. Cuando se hacen los experimentos en deshidratadores más pequeños, tales bandejas pueden ser de 15 X 23 pulgadas, sin embargo las perforaciones deben ser iguales. Si el material es de acero inoxidable, el grosor puede ser de 1/16 pulg.

El sistema de bandejas tiene las mismas características que el sistema usado en fajas. Las bandejas se colocan sobre una boquilla del ancho de ella misma y de 8 pulgadas de profundidad. El aire en estas boquillas suele usarse a 150 pies/seg (Arsdel, 1964).

c.) Trituración y desintegración de capas: Después de ser secadas las capas de espuma, se dejan enfriar antes de ser retiradas de las bandejas. Luego se debe colocar el producto en un lugar que no permita cualquier cambio de humedad o bien pérdidas de nutrimentos por almacenamiento. El producto elaborado con este sistema es muy liviano, ya que muchas burbujas de gas quedan en la matriz, por lo que se obtiene un producto de baja densidad y se generó algunas burbujas en el líquido que se forme al hidratarlos. Si esto no es deseable, se puede realizar una compresión de la harina obtenida, de tal manera que su fluidez sea plástica. Suele hacerse en rodillos a temperaturas entre 150-200° F y se ha comprobado que con este proceso no se sufre ningún tipo de cambio o daño (Arsdel, 1964).

2. Deshidratadores usados para fabricar polvo de tomate: Existen varios métodos para deshidratar el tomate, cada uno de esos métodos utiliza deshidratadores adecuados para las condiciones del proceso. Los deshidratadores, según Ghosh (1989), pueden ser de un solo efecto o bien de varias etapas, de acuerdo a la variación de la temperatura y de la velocidad del aire al que sea expuesto el producto. Existen deshidratadores de túnel, de lecho fluidizado, de rociado o aspersión, en algunos casos los aparatos son demasiado costosos. Sin embargo, para la técnica de secado en capa de espuma (Foam-mat drying) se usan los deshidratadores de cráteres continuos o los de faja continua con vapor en la parte inferior por donde circula el producto. Para el caso de esta investigación se utilizará el deshidratador descrito a continuación:

2.1. Deshidratador de Armario (Cabinet): Puede ser clasificado como un deshidratador de convección por secado en bandejas tipo batch. Está dirigido a operaciones de pequeña escala. Puede usarse a nivel piloto, y que logra una buena aproximación a los deshidratadores de túneles o de transporte continuo.

Según indica Charm (1981), un deshidratador típico consta de un marco cuyas paredes, cielo y base están aislados para no tener pérdidas de calor, equipado con un ventilador interno que distribuye el aire a través de las bandejas preparadas con el material húmedo. En ocasiones puede tener aletas que se pueden usar para acomodar la dirección del aire entre las bandejas. Los materiales de construcción, por lo regular son paneles de metal liviano, con un material

rígido, plywood, fibra dura, tablas asbestos preferiblemente resistentes al fuego y capaz de soportar la condensación del agua caliente.

Tiene instalados termómetros que miden la temperatura del aire circulante, cerca de las bandejas. Como mínimo, un deshidratador es capaz de dar 1,200 a 1,600 btu/hr. Sin embargo en el final de una deshidratación, el mismo aire circulante ayuda a este proceso. La velocidad del aire debe ser entre 400-1000 pies/min en promedio, de acuerdo a especificaciones comerciales de cada empresa que los fabrique.

3. Procesos previos a la deshidratación de tomate:

3.1. Entre post-cosecha y antes del procesamiento: Los procesos previos a la concentración que luego permitirá la deshidratación incluyen, desde la cosecha hasta el punto anterior al inicio del procesamiento.

El proceso, según Desrosier (1997), empieza con la inspección para determinar el porcentaje de fruta no utilizable, prosigue con el lavado, inactivación de enzimas, pelado, llenado, vaciado y procesamiento. No importa cuál sea el producto final, siempre se requiere lavar el tomate antes para eliminar cualquier contaminante. El lavado en ocasiones se lleva a cabo en forma mecánica, casi siempre empieza en forma de remojo y luego por aspersion.

En el caso de la elaboración de pastas, purés etc., se requiere de una operación más y es la molienda ya sea en frío o bien en caliente, antes o después de ser expuesto a proceso térmico.

3.2. Inactivación de enzimas: En el caso del tomate, existe una sensibilidad alta al calor, por lo que no se acostumbra realizar un blanqueo por calor, sino utilizar métodos de concentración que permitan inactivar las enzimas. Según McColloch et al (1952), blanquear el tomate entero no es tan efectivo debido a que el calor sólo inactiva las enzimas superficiales, por ello es que se ha decidido mejor realizar un proceso térmico después de que el tomate ya haya recibido al menos un proceso de molienda y/o trituración.

3.3. Concentración: Según indicara Arsdel (1964), debido a que este producto tiene un alto contenido de agua, se hace necesario evaporar parte de esa agua para facilitar la deshidratación. Es más económico eliminar agua por evaporación con acción de vacío que por deshidratación.

Una de las razones principales de evaporar, a parte de la reducción de peso y volumen, es preparar el producto para su posterior procesamiento. Este es el caso del tomate para deshidratar por el método de secado en capa de espuma, pues de la concentración de un líquido se puede obtener una mayor viscosidad, facilitando casi, la producción de espumas.

Para concentrar productos que son sensibles al calor, como el caso del tomate, se suelen usar evaporadores de vacío. Como ya se mencionó, en el tomate existen enzimas que degradan la pectina presente causando pérdida de viscosidad a través de un período de tiempo. Esta pérdida de viscosidad, según Potter (1997), puede ser prevenida por medio de un tratamiento conocido como rompimiento por calor (Hot break). En este método los productos de tomate son calentados rápidamente a una temperatura entre 82°-93° C para inactivar la enzima.

4. Factores a considerar en la deshidratación en la deshidratación del tomate: Existen condiciones que determinan la calidad de los productos deshidratados de tomate. Entre las más importantes están: bajo contenido de humedad, atmósferas inertes, bajas temperaturas, y aditivos. En el caso de los polvos de tomate, existen algunos métodos de secado, tales como secado por aspersión (spray drying), secado en capa de espuma (foam mat drying), etc. que son considerados como óptimos en torno a la buena calidad del polvo obtenido. Para evitar los problemas que estos métodos pueden presentar, debe ser considerados los siguiente:

4.1. Calidad deseada: Esto quiere decir conservar el color, el sabor y el aroma del tomate original. Sin embargo, es difícil mantenerlos por diferentes causas, entre ellos los daños por calor, por metales, por solventes etc. o bien por deterioro de algunos componentes durante el almacenamiento, como el caso de los aminoácidos libres, como describe Gee (1997).

Para asegurar la calidad del producto final debe preverse también la calidad del producto fresco, y saber sus características específicas, es decir una descripción de tomate fresco y sus características físicas, biológicas, químicas y bioquímicas. Debe considerarse la estructura y sus cambios durante el secado.

4.2. Condiciones del ambiente para almacenar el polvo obtenido: De acuerdo con Arsdel (1964), es evidente que el oxígeno presente en el aire que rodea a un polvo de tomate, es un factor altamente importante en la pérdida de color y sabor. Se ha logrado comprobar que la estabilidad de almacenamiento del polvo de tomate elaborado por secado por

expansión (puff dried), a 70° -90° F, era menor con empaques a vacío o con gas inerte, que con aire (Arsdel,1964).

4.3. Reconstitución del producto deshidratado: La idea principal con estos métodos es crear productos instantáneos o fáciles de hidratar. Según sea su uso, el producto obtenido debe ser apto para hidratarse tanto con agua fría como con caliente y en el menor tiempo posible. En orden a que el producto debe tener una buena reconstitución debe considerarse que el polvo que se piensa obtener debe ser poroso, abierto y rígido según indica Arsdel (1964).

Esto permite que el agua pase rápido y con facilidad, logrando la hidratación deseada. Métodos como el secado por congelado (freeze drying), secado por aspersión, secado por expansión (puff drying) y secado en capa de espuma (foam mat drying) generan estos resultados.

4.4. Humedad del producto final: En el caso del tomate debe buscarse llevar al mínimo posible de humedad el producto, ya que es un producto extremadamente higroscópico.

"Si el producto que se obtiene en estos métodos no es transportado o almacenado en los ambientes adecuados, la humedad puede incrementarse en un 0.5-0.8% (Charm,1981)".

La humedad es un factor importante, y se ha determinado que para que un producto tenga una vida de 6 meses a 100° F o 1-2 años a 70° F sin daños en la calidad, el porcentaje de humedad debe ser del 1% o menos. Una humedad relativa ideal puede ser 5-10 % (Desrosier,1997).

4.5. Temperatura: Para prevenir el "achiclado" y daños por calor en el polvo resultante debe cuidarse la temperatura y los límites de tiempo-temperatura del producto en cuestión. Se desea mantener la temperatura lo más baja posible, ya que se obtiene un índice alto de deshidratación. "Si el índice de transferencia de calor es alto, se podrá mantener un constante movimiento del agua interna hacia la superficie manteniendo la humedad constante y la temperatura del buibo baja (Charm, 1981)". Sin embargo, si el movimiento se vuelve lento, de tal manera que no se logra mantener húmeda la superficie, la temperatura de película se eleva y causar daño en el producto.

4.6 Aditivos: Finalmente, el factor que no debe olvidarse son los aditivos, ya que existen condiciones fuera del alcance de cualquier método.

De acuerdo con Arsdel (1964), existen dos tipos de aditivos: 1) Para preservar de efectos químicos y 2) Para proteger de los posibles efectos físicos

Según Meeg et al (1969), la adición de químicos ayuda a conservar las características del producto, sin embargo cuando un producto tiene pérdida alta de aminoácidos el color tiende a oscurecer cuando éste es reconstituido.

El dióxido de sulfuro es usado como aditivo de tipo 1, ya que previene la pérdida de color y los daños por calor como el "achiclosamiento". Según la norma COGUANOR 32000, la adición de sulfitos a la pasta de tomate elaborada previamente a la deshidratación, debe hacerse en cantidades necesarias para cumplir la función del mismo. Experimentos han demostrado que puede agregarse en concentración de 550ppm (Kaufman et al, 1955) sobre base húmeda.

El uso de este compuesto está basado en la prevención de la reacción del grupo carbonilo con los grupos aminos al formar compuestos adicionales con los carbonilos. El segundo efecto, según Arsdel (1964), fue descubierto por Bloch, en el que se describe al dióxido de sulfuro como antioxidante, aunque debe tomarse en cuenta que existen otros compuestos más efectivos para este propósito (i.g. ácido ascórbico). La efectividad de los sulfitos está basada en la sulfonación del 3-deoxiglucosano o insaturando los ozones formados en la etapa temprana de las reacciones de "pardeamiento".

Por otro lado están los aditivos que se utilizan en la formación de espumas como son los alginatos, proteína de soya y monoestearato de glicerilo. En algunos casos se añade sal en concentración de 2% en base húmeda.

5. Cambios sufridos durante la deshidratación

5.1. Cambios en los componentes: Existen tres clases de reacciones que son las básicas en el deterioro del polvo de tomate: 1) Reacciones de oscurecimientos causados por componentes de carbonilo, ácidos orgánicos y compuestos nitrogenados. 2) Reacciones de lípidos y aceites, incluyendo oxidación e isomerización. 3) Reacciones del pigmento antocianina (Eskin, 1990).

La oxidación de los lípidos causa rancidez, pérdida de sabor, olor y blanqueamiento del color. Algunas de estas no requieren agua y por lo tanto se pueden dar a porcentajes bajos de humedad. En ocasiones se producen aldehídos volátiles y cetonas, que causan la pérdida de sabor, olor y además "pardeamientos". La oxidación del licopene, que es el pigmento principal de los tomates, es un ejemplo de ellos, dando pérdida de color (Food Technology, 1985).

Las reacciones sobre los pigmentos revelan que la degradación de éstos se da más en un ambiente de oxígeno que en uno de nitrógeno. Debe tomarse en cuenta que el rango de destrucción de las antocianinas está determinada por el pH y la concentración de pseudobase (Eskin, 1990).

5.2. Cambios en el tejido: Entre los cambios sufridos está el encogimiento de tejido y los efectos de la densidad de masa (bulk density), que están determinados por el contenido de humedad. El daño por calor es otro factor que debe tomarse en cuenta, ya que la humedad disminuye con altas temperaturas, pero con ellas también crece el empardeamiento, por lo que debe existir una correlación que proteja los dos objetivos. No deben olvidarse las migraciones de constituyentes solubles tales como azúcares que se encuentran en los tejidos de las frutas y verduras. Por lo regular se prefiere tiempos de procesos rápidos y eficientes para evitar que se formen capas externas que ya no permitan la deshidratación del producto (Desrosier, 1997). Por lo anterior debe considerarse que siempre existe una pérdida de rehidratación en cualquier producto deshidratado.

Numerosos estudios han revelado que los tejidos vegetales sufren cambios irreversibles en los constituyentes coloidales cuando son expuestos a largos períodos de tiempo a altas temperaturas, aun y cuando no se sufra "emparedamientos" o "achiclosamientos". La elasticidad de la pared celular y la capacidad de absorber de los geles de almidones, se reducen con tratamientos térmicos (Gould, 1974). Por otro lado la pérdida de constituyentes volátiles también es notable en las características finales del polvo obtenido (Ginnette et al. 1963).

5.3. Cambios en el peso y volumen: En un producto deshidratado, los sólidos presentes en promedio son reducidos de 12.5 % al 8:1 en peso en un producto con 1% de humedad final. La reducción de volumen no es tan dramática, pero puede lograrse una reconstitución de 4:1, de ahí entonces la necesidad de que los productos sean comprimidos inmediatamente después de secados, para evitar que ganen humedad durante el almacenamiento o transporte (Desrosier, 1997).

6. Métodos para asegurar la calidad del polvo obtenido por deshidratación: Existen tres métodos que se usan para mejorar y mantener los niveles de humedad de un polvo: 1) Exposición al aire seco 2) Aplicar calor 3) Deshumidificación del aire. Esta última permite mantener la superficie seca a baja temperatura y con un flujo de aire bajo (Arsdel, 1964).

El método de secado de capa de espuma requiere que se utilice aire seco como parte final del secado. Los tomates tienen alto contenido de agua, por lo que para su comercialización es preferible hacer una concentración entre 10-36 % de sólidos antes de ser deshidratado. Para elaborar polvo de tomate se suele utilizar pulpa de tomate cuya piel, semillas y fibras han sido removidas anteriormente (Ginnette et al, 1963).

7. Métodos para medir la calidad del tomate y sus productos

7.1. Análisis de Calidad: El tomate tanto fresco como sus productos derivados deben cumplir con ciertos requisitos de calidad y características que lo hagan un producto aceptable. Se ha definido que las siguientes características deben ser analizadas para determinar la calidad:

- Contenido de humedad: se debe determinar en el tomate fresco y en polvo obtenido. Se suele utilizar métodos basados en eliminación de agua por horno de vacío como se indica en el

Manual de laboratorio para procesadores y enlatadores de alimentos (1968).

- Actividad de agua: Esta propiedad es determinada tanto en el tomate fresco, en los polvos elaborados y productos tales como pasta de tomate, salsa de tomate y jugo. Para medirla se utiliza el higrómetro. Su importancia radica en que esta propiedad es la que determina la vida de anaquel de un producto y la susceptibilidad a cualquier ataque bacteriano o de hongos. (Badui,1996).-
- Gravedad específica: Por lo regular el puré de tomate es vendido bajo estos parámetros. Esta propiedad, según el Manual de laboratorio para enlatadores y procesadores de alimentos (1968), puede variar entre 1.035-1.053, según sea la precisión del instrumento usado para su medición. Para realizar una medición rápida de este parámetro se suele utilizar el "Mann Specific Gravity Tester", ~~aux~~ y cuando no es tan preciso debido a que no se toma en cuenta la temperatura. Esta propiedad puede ser medida tanto en el tomate fresco como en polvos, pero estos últimos deben ser convertidos en pasta al tomar en cuenta el agua utilizada para ello (Manual de laboratorio para enlatadores y procesadores de alimentos, 1968).
- Sólidos totales: Este factor está estrechamente relacionado con la gravedad específica. Se debe medir en el tomate fresco, en la pasta obtenida después de una evaporación y en los productos elaborados con ella. Por lo regular se hace una medición de los sólidos solubles presentes en el producto, para lo que se utiliza el refractómetro de Abbe, al tomar en cuenta las correcciones por temperatura y adición de sal (ver anexo C). En el caso de obtención de polvos por la técnica de secado en capa de espuma, se necesita obtener primero un concentrado de tomate que tenga 30-31% de sólidos, y es necesario medir porcentaje de sólidos. (Manual de laboratorio para enlatadores y procesadores de alimentos,1968).
- Color: Existe una clasificación que determina si el producto es grado A hasta grado C sobre la base del color, tanto del tomate fresco como del tomate procesado. Según Gould (1974) los métodos utilizados son determinados básicamente por el adelanto de la tecnología en este campo. Un factor importante en esta determinación es la luz utilizada para su medición, ya que es necesario hacerlo en una calidad y cantidad constante. Suelen utilizarse métodos y sistemas como el espectrofotómetro Agtron y el colorímetro de Hunter. Otro sistema es el de Munsell, basado en un disco estándar de colores. Cuatro colores son utilizados para medir los estándares en tomate: rojo, amarillo, negro y gris (NGO,34003 h6).

- Rango de hidratación: Esta propiedad es importante y vital en los polvos de tomate. Se realiza por métodos basados en la cantidad y temperatura del agua aceptada por el polvo elaborado. El método de determinación puede variar y ser propuesto por cada persona que realiza un estudio.
- Porcentaje de cenizas: Este es una de las características medidas especialmente en polvos de tomate, se realiza por el método de incineración del producto y su determinación de masa es constante en un horno o mufla (AOAC,1984).
- Consistencia y viscosidad: La consistencia de los productos elaborados a base de tomate es un factor afectado por la degradación de pectina, tamaño, cantidad y forma de la pulpa presente (Gould, 1974). Según el Manual de Laboratorio para Enlatadores y Procesadores de alimentos, la consistencia suele medirse en términos de viscosidad gruesa. Es importante ya que es utilizada para dar especificaciones de venta, y determinar qué daños ha sufrido el producto por los procesos a los que ha sido sometidos. En el caso de los polvos, debe medirse después de haber dado la hidratación óptima dentro del rango de hidratación determinado, como se mencionó anteriormente.

Uno de los métodos usados es el que utiliza el consistómetro de Bostwick, donde se mide la rapidez con que fluye el producto por su propio peso en determinada superficie en un período de tiempo. Por otro lado, también existe el método en el cual se utiliza el viscosímetro de Brookfield y permite medir a temperaturas frías y temperaturas bajas. Para medir consistencia en la pasta de tomate se suele usar con más frecuencia el penetrómetro, el viscosímetro y el potenciómetro (Gould, 1974).

- Elementos residuales: En el caso del tomate procesado es importante determinar el contenido residual de sulfitos después de todo el proceso, el FDA regula que los sulfitos residuales deben ser menos de 10ppm (Potter,1996). Para este propósito se utiliza el método de determinación de dióxido de sulfuro (Manual de laboratorio para enlatadores y procesadores de alimentos,1968).

- Acidez Total y pH: Para ambos, tanto el polvo obtenido, como salsa de tomate, se debe medir acidez total y pH. Según referencias de AOAC, para medir el pH se utilizan dos métodos: el colorimétrico y el potencial, desarrollado entre dos electrodos. Debe tomarse en cuenta que el pH del tomate puede variar debido a factores tales como: madurez, variaciones durante la época, origen del cultivo, manejo, almacenamiento y, por supuesto, los cambios producidos por el procesamiento al cual ha sido sometido el vegetal.

En el caso del polvo de tomate, se utiliza una solución al 10% en agua destilada para medir el pH. En el caso de las pastas, jugos y salsa dulce, puede realizarse directamente con un potenciómetro y si se desea hacer por el método colorimétrico, debe filtrarse previamente para eliminar cualquier sólido presente.

Para medir la acidez se realiza por medio de titulación y suele reportarse en términos del ácido predominante, en el caso de tomate, se reporta en términos de ácido cítrico. En el tomate, que es muy coloreado, para determinar el punto final de la titulación deben usarse métodos electrométricos, pues la determinación por un indicador se dificulta (AOAC,1984).

- Contenido de cloruros: Este se mide en términos de cloruro de sodio y se usa para ello el método del electrodo de plata. Existen otros métodos visuales como el que utiliza cromato de potasio como indicador (NGO,34006 h19).

7.2 Análisis Microbiológico: Los productos elaborados con tomate fresco son productos que sufren tratamientos térmicos bajo los cuales las bacterias y hongos pueden ser eliminados. Sin embargo, existe riesgo de que se pueda encontrar alguna contaminación después de su proceso. Para ello existen parámetros que deben cumplirse por seguridad de los propios consumidores del producto, tanto en materia prima como en producto terminado.

El análisis microbiológico incluye determinación de: 1) Recuento total de bacterias, 2) recuento total de coliformes, 3) *Escherichia coli*, 4) Recuento total de hongos y levaduras, 5) *Staphylococcus aureus* y 6) *Salmonella* sp. Todos los anteriores deben ser incluidos en las hojas de especificaciones de los productos que se desea comercializar(NGO,34003). Los métodos para realizar el análisis de 1,2,3,4 son los normalmente utilizados en microbiología de alimentos.

7.3 Análisis Sensorial: Para realizar un análisis completo de los productos de tomate. El análisis sensorial es el arma más importante. El tomate fresco y sus productos deben ser aceptados por los consumidores, para lo cual deben realizarse pruebas de calidad y microbiológicas que son completadas con las pruebas de evaluación sensorial. El análisis sensorial dará el resultado final del producto obtenido en la realización del cualquier producto de tomate, en este caso del polvo de tomate obtenido por la técnica propuesta. Los análisis de evaluación sensorial incluyen en una forma global pruebas de descripción, pruebas de discriminación y pruebas de preferencia o hedónicas. Cuando se desea obtener resultados que reflejen si el producto elaborado presenta diferencias significativas, en comparación con productos similares, se suelen utilizar análisis discriminativos. Para determinar diferencias, entre los análisis más usados están las pruebas de triángulo (Ureña et al, 1999). Existen otros métodos como comparación pareada, dúo-trío, ordenamiento (ranking). Cuando se desea categorizar una muestra, se suele utilizar algunos métodos tales como categorización cuantitativa absoluta y de ordenamiento.

Finalmente, si se desea orientar la prueba al consumidor se suele utilizar el método de preferencia pareada que refleja resultados sencillos y fáciles de interpretar, o bien se usa categorización cualitativa de muestras según apreciaciones hedónicas (Ureña et al, 1999).

En el caso del polvo de tomate, el medio para percibir cualquiera de los resultados que refleje cada una de las pruebas es la salsa dulce de tomate. Para lo cual se describe se describe el término "salsa dulce" según la definición de la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) (basado en NGO 34005).

8. Definición de salsa dulce de tomate

"Otros nombres: Ketchup, Catsup, Catchup

- a) Este tipo de salsa consiste en una comida preparada por alguno o la combinación de dos o todos los siguientes ingredientes:
- 1) El líquido obtenido de los tomates frescos.
 - 2) El líquido que se obtiene como residuo de la preparación de algunos tomates para enlatado, es decir cáscaras o corazones con o sin pedazos de tomate.
 - 3) El líquido obtenido como residuo de la extracción parcial de jugo de algunos tomates.

Algunos líquidos son obtenidos por procesos con o sin calor. Además se suele eliminar cáscara, semillas y otras sustancias duras. Sin embargo, antes de colar debe añadirse hidróxido de sodio grado alimenticio, para obtener un tomate con un radio de pH entre 2 ± 0.2 . Cualquier ajuste debe lograr finalmente que el producto sea almacenado a un pH de 4.2 ± 0.2 . Si es concentrado y sazonado con sal (cloruro de sodio formado durante la neutralización ácida, debe ser considerado como sal adicional), vinagre, especies o sabor, cebolla o ajo, y el azúcar o dextrosa, o sirope de maíz (incluyendo los jarabes secos) o siropes de glucosa o cualquier mezcla de éstos. En este producto se suelen realizar todos los análisis que se le realizan a una pasta de tomate (Gould,1974).

III. JUSTIFICACION

El cultivo de tomate en Guatemala es estacional y representa para los productores un problema de precios. En época de baja producción su precio es excesivamente elevado y unido a esto sus características son variables. Razón por la que la exportación del producto fresco no es considerable, siendo en su mayoría su único destino el mercado local. Aunque debe considerarse que se realizan pequeñas exportaciones a los países vecinos de El Salvador y Honduras.

La producción no ha crecido debido a que no es un producto mayoritario de exportación; por lo que no existe un proceso exhaustivo de selección por calidad. Sin embargo, las pérdidas del producto fresco a nivel local son altas. Por ello surge la necesidad de crear alternativas para aprovechar dichas pérdidas, finalidad primordial de este trabajo.

Se utilizaron los conocimientos de tecnología de alimentos para desarrollar un producto que pueda sustituir el uso de tomate fresco o pasta concentrada en el proceso de elaboración de cualquier producto a base de tomate.

A nivel mundial existe una producción vasta de polvo de tomate. Sin embargo, en Guatemala se elabora tomate en rodajas, cuadros pequeños y tiritas, pero no se produce polvo. Esta es la razón por la que se propone obtener un polvo de tomate, que tenga características que permitan su fácil reconstitución y que pueda ser usado en la elaboración de salsa dulce.

El desarrollo del producto va en pro del aprovechamiento del tomate cultivado a nivel nacional clasificado como no rentable para comercializarse y que puede ser aprovechado, ya que es apto para consumo.

A pesar que existen otros métodos utilizados en la elaboración de polvo de tomate tales como el secado por aspersión y el secado al vacío. El método propuesto en esta investigación, basado en la técnica de secado en capa de espuma, también permite obtener polvos de baja humedad. Además con una fácil reconstitución, libres de sabores y olores causados por daños térmicos y con igual calidad que los dos métodos mencionados anteriormente.

Este tipo de secado ha tenido mucha aceptación, debido a la simplicidad del proceso y por ello se aplica a muchos otros productos. Es evidente que no se cuenta con la maquinaria específica para el método, pero el propósito es adecuar los recursos técnicos con los que se cuenta en el país.

La razón de formular, con el polvo obtenido, la salsa dulce de tomate es buscar el producto más exigente en cuanto a las características del producto final y poder con ello asegurar su uso en otras aplicaciones.

Junto a las justificaciones anteriores, debe considerarse que usar productos deshidratados como materia prima permite la economía de espacio en el área de almacenamiento. Si se compara la utilización de tomate deshidratado con un producto fresco hidratado (concentrado de tomate) el costo del volumen y del empaque del segundo es un costo agregado al producto final, sin dejar a un lado el costo por almacenamiento.

Para un producto en fresco, es difícil asegurar al 100% una uniformidad en las características ya que, como es el caso en el cultivo del tomate, dichas características se ven afectadas durante todas las épocas del año. Por lo tanto usar polvos de tomate para la elaboración de salsas tiene como ventajas: características constantes del producto, fácil manejo como materia prima y se economiza espacio en el almacenaje. Por otro lado, se reduce el gasto de tiempo en la preparación así como la disminución en el uso de energía ya que al ser un producto listo solo para hidratar no necesita largos tiempos de cocimiento.

IV. OBJETIVOS

A. GENERALES

1. Aprovechar el tomate fresco de la producción nacional que no se comercializa, para la deshidratación del mismo y obtener polvo de tomate como producto final.
2. Determinar si el polvo puede sustituir al concentrado de tomate en la elaboración de salsa dulce de tomate.

B. ESPECIFICOS

1. Utilizar el método de rompimiento por calor (hot break) para concentrar jugo de tomate y determinar las condiciones ideales de proceso.
2. Usar una técnica basada en el método de secado en capa de espuma para deshidratar el concentrado y determinar condiciones ideales de proceso.
3. Realizar un análisis físico-químico para la caracterización del polvo obtenido mediante este método y evaluar los resultados para determinar las similitudes y diferencias entre salsa dulce de tomate elaborada con el polvo obtenido y con un concentrado de tomate usado en el mercado.
4. Efectuar un análisis sensorial para determinar las características organolépticas de la salsa dulce de tomate elaborada con el polvo obtenido en el experimento.

V. HIPOTESIS

La deshidratación de tomate por una técnica modificada de secado en capa de espuma permitirá obtener un polvo de tomate con características físico-químicas, tales que pueda sustituir al concentrado de tomate en la elaboración de salsa dulce (ketchup). Se obtiene un producto con características organolépticas similares.

VI. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

A. Preparación para la deshidratación de tomate

1. Despulpado y concentración del jugo de tomate

1.1. Medición de sólidos solubles

Se determinó sólidos solubles a 20° C del jugo obtenido para identificar los grados Brix iniciales del proceso de concentración.

2. Concentración del jugo de tomate

METODO PROPUESTO

1. Se pesó la cantidad de líquido a evaporar.
2. Se añadieron 550 ppm de dióxido de azufre (base húmeda).
3. En el reactor de chaqueta con adaptación de vacío, se concentró el jugo a temperatura de 85° C por 12 seg. , luego se disminuyó la temperatura a 65°C a una presión de 0.34 atm.
Se concentró hasta 11° Brix.
4. El concentrado obtenido se recibió en baño de hielo a 4°C.
5. Se determinó el tiempo requerido para llevar a 11° Brix .

Tabla 1
 "Diseño Experimental para el método de concentración de rompimiento por calor
 para jugo de tomate"

Unidad de estudio	Factor medido	Consideraciones	Resultados
Concentrado de tomate	Tiempo que se evaporó, para llegar a 11°Brix	Se monitoreó que la temperatura no excediera de 85° C	Gráfica de tiempo vrs. Grados Brix obtenidos hasta llegar a 11° Brix (ver anexo B, gráfica No.1)

Lo anterior permitió determinar en qué tiempo se logra aumentar un grado Brix en la pasta, para así determinar las condiciones de proceso según los grados Brix iniciales que contenía el jugo de tomate.

3. Generación de espuma

1. Se trabajó con una densidad de espuma de 0.1 g/ml.
2. Se agregó 5 mg/kg de lauril sulfato de sodio.
3. Se mezcló en un batidor, continuamente para mantener la temperatura en 10° C.

B. Obtención del polvo de tomate

1. Deshidratación de tomate por la técnica modificada de secado en capa de espuma

1. Se colocó la espuma en bandejas de aluminio de 143cm * 38.1cm, con perforaciones de 0.32 cm de diámetro. Se colocó una capa de 2 cms de alto.
2. Se deshidrató tres veces, en el horno de gabinete, a temperatura de 99° C . Se determinó por diferencia en peso el agua perdida y se realizaron curvas de secado, tomando muestras cada 10-15 minutos. Con ello se obtuvo el tiempo necesario que debe exponerse la espuma a dicha temperatura (ver gráfica No.2, anexo B)

3. Luego de realizar las 3 pruebas de deshidratación se inició a 99° C por 12 minutos y luego se redujo la temperatura a 77° C. Con el cambio en el peso y el tiempo se realizó una curva de secado que permitió determinar el tiempo necesario de exposición a 77° C (ver gráfica 3 anexo B).
4. Finalmente después de 12 minutos a 99 C y 15 minutos a 77° C se disminuyó la temperatura a 54°C dejándola por 180 minutos (ver gráfica 4, anexo B).

Tabla 2

“Temperaturas y tiempos al que debe exponerse la espuma de tomate obtenida”

	Temperatura (° C)	Tiempo del proceso
Técnica modificada de secado	99 °	12 minutos
en capa de espuma	77 °	15 minutos
	54 °	180 minutos

2. Compactación del polvo estándar: Se molió el polvo estándar, para poder seguir con los análisis correspondientes.

C. Evaluación de propiedades para la caracterización del producto

1. Rango de hidratación

Se realizó usando el siguiente método:

Tabla 3

"Temperaturas y porciones de agua para determinar el rango de hidratación de polvo de tomate"

Temperatura del agua	Cantidad de agua
1. Templada 25° C	1,2,3,4,5, partes de agua por 1 parte de polvo de tomate.
2. Fría 4° C	
3. Caliente 85° C min.	

Tabla 4

"Diseño experimental para la determinación de condiciones óptimas de hidratación del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma"

Unidad de Estudio	Variable	Repeticiones	Análisis Estadístico
Polvo de tomate Standard	-Temperatura óptima de reconstitución -Absorción ideal de agua con base en el peso	Duplicado	ANOVA

Los resultados se analizaron por medio de una ANOVA, lo cual reflejó la temperatura ideal de hidratación y el rango óptimo de hidratación.

2. Análisis químico para la caracterización

Tabla 5

“Diseño experimental para la caracterización del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma: Análisis químico “

Unidad de estudio	Factor medido	Repeticiones	Análisis Estadístico
Polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma	Propiedades descritas en metodología (parte 2)	10 réplicas para cada propiedad evaluada	Estadística Descriptiva

D. Aplicación del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma

Se utilizó la siguiente formulación de salsa dulce:

Tabla 6

"Formulación de Salsa dulce base"

Ingredientes		Porcentaje
Azúcar		20.00
Sal		3.00
Especies:		0.40
Sal de ajo	30%	
Sal de cebolla	25 %	
Glutamato monosódico	40 %	
Pimienta	5%	
Vinagre (10%)		7
Agua		43.80
Pasta de tomate		25.75
Acido cítrico		0.05
TOTAL		100.00

Se evaluaron 2 tipos de materia prima:

1. CONCENTRADO DE TOMATE (actualmente usado en el mercado)
2. POLVO DE TOMATE ESTÁNDAR OBTENIDO EN EL EXPERIMENTO

Con el polvo de tomate estándar se realizó un concentrado de 30° brix, pues estos son los grados Brix del concentrado obtenido comercialmente.

Luego se sustituyeron ambos concentrados en la formulación de salsa dulce y en los productos obtenidos con cada materia prima, se realizaron las siguientes pruebas:

1. Análisis químico para la evaluación de la aplicación.

Tabla 7

"Diseño experimental para el análisis químico para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma"

Unidad de estudio	Factor medido	Repeticiones	Análisis Estadístico
Salsa dulce de tomate	Propiedades descritas en metodología (parte 3, tabla 3)	10 réplicas por propiedad	Estadística descriptiva Ver anexo A: Datos y observaciones
1. Con polvo			
2. con concentrado			

2. Análisis microbiológico

Tabla 8

"Diseño experimental para el análisis microbiológico para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma"

Unidad de estudio	Factor medido	Repeticiones	Análisis Estadístico
Polvo de tomate estándar	Propiedades descritas en metodología (parte 4, tabla 4)	Triplicado para cada propiedad	Estadística descriptiva

3. Análisis Sensorial

Para elaborar este análisis se formuló un concentrado de tomate a 85°C. El polvo hidratado tenía la misma cantidad de grados Brix que el concentrado obtenido comercialmente (30 °)

Se sustituyeron los dos concentrados en la formulación propuesta, usando el método siguiente para el análisis:

Tabla 9

“Diseño experimental para el análisis sensorial para la evaluación de la aplicación en salsa dulce del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Unidad de estudio	Factor medido	Repeticiones	Análisis Estadístico
1. Salsa dulce de tomate elaborada con polvo de tomate estándar	Según se describe en metodología parte 5	35 panelistas	t de student para pruebas orientadas al consumidor chi-cuadrado para las pruebas orientadas al producto.
2. Salsa dulce elaborada con concentrado de tomate			

VII. MATERIALES Y METODOS

A. Metodología

Tabla 1

“Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate indicando cada método utilizado para obtener el resultado: Preparación y deshidratación del tomate fresco”

PARTE 1: Preparación y deshidratación del tomate fresco

Operación/Factor de análisis	Método
Obtención del jugo de tomate libre de semillas y cáscara	Despulpado, se tritura el vegetal fresco, lavado previamente
Sólidos solubles	Método AOAC, 22.024. Lectura en refractómetro Abbé
Concentración del tomate	Evaporación por medio de reactor con adaptación de vacío. Método de rompimiento por calor (Hot Brake) tipo Batch (Gould, 1971)
Preparación para la deshidratación: Generación de espuma	Mezclado constante en batidor Kitchen Aid, velocidad 2
Deshidratación	Técnica modificada del método de secado en capa de espuma (Foam Mat drying) (Morgan, 1963)
Compactación del polvo	Trituración en molino de martillo

Tabla 2

“Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate indicando cada método utilizado para obtener el resultado: Caracterización del polvo estándar”

PARTE 2: Caracterización del polvo de tomate

Operación/Factor de análisis	Método
Rango de reconstitución	✓ Método propuesto (referirse a diseño experimental C.1)
Actividad del agua	Por medio de método en AOAC,32004
Azúcares reductores	Método de Munson-Walker (AOAC,22.082- 31.021(D)-31.025(B)-31026(C)-31.031-31.038-31.039)
Cloruros (como NaCl)	Método del electrodo de plata, e indicador de cromato volumétrico (M.L.F.C.P 291-293, Norma COGUANOR 34003 H19)
PH (sol al 10%)	Potenciométrico AOAC,32.010 A 018-50.008, M.L.F.C.P 169-178
Porcentaje de acidez (como ácido cítrico)	Determinación de acidez titulable usando, potenciómetro para encontrar punto final (M.L.F.C.P 178-189, AOAC,22058-22059)
Porcentaje de cenizas	Método AOAC, 16.212-16.216-16.217-22.027-22.028-22.047-31.012-31.013
Porcentaje de humedad	Método AOAC, 32.052 A 055-22.013-31.011)
Porcentaje de proteína	Método de Kjiedal (AOAC,

Tabla 3

“Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate indicando cada método utilizado para obtener el resultado: Evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis Químico”

PARTE 3: Evaluación de aplicación de salsa dulce, Análisis Químico

Operación/Factor de análisis	Método
Color	Por colorímetro de Hunter
Consistencia y viscosidad gruesa	Método usando viscosímetro basado En AOAC (22.009-22.010-22.011 (M.L.F.C.P296-297)
Gravedad específica	Determinación de gravedad específica (M.L.F.C.P 281-285, AOAC 9.018-32.026)
Porcentaje de humedad	Determinación de humedad (AOAC,32.052 A 055-22.013-31.011)
Sólidos solubles	Método de medición de grados Brix (AOAC,22.024-31.011, M.L.F.C.P 287-291)
Sólidos totales	Por correlación de gravedad específica (M.L.F.C.P 281-285, AOAC 9.018-32.026)

Tabla 4

“Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate indicando cada método utilizado para obtener el resultado: Evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis Microbiológico”

PARTE 4: Evaluación de aplicación, Análisis Microbiológico

Operación/Factor de análisis	Método
Recuento total de hongos y levaduras	Método de laboratorio (AOAC; 44.225)
Recuento total de bacterias	Método de laboratorio (AOAC 46.181)

Tabla 5

“Descripción del procedimiento utilizado para la elaboración de polvo de tomate indicando cada método utilizado para obtener el resultado: Evaluación de la aplicación en salsa dulce de tomate, Análisis Sensorial”

PARTE 5: Evaluación de aplicación, Análisis Sensorial

Operación/Factor de análisis	Método
<i>Orientadas al producto</i>	
Diferencia de color	Prueba de Triángulo
Diferencia de olor	Prueba de Triángulo
Diferencia de sabor	Prueba de Triángulo
Diferencia de textura	Prueba de Triángulo
<i>Orientadas al consumidor</i>	
De preferencia	Preferencia simple

(Ureña et al., 1999)

2. Materiales

Tabla 6

“Reactivos e ingredientes utilizados para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Reactivos/ Ingredientes	
Acido clorhídrico 0.1 N	Espicias: sal de ajo, sal de cebolla,
Acido Nítrico	pimienta.
Acido tartárico	Hidróxido de sodio
Petrfilm para realizar conteo total de bacterias anaerobias	Indicadores ácidos
Agua destilada	KH_2PO_4
Bromuro	Lactosa
Carbonato de sodio	Nitrato de plata
Cloruro de bario	Oxalato de potasio
Cloruro de potasio	Sal
Cloruro de sodio	Soluciones buffer
Cromato de potasio	Sulfato lauril de sodio (USP)
Dextrosa (grado alimenticio, monohidratada)	Tiocinato de amonio
Dióxido de azufre (SO_2)	Triptosa
	Vinagre

Tabla 7

“Equipos utilizados para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Equipo	Equipo
Balanza analítica Mettler Modelo AT200	Electrodo de calomel
Balanza brazo triple beam 700 series HAUS 5.2 lbs	Electrodo de plata
Balanza de pie Detecto 0.25 lb.	Estufa de laboratorio Corning Stirrer
Baño de maría	Higrometro ISQ-372
Batidora Manual Kitchen Aid Modelo K555 Volt 115 H-260 Lista 775A	Horno Fisher Scientific Isotemp Modelo 630G
Centrifuga	Incubadora Aribi H Lo chamber cat. No 3550 Serie No. 0278
Colorímetro de Hunter	Lavador de vegetales y frutas JRW 900-0 Sin Clair
Consistómetro de Bowstick Modelo 78-K	Licuadora de cocina Osterizer de Lx
Desecadora de pyrex	Medidor de pH
Deshidratador de cabinet Serie 12805 Modelo EC 404-6 Marca Corbet	Mufla Thermolyne tipo 48000 Furnace Sybron
Despulpador Sterling Serie AA1H 2D Marca Speed Troil Belt 408-68-9 frame C71	Reactor de chaqueta
Viscoetro Fanm Modelo 35 A Número serie 753	

Tabla 8

“Material de laboratorio utilizado para la elaboración de polvo de tomate por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Material de Laboratorio	
Asas	Papel filtro whatman 4, 12
Balanza analítica	Papel tornasol
Beakers	Petrefilm
Tubos para centrifuga	Pinzas
Buretas	Pipetas
Cajas petri	Pizetas
Crisol	Platillos
Cucharitas	Probetas
Chispero	Soporte
Embudo plástico	Tabla de asbesto
Erlenmeyer	Termómetro
Espátula	Tubos de ensayo
Gradillas de madera	Varilla de agitación
Toallitas absorbentes	Vasos plásticos
Mechero	Vidrio de reloj

VIII. RESULTADOS

Tabla 1

“Resultados del Análisis físico-químico realizado al polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Característica	Media	D.E
Acidez (como ácido cítrico)	8.09	1.25
pH(sol 10%)	4.02	0.10
Proteína	9.11	0.55
Cloruros (como NaCl)	1.81	0.25
Humedad	2.00	0.20
Carbohidratos (Como azúcares reductores)	45.86	1.25
Aw	0.796	0.007
Rango de reconstitución		
Temperatura	85 C	
Partes de agua/ partes de producto	1-5:1	

Tabla 2

“Resultados obtenidos para la característica de color de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada con concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborada con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Color (Colorímetro de Hunter)	Salsa dulce PET menos roja, menos amarilla, más oscura en relación a la Salsa dulce control
-------------------------------	---

Tabla 3

“Resultados obtenidos para las características físico-químicas de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada con concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborada con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Característica	Salsa Dulce Control		Salsa Dulce PET	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Consistencia (Bowstick) (cm/30seg)	9.73	0.022	9.28	0.729
Viscosidad (Viscómetro) (cp)	180	10.541	210	6.749
Gravedad específica	1.116	0.00165	1.113	0.001383
Humedad (%)	26.85	1.19	29.73	1.02
Sólidos solubles (%)	25.40	0.70	25.20	0.42
Sólidos Totales (%) por correlación de gravedad específica	34.62	0.3583	34.06	0.3272

Tabla 4

“Resultados obtenidos para las características microbiológicas de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada en concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborada con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Característica	Salsa dulce control		Salsa dulce PET	
	Media	D.E	Media	D.E
Recuento total de hongos y Levaduras (UFC)	$10.67 \cdot 10^3$	$1.15 \cdot 10^3$	$8.608 \cdot 10^3$	$0.58 \cdot 10^3$
Recuento total de Bacterias (UFC)	$24.008 \cdot 10^3$	$1.00 \cdot 10^3$	$24.008 \cdot 10^3$	$1.73 \cdot 10^3$

Tabla 5

“Resultados obtenidos para las características sensoriales de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada con concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborada con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma ”

Característica	Análisis de Diferencia/ Prueba de Triángulo
Color	No hay diferencia significativa entre la salsa elaborada con concentrado de tomate y la salsa elaborada con polvo de tomate
Olor	No hay diferencia significativa entre la salsa elaborada con concentrado de tomate y la salsa elaborada con polvo de tomate
Sabor	Sí hay diferencia significativa entre la salsa elaborada con Concentrado de tomate y la salsa elaborada con polvo de Tomate
Textura	Sí hay diferencia significativa entre la salsa elaborada con Concentrado de tomate y la salsa elaborada con polvo de Tomate

Tabla 6

“Resultados obtenidos para las características sensoriales de dos salsas dulces de tomate: Salsa dulce control elaborada con concentrado de tomate y salsa dulce PET elaborada con polvo de tomate obtenido por medio de la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Característica	Análisis de preferencia
Preferencia	No hay preferencia significativa entre la salsa dulce elaborada con concentrado de tomate y la salsa dulce elaborada con polvo de tomate.

IX. DISCUSION

DESAROLLO DEL METODO MODIFICADO DE SECADO EN CAPA DE ESPUMA

En el desempeño práctico de este trabajo de investigación, se realizó la deshidratación de tomate bajo la técnica modificada en capa de espuma. La razón principal es que esta técnica causa niveles bajos de daño en las características del producto final.

La concentración adecuada de pasta de tomate utilizada como primer paso del procedimiento, fue de 11° Brix. Esto permitió obtener una espuma lo suficientemente estable para secar. La concentración se hizo a baja temperatura (65°C), ya que se buscaba causar el menor daño posible al producto desde el inicio del proceso. Es importante mencionar que la densidad de la espuma es un factor crítico en el proceso, pues de ello depende la velocidad de secado del producto y la eficiencia del proceso. A mayor densidad de espuma, menor estabilidad, lo cual causa pérdidas por no existir una buena retención en el sistema aire-agua de la espuma de tomate.

Debido a que el tomate no es un vegetal rico en proteína, para generar espuma se utilizó como agente espumante lauril sulfato de sodio, sin embargo debido a que la norma COGUANOR NGO 34 187 exige que el nivel residual no debe ser mayor de 25mg/kg, no pudo utilizarse una cantidad suficiente para facilitar la generación de espuma.

El proceso completo de deshidratación del producto a 99 ° C demostró que exponer a esta temperatura durante un tiempo de 45 min. causa cambios no deseados en el color y en el olor del polvo de tomate. En el tomate maduro el principal compuesto que le provee color es el pigmento llamado Licopene, el cual es un caroteno muy inestable en los procesos de deshidratación y suele sufrir oxidación. Debido a que la espuma fue expuesta a alta temperatura y por tiempo prolongado este proceso de oxidación fue favorecido al generar cambios en el polvo obtenido en el primer proceso (99°C-45 min.).

El olor presente en los tomates es causado por la presencia de volátiles tales como aldehídos, sin embargo altas temperaturas se produce oxidación de algunos compuestos que hacen que se generen sabores indeseados. Estos compuestos afectados pueden ser cetonas o bien otros productos volátiles.

Las observaciones anteriores fueron la razón principal por la que en esta técnica se busca eliminar el agua de la espuma a la menor temperatura posible y en el menor tiempo posible.

Se logró determinar que 12 minutos a 99° C era tiempo suficiente para eliminar la mayor cantidad de agua sin producir daños en color, olor y sabor. Luego se disminuyó la temperatura a 77° C, para la cual únicamente fueron necesarios 15 minutos y luego un promedio de 180 minutos a temperatura de 54° C.

El proceso anterior dio como resultado un polvo con humedad promedio de 2%. No se llevó a menor humedad, pues no se justificaba reducir tanto dicho porcentaje, ya que éste es un valor común entre polvos comerciales y está dentro del máximo permitido. Por otro lado, el polvo obtenido fue de color rojo intenso con características físico químicas dentro de los rangos promedios de otros polvos elaborados en su mayoría con el método de Spray drying (referirse a anexo D).

El polvo obtenido fue evaluado bajo los siguientes parámetros:

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS

En la tabla 1 en la sección de resultados, pueden observarse cada una de las características del polvo de tomate obtenido. El porcentaje de acidez es más alto que el porcentaje de algunos polvos comerciales. Esto se debe a que la presencia de ácidos en el tomate utilizado para este proceso es mayor. Otra razón de este resultado puede ser el índice de madurez del tomate, pues para obtener mejor rendimiento en la concentración del producto, se usó un fruto lo suficientemente maduro, es decir un tomate con alto índice de sólidos solubles.

Los sólidos solubles son un indicativo de presencia de azúcares, especialmente sacarosa. Si el nivel de maduración es excesivo, el producto tiende a ser más ácido de lo normal. Es importante tomar en cuenta que los ácidos orgánicos presentes en el tomate fresco aumentan cuando éste es procesado, especialmente el cítrico que es precisamente el ácido bajo el cual se rige la titulación realizada. Para detalle referirse a anexo C, tabla 3. Sin embargo el resultado (8.09%) se encuentra muy cerca del promedio (7.5%) común en el polvo de tomate actualmente en el mercado (referirse a anexo D para hojas de especificaciones de productos comerciales).

Respecto de las características restantes, todas presentaron un comportamiento similar al de polvos comerciales. La actividad del agua es una característica importante, pues 0.796 es un valor común y estándar en harinas o polvos de frutas. Este valor indica que su vida de anaquel es buena, tal como se pudo observar en la práctica, donde después de 2 meses, el color, olor y sabor permanecieron sin alterar.

RECONSTITUCION DEL POLVO

Esta propiedad fue objeto de un análisis estadístico, pues se utilizaron 3 temperaturas y diferentes porciones de agua para reconstituir el producto.

Los resultados estadísticos reflejaron que, sí existe diferencia significativa en reconstituir en agua a 4° C, 25° C y 85° C. lo que da como resultado que la temperatura más apropiada de hidratación fue a 85° C. Una de las diferencias básicas entre cada una de estas temperaturas, fue la velocidad de precipitación del polvo en el sistema sólido-líquido. De acuerdo a observaciones, a temperatura de 4° C el producto obtenido no logró mantener una hidratación satisfactoria. El mismo problema se presentó a 25° C, aunque la precipitación con el tiempo fue menor y la cantidad de partículas suspendidas disminuyó. Por el contrario a 85° C, como ya se mencionó, la hidratación fue satisfactoria, teniendo como máximo 7-8 partículas observables en un área de 10cm² y la precipitación después del tiempo no fue notable.

La molienda es un proceso importante en la elaboración del polvo de tomate, pues se pudo comprobar que si éste no es molido previo a la hidratación, la capacidad de retención de agua es menor, especialmente a bajas temperaturas. Esta fue la razón por la que el polvo obtenido después de la deshidratación fue sometido aun proceso de molienda.

La cantidad de agua que se agrega a este polvo de tomate, básicamente dependerá del uso que se le dará, sopas, jugos, pastas, etc. Lo anterior se pudo comprobar con el análisis estadístico, pues los resultados de la prueba de Duncan para las porciones de agua usadas en la reconstitución no presentaron diferencia significativa.

EVALUACION DE APLICACION DEL POLVO DE TOMATE OBTENIDO

El polvo obtenido, según las características físico-químicas, está dentro de los rangos comunes de polvos comerciales. Sin embargo para determinar si el polvo de tomate obtenido tiene aplicación satisfactoria, se preparó una formulación básica de salsa dulce.

El polvo se hidrató hasta una concentración de 30° Brix. Este nivel de sólidos solubles es el nivel en el que se suele comercializar cualquier concentrado de tomate para uso como materia prima en la elaboración de salsa dulce u otro producto a base de pasta de tomate.

Los resultados de la evaluación físico-química reflejaron estadísticamente que en los siete parámetros evaluados, cuatro presentaron diferencia significativa.

El color, la viscosidad y sólidos solubles no presentaron diferencia significativa entre la salsa control y la salsa elaborada a base de polvo de tomate, así que no son factores de evaluación posterior. Por el contrario, la humedad, la consistencia, sólidos totales y la gravedad específica sí son significativamente diferentes.

Se observó que la humedad del producto elaborado con polvo de tomate es mayor que la humedad del producto elaborado con concentrado. La diferencia según el análisis estadístico es significativa. Respecto de este resultado, es importante mencionar que la capacidad de atrapar agua es una de las características más susceptibles en un alimento que es expuesto al calor. El tejido llamado endocarpio sufre cambios, especialmente en los constituyentes coloidales cuando éstos son expuestos al calor, aun y cuando no se logre observar achiclosamiento o empardeamiento excesivo. En el caso del polvo de tomate obtenido bajo la técnica en cuestión, como hemos mencionado anteriormente, el nivel de daño en el tejido es bajo. Sin embargo la pérdida de agua en estos procesos de calor hace que algunos constituyentes solubles, como los azúcares, migren y formen exteriores que disminuyen el nivel hidratación.

El polvo ha sido expuesto a dos procesos de calor mientras que el concentrado únicamente a uno. Esta diferencia en el nivel de calor aplicado se ve reflejada en la capacidad de atrapar el agua dando como consecuencia un nivel mayor de agua libre en la salsa dulce de polvo en relación a la salsa dulce control.

La gravedad específica es una manera de determinar los sólidos totales en el producto, y comercialmente esta es una descripción. Se determinó que sí existe una diferencia significativa entre los valores de las dos salsas dulces en evaluación, lo cual fue comprobado con los resultados de la evaluación sensorial.

Los resultados de evaluación de consistencia de las salsas dulces, de acuerdo con la norma internacional de grados o clasificaciones de salsa dulce, colocan a ambas salsas como tipo "c". Esta denominación se refiere a una consistencia apreciablemente buena. No es una salsa con consistencia excelente, porque presenta aunque no excesivamente, separación de líquido. Esta separación se pudo observar en el momento de realizar la prueba de consistencia en el Consistómetro de Bowstick

La salsa dulce consiste en dos partes, la fibra de tomate y el jarabe. La porción de tomate usada y las características del jarabe son los factores más importantes. La pectina soluble presente es la que determina la viscosidad de la parte líquida. El índice de madurez en el tomate usado para elaborar salsa dulce es el que determina el nivel de pectina soluble. Por lo anterior se usó tomate con nivel alto de madurez que permitiera obtener un producto con alto nivel de pectina. Sin embargo el nivel de pectina no fue suficiente para lograr que ambos productos mantuvieran en suspensión el líquido presente.

Se pudo determinar que el nivel de agua presente, tanto en la salsa dulce control como la elaborada con polvo de tomate, es el factor más crítico de esta investigación. Tanto la consistencia, la gravedad específica y los sólidos totales son variables dependientes del porcentaje de humedad del producto. Aun y cuando haya diferencia, no se puede determinar cuál es la mejor, pues ambas están dentro de un rango aceptable en cuanto a la calidad de las mismas.

El análisis de color según el colorímetro de Hunter, reveló que la salsa dulce de polvo es menos roja, más amarilla y más oscura. En la prueba sensorial realizada para diferencia en color, de acuerdo a las observaciones de los panelistas no hubo diferencia significativa.

El colorímetro detectó esa variación que no es perceptible al ojo humano pero importante para determinar los cambios que sufrió el tomate al ser deshidratado. La pérdida de color es causa de la oxidación de algunos pigmentos, como es el caso de la oxidación del licopene.

En los análisis microbiológicos la diferencia no fue significativa. El valor de hongos y levaduras para la salsa control y para la salsa de polvo de tomate está dentro del límite permitido por norma COGUANOR NGO 340005. Dicho análisis se hizo para obtener un alimento seguro para quien consumió los dos tipos de salsa dulce. De igual manera sucedió con el recuento total de bacterias para ambas salsas.

Los resultados obtenidos de las pruebas físico-químicas han permitido identificar cuáles son las debilidades y fortalezas de la salsa dulce elaborada con polvo de tomate. Un recurso muy valioso es la evaluación sensorial, en la cual se pudo determinar que en color y olor según 35 panelistas, no existe diferencia significativa entre los tipos de salsa dulce evaluados.

El análisis del colorímetro de Hunter reflejó que sí existía una diferencia en color y que era menor, sin embargo esta diferencia no fue percibida por las personas que realizaron la evaluación de ambas salsas. En su mayoría el color de la salsa dulce de polvo de tomate, fue catalogado como más intenso, esto coincide con el resultado dado por el colorímetro que indicó que esta salsa era más oscura que la salsa dulce control.

Una de las razones por las cuales la salsa dulce elaborada con polvo de tomate fue catalogada como menos intensa en relación al olor, es la pérdida de volátiles solubles que se pierden con la pérdida de agua durante los procesos de deshidratación.

En los resultados de sabor y textura sí existe diferencia significativa. En relación a la textura, este resultado coincide con el análisis físico-químico en donde también se encontró diferencia en esta característica; pues la consistencia, sólidos totales, gravedad específica y humedad como se mencionó, también son significativamente diferentes. Sin embargo la salsa dulce elaborada con polvo de tomate, fue catalogada con mejor textura que su homóloga, pues su apariencia era más lisa y menos grumosa.

El sabor también fue catalogado como más intenso, este factor puede explicarse con el resultado de acidez del polvo obtenido, ya que como se mencionó, algunos ácidos como el málico y el cítrico aumentan, lo cual generó que los panelistas percibieran diferencia en esta característica.

La prueba de preferencia permitió identificar como punto final si el uso de polvo será aceptado y preferido por el consumidor de salsa dulce. Para ello se corrió la prueba de preferencia de la cual se obtuvo como resultado que no existe preferencia significativa entre la salsa dulce control y la salsa dulce de polvo. Los resultados en este caso son muy parecidos, es decir, tantas personas prefieren la salsa dulce control como la salsa dulce elaborada con polvo de tomate.

X. CONCLUSIONES

1. La técnica modificada de secado en capa de espuma tiene un tiempo de proceso de aproximadamente 3 hrs. y se obtiene un polvo de tomate de 2% de humedad. El mejor proceso para deshidratar el tomate, es concentrar el jugo de tomate a 11 ° Brix y exponer en deshidratador a las siguientes temperaturas 99 ° C (12 min.) – 77 ° C (15min.) - 54 ° C (180 min.).
2. Estadísticamente se logró determinar que las condiciones óptimas para reconstituir el polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma son: Temperatura 85° C y según sea la consistencia deseada así será el agua que debe agregarse.
3. El polvo de tomate presentó características tales que puede ser colocado o catalogado como un producto comercial, pues cumple con los límites estipulados.
4. Al tomar como base los resultados de la prueba de triángulo se pudo determinar que no existe diferencia significativa entre el color y el olor de este producto, según la evaluación sensorial de 35 panelistas.
5. La textura y el sabor de la salsa dulce control y la salsa dulce a base de polvo, sí tienen diferencia una de la otra. Sin embargo con el análisis estadístico realizado a la prueba de preferencia de ambas salsas dulces, se puede concluir que no existe preferencia significativa de una salsa con la salsa dulce elaborada con concentrado comercial, por parte de 35 panelistas escogidos al azar.
6. El polvo de tomate obtenido con aplicación en salsa dulce de tomate presentó diferencia en algunas propiedades físico-químicas como consistencia, gravedad específica, sólidos totales y humedad. Sensorialmente fueron identificadas diferencias únicamente en textura y sabor. A pesar de las diferencias anteriores, no existe ninguna preferencia por parte del consumidor, por lo que la hipótesis planteada al inicio de este trabajo de investigación se acepta.

XI. RECOMENDACIONES

1. Se determinó que a 11° Brix se podía obtener una espuma estable. Sin embargo, como se mencionó al inicio de este trabajo de investigación, el porcentaje de sólidos usado en el método original es de 30 ° Brix. Por lo tanto, se recomienda desarrollar un mecanismo que permita obtener espuma de un concentrado de tomate a este nivel de sólidos. Con ello se disminuirá el tiempo de secado, ya que habrá menor cantidad de agua que eliminar.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos de sabor, color y olor en polvo obtenido, realizar un estudio en el cual se analicen los cambios en los componentes responsables de estas características durante la deshidratación de tomate por la técnica modificada de secado en capa de espuma y compararlo con el método comercialmente usado (spray drying).
3. Realizar una evaluación del polvo obtenido bajo la técnica en evaluación con aplicación en bebidas, sopas y otros productos. Se estudia para cada uno de los casos la capacidad de retención de agua del polvo de tomate.

XII. BIBLIOGRAFIA

- Arsdel, V. Food Dehydration (Product and Technology), Vol 2. The Avi Publishing
1964. Company Inc.. West Port, Connecticut. 721pp
- Badui, S. Química de los alimentos. Longman de México Editores. México D.F.. 648pp
1996.
- Brogstrom, G. Principles of Food Science, Vol 2. The Macmillan Co.. New York. 473pp
1993
- Buttery, R.G., Seifert, R.M. Gudagni, D.G. and Ling, L.C. Characterization of additional
1971 volatile components of tomato, J . Agr Food Chem. 15,177.
- Crandall, P. Effects of preparation and milling on consistency of tomato juice and puree,
1975 Journal of Food Science. 40(4)
- Charm. S. The Fundamental of Food Engineering, 3era ed. The Avi Publishing
1981 Company Inc.. Wesport, Connecticut. 646pp.
- Desrosier, N. Elementos de Tecnología de alimentos. The Avi Publishing Co.
1997 Compañía Edit. Continental. S.A de C.V. México D.F. 783pp.
- Doty, W. All About vegetables, Ortho Books. San Ramon, Canadá. 112pp.
1996
- Eskin, M. Na. Biochemistry of Foods, Academium Press, 2da. Ed. 557pp.
1990
- Gee, Mildred et al. Storage Changes in the free amino acids of foam-mat dried
1967 tomato powders. Journal of Food Science. 32(5)

- Ghosh, B.N. Maquinaria para el procesamiento de cosecha, IICA. San José
1986 Costa Rica. 168pp.
- Ginnette, L.R. et. Al. Tomato Powder by Foam- Mat Drying. Food Technology 17(6), 133pp.
1963
- Gould, W.A. Tomato Production, Processing and Quality. Depart. of Hort. Ohio State.
1974 University Columbus, Ohio. 443pp.
- Kaufman, V.F., F.F. Taylor, D.H. y Talburt, W.F. Problems in the production of tomato juices
1955 powder by vacuum. Food Technology 9:120-123
- Luh, B.S. Leonard, S., and Marsh, G.L. Objective criteria for storage changes in tomato paste.
1958 Food Technology 12,347pp.
- Manual of Laboratory for the Food Canners and Processors. Vol. 2
1968 (analysis, sanitation and statistics). The Avi Publishing Company.
Westport, Connecticut. 443pp.
- Manual of Laboratory for the Food Canners and Processors. Vol. 1
1968 (Microbiology and Processing). The Avi Publishing Company.
Westport, Connecticut. 335pp.
- Marroquín, Ing. Agr. J.C. Actualidad del tomate en Guatemala, 1(8) Revista
1998 Agricultura...ideas para crecer. Editorial IMPRESS S.A.
- McColloch, R.J, Keller, G.J. y Beavens, E.A.. Factor influencing the quality of
1952 tomato products. Food Technology 6: 1997
- Miladi, S., Gould, W.A. and Clements, R.L. Heat processing effects of starch, sugar, proteins,
1969 amino acids of tomato juice. Food Technology. 23,93
- Potter, N: Hoseph H. Food Science. Edit. Chapman & Hall, 5ta ed. New York, USA. 608 pp
1996

- Singh, R.P Demistt. Introduction to Food Engineering. Academic Press Harcourt Brace & Cor,
1993 2ed. San Diego, California. 499pp.
- Smith, H.R. The Consistency of Tomato Products, Res. Lab. Natl. Canners
1970. Association (Mimeo Rept, 310415)
- Ureña M., Matilde D. Y Girón, M. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Edit. Agraria, 1ed
1999. Lima, Perú. 197pp.
- Villela, José Daniel. El cultivo del tomate. MAGA . Proyecto de Desarrollo Agrícola,
1993 por Intermedio de la Finca Louis Berger International Inc. 147pp.
- Van, H. Food Composition and Nutrition Tables. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
1987 4ta ed. Revisada y mejorada. Stuttgart, Germany. 1028pp.
- William, S. Official Method Of Analysis of the Association of official Analytical Chemist.
1984 Association of Official Analytical Chemist. Inc. 14ed. Arlington Virginia, USA.
1131pp.

ANEXOS

ANEXO A

Datos y observaciones

A. Preparación del tomate para la obtención del polvo de tomate

1. Despulpado y obtención del jugo de tomate

Porcentaje promedio de pulpa obtenida	= 4.5 %
Grados brix iniciales de jugo de tomate roma	= 7 brix

2. Concentración de tomate: Ver gráfica No. 1, anexo B

Ecuación para determinar el tiempo de concentración de jugo de tomate (despulpado) a 5 psi de presión de vapor por medio del método de rompimiento por calor.: $y = 0.5839x + 6.7036$
donde y= Grados brix x= Tiempo de proceso en minutos

B. Obtención de polvo de tomate

Tabla 1

“Proceso utilizado para deshidratación: Técnica modificada de secado en capa de espuma”

Temperatura	Tiempo de proceso
99 ° C	12 minutos (ver gráfica No. 2, anexo B)
77 ° C	15 minutos (ver gráfica No. 3, anexo B)
54 ° C	153 minutos
99 ° C- 77 ° C – 54 ° C	180 minutos (ver gráfica No. 4, anexo B)

C. Evaluación de propiedades para la caracterización del producto

1. Rango de hidratación

Tabla 2

“Cantidad de partículas de tomate observables en un área de 10 cm² a tres diferentes temperaturas y 5 porciones diferentes de agua ”

PP/agua	Temperatura 4 ° C	Temperatura 25 ° C	Temperatura 85 ° C
1 P/agua	56	25	10
	55	27	12
2 P/agua	52	20	9
	50	22	10
3 P/agua	50	19	8
	50	23	9
4P/agua	43	19	7
	47	21	8
5 P/agua	35	16	8
	34	19	6

Los datos internos se refieren al número de partículas observadas en un espacio de 10cm *10 cm .

Tabla 3

“Análisis de varianza para: rango de hidratación del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Mínimos cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Muestra	407.33	4	101.83	43.64	4.32E-08	3.06
Columnas	7724.07	2 ✓	3862.03	1655.16	2.55E-18	3.68
Interacción	204.27	8	25.53	10.94	5.12E-05	2.64
Within	35.00	15	2.33			
Total	8370.67	29				

Tabla 4

“Prueba de Duncan para determinar la cantidad de agua óptima de reconstitución del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

	1p/agua	2p/agua	3p/agua	4p/agua	5p/agua
	30.83333	27.16667	26.5	24.16667	19.66667
5p/agua	19.66667	11.16667	7.5	6.8333	4.5
4p/agua	24.16667	6.66667	3	2.333	
3p/agua	26.5	4.333333	0.66667		
2p/agua	27.16667	3.66667			
1p/agua	30.83333				

Para identificación de las tablas se da la siguiente clave:

SC= Suma de cuadrados

gl = Grados de libertad

MC= Mínimos Cuadrados

P/agua	
Tratamientos	5
Repeticiones	2
Grados libertad	15
Significancia	0.05
Mc	2.333333

$$S_x = \text{Sqr} (M_c / \text{repeticiones})$$

$$= \text{Sqr} (1.166667)$$

$$= 1.080123$$

G/v	2	3	4	5
Tabla	3.01	3.16	3.25	3.31
Wp	3.251172	3.41319	3.510401	3.575208619

5p/agua	19.66667	A
4p/agua	24.16667	B
3p/agua	26.5	B
2p/agua	27.16667	B
1p/agua	30.83333	C

Tabla 5

“Prueba de Duncan para determinar la cantidad de agua óptima de reconstitución del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

		T 4 ° C	T 25 ° C	T 85 ° C
		47.2	21.1	8.7
T 85 ° C	8.7	38.5	12.4	
T 25 ° C	21.1	26.1		
T 4 ° C	47.2			

Para T °		$S_x = \sqrt{M_c / \text{repeticiones}}$
Tratamientos	3	$= \sqrt{1.166667}$
repeticiones	2	$= 1.080123$
grados libertad	15	
significancia	0.05	
M_c	2.33	

g/v	2	3
Tabla	3.01	3.16
W_p	3.251172	3.41319

T 85 ° C	8.7	A		
T 25 ° C	21.1		B	
T 4 ° C	47.2			C

2. Análisis químico para la caracterización del polvo de tomate

Tabla 6

“Estadística Descriptiva para las características físico-químicas analizadas del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Estadística Descriptiva	Aw	% Azúcares Reductores	% Cloruros (NaCl)	PH (solución 10%)
Media	0.796	42.859	1.805	4.02
Error Estándar	0.002211	0.39545	0.079781	0.0326
Mediana	0.8	42.92	1.83	4
Moda	0.8	#N/A	#N/A	4
Desviación Estándar	0.006992	1.250524	0.25229	0.10328
Varianza de la muestra	4.89E-05	1.56381	0.06365	0.010667
Curtosis	2.045455	3.230259	-0.96199	-0.89565
Simetría	-1.65772	-1.50387	-0.33573	0.272319
Rango	0.02	4.32	0.72	0.3
Mínimo	0.78	39.89	1.4	3.9
Máximo	0.8	44.21	2.12	4.2
Suma	7.96	428.59	18.05	40.2
Cuenta	10	10	10	10

Tabla 7 (continuación)

“Estadística Descriptiva para las características físico-químicas analizadas del polvo de tomate obtenido por la técnica modificada de secado en capa de espuma”

Estadística Descriptiva	% acidez (como ácido cítrico)	% proteína	% humedad	% cenizas
Media	8.091346	9.112791185	1.99988484	9.74511165
Error Estándar	0.395361	0.172667705	0.062009	0.36912091
Mediana	7.355769	9.091381016	2.00207087	9.80588354
Moda	7.355769	#N/A	#N/A	#N/A
Desviación Estándar	1.25024	0.546023226	0.19608969	1.16726281
Varianza de la muestra	1.563101	0.298141363	0.03845117	1.36250246
Curtosis	-1.50521	-1.093093053	0.44680353	1.80510552
Simetría	0.704007	-0.108855868	-0.11896726	-0.62513136
Rango	2.942308	1.593333942	0.67976966	4.36508392
Mínimo	6.865385	8.253128008	1.63839026	7.27590221
Máximo	9.807692	9.846461949	2.31815992	11.6409861
Suma	80.91346	91.12791185	19.9988484	97.4511165
Cuenta	10	10	10	10

D. Aplicación del polvo estándar1. Análisis químico para la evaluación de salsa dulce

Tabla 8

“Datos reflejados por el Colorímetro de Hunter para la evaluación de color de salsa dulce de tomate control vrs salsa dulce de tomate de polvo (PET)”

	Salsa Dulce Control			
	DL	Da	Db	DE
Estándar	26.52	13.37	7.02	
Tolerancia +	4	4	4	5
Tolerancia -	4	4	4	
	Salsa Dulce PET			
	DL	Da	Db	DE
Estándar	26.52	13.37	7.02	
Tolerancia +	4	4	4	5
Tolerancia -	4	4	4	
Muestra	-1.39	-3.01	-1.01	3.46
	Más oscura	Menos roja	Menos amarilla	

Tabla 9

“Análisis de varianza de un sólo factor y estadística descriptiva para Consistencia de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Salsa control	10	97.3	9.73	0.022333
Salsa de polvo	10	92.8	9.28	0.072889

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Entre Grupos	1.0125	1	1.0125	21.26604	0.000217	4.413863
Dentro de grupos	0.857	18	0.047611			
Total	1.8695	19				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	9.73	9.28
Error Estándar	0.047258156	0.085375
Mediana	9.75	9.3
Moda	9.8	9.3
Desviación Estándar	0.149443412	0.269979
Varianza de la muestra	0.022333333	0.072889
Curtosis	0.478312064	2.418482
Simetría	-0.139822306	1.36528
Rango	0.5	0.9
Mínimo	9.5	9
Máximo	10	9.9
Suma	97.3	92.8
Cuenta	10	10

Tabla 10

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para Viscosidad de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen				
<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Salsa control	12	3780	315	218790.9
Salsa de polvo	12	4473	372.75	306278

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Entre Grupos	20010.375	1	20010.38	0.07622	0.785064	4.300944
Dentro de grupos	5775758.25	22	262534.5			
Total	5795768.625	23				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	180	213
Error Estándar	3.333333333	2.134375
Mediana	180	210
Moda	170	210
Desviación Estándar	10.54092553	6.749486
Varianza de la muestra	111.1111111	45.55556
Curtosis	-2.571428571	4.765021
Simetría	0	2.276596
Rango	20	20
Mínimo	170	210
Máximo	190	230
Suma	1800	2130
Cuenta	10	10

Tabla 11

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para gravedad específica de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Salsa control	10	11.15947539	1.115947539	2.73725E-06
Salsa de polvo	10	11.13320034	1.113320034	1.91314E-06

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Entre Grupos	3.45E-05	1	3.45189E-05	14.84561355	0.001165295	4.413863053
Dentro de grupos	4.19E-05	18	2.32519E-06			
Total	7.64E-05	19				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	1.115948	1.113320034
Error Estándar	0.000523	0.000437394
Mediana	1.115795	1.112788462
Moda	#N/A	#N/A
Desviación Estándar	0.001654	0.001383162
Varianza de la muestra	2.74E-06	1.91314E-06
Curtosis	-0.43639	2.54839846
Simetría	-0.12426	1.694368221
Rango	0.005419	0.00429012
Mínimo	1.113175	1.112238806
Máximo	1.118594	1.116528926
Suma	11.15948	11.13320034
Cuenta	10	10

Tabla 12

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para porcentaje de humedad de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

Grupo	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Salsa control	10	268.5156986	26.85156986	1.41132
Salsa de polvo	10	297.2512692	29.72512692	1.047266

ANOVA

Fuente de Variación	SC	gl	MC	F	Valor P	F crit
Entre Grupos	41.28665082	1	41.28665082	33.58569	1.72E-05	4.413863053
Dentro de grupos	22.1272752	18	1.229293067			
Total	63.41392601	19				

Estadística Descriptiva	Salsa Dulce Control	Salsa Dulce de Polvo
Media	26.85156986	29.72512692
Error Estándar	0.375675412	0.323614892
Mediana	26.59175763	29.5303064
Moda	#N/A	#N/A
Desviación Estándar	1.187989963	1.023360143
Varianza de la muestra	1.411320151	1.047265982
Curtosis	-0.429044295	-0.536469423
Simetría	0.775883238	0.528249102
Rango	3.320089926	3.27295907
Mínimo	25.4785537	28.33699944
Máximo	28.79864363	31.60995851
Suma	268.5156986	297.2512692
Cuenta	10	10

Tabla 13

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para sólidos solubles de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

Grupo	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Salsa control	10	254	25	0.488889
Salsa de polvo	10	252	24	0.177778

ANOVA

Fuente de Variación	SC	gl	MC	F	Valor P	F crit
Entre Grupos	0.2	1	0.2	0.6	0.448634	4.413863
Dentro de grupos	6	18	0.333333			
Total	6.2	19				

Estadística Descriptiva	Salsa Dulce Control	Salsa Dulce de Polvo
Media	25	24
Error Estándar	0.221108319	0.133333
Mediana	25	25
Moda	25	25
Desviación Estándar	0.699205899	0.421637
Varianza de la muestra	0.488888889	0.177778
Curtosis	2.045454545	1.40625
Simetría	1.657724729	1.778781
Rango	2	1
Mínimo	25	25
Máximo	27	26
Suma	254	252
Cuenta	10	10

Tabla 14

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para sólidos totales de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Salsa control	10	346.2	34.62	0.128444
Salsa de polvo	10	340.6	34.06	0.107111

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Entre Grupos	1.568	1	1.568	13.31321	0.001837	4.413863
Dentro de grupos	2.12	18	0.117778			
Total	3.688	19				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	34.62	34.06
Error Estándar	0.113333	0.103494
Mediana	34.6	34
Moda	34.6	33.8
Desviación Estándar	0.358391	0.327278
Varianza de la muestra	0.128444	0.107111
Curtosis	-0.14116	1.975246
Simetría	-0.18537	1.490984
Rango	1.2	1
Mínimo	34	33.8
Máximo	35.2	34.8
Suma	346.2	340.6
Cuenta	10	10

3. Análisis Microbiológico para la evaluación

Tabla 15

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para recuento total de hongos y levaduras de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Salsa control	3	32	10.6667	1.33333
Salsa de polvo	3	26	8.66667	0.33333

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
Entre Grupos	6	1	6	7.2	0.05504	7.70865
Dentro de grupos	3.333333333	4	0.83333			
Total	9.333333333	5				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	10.66666667	8.66667
Error Estándar	0.666666667	0.33333
Mediana	10	9
Moda	10	9
Desviación Estándar	1.154700538	0.57735
Varianza de la muestra	1.333333333	0.33333
Curtosis	#DIV/0!	#DIV/0!
Simetría	1.732050808	-1.7321
Rango	2	1
Mínimo	10	8
Máximo	12	9
Suma	32	26
Cuenta	3	3

Tabla 16

“Análisis de varianza de un solo factor y estadística descriptiva para recuento total de bacterias de salsa dulce control y salsa dulce de polvo”

Resumen

<i>Grupo</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
	3	72	24	1
Salsa control				
Salsa de polvo	3	72	24	3

ANOVA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>MC</i>	<i>F</i>	<i>Valor P</i>	<i>F crit</i>
	0	1	0	0	1	7.70865
Entre Grupos						
Dentro de grupos	8	4	2			
Total	8	5				

<i>Estadística Descriptiva</i>	<i>Salsa Dulce Control</i>	<i>Salsa Dulce de Polvo</i>
Media	24	24
Error Estándar	0.57735	1
Mediana	24	23
Moda	#N/A	23
Desviación Estándar	1	1.73205
Varianza de la muestra	1	3
Curtosis	#DIV/0!	#DIV/0!
Simetría	0	1.73205
Rango	2	3
Mínimo	23	23
Máximo	25	26
Suma	72	72
Cuenta	3	3

4. Análisis Sensorial

Pruebas orientadas al producto

Prueba de Diferencia : Análisis Estadístico de Chi-cuadrado

Nivel de significancia: 0.05

Tipo de prueba de hipótesis: Chi-cuadrado

Se acepta H_p si $X^2_{cal} < X_{tab} (0.95, 34)$

Se acepta H_a si $X^2_{cal} > X_{tab} (0.95, 34)$

Prueba de chi-cuadrado:

$$X^2 = \frac{(\sum X_j - 2X_k / -3)^2}{8n}$$

X_j : número de respuestas acertadas

X_k : número de respuestas no acertadas

n : número total de respuestas

Prueba para la diferencia de olor

Hipótesis: H_p = No hay diferencia en el olor entre las dos muestras evaluadas

H_a = Hay diferencia en el olor de las dos muestras evaluadas

X_j : 6

X_k : 29

n : 35

$$X^2 = \frac{(\sum (4(6) - 2(29) / -3)^2}{8(35)}$$

3.43 < 3.84 (0.95, 1) Tabla X^2

Prueba de diferencia de color

Hipótesis: H_p = No hay diferencia en el color entre las dos muestras evaluadas
 H_a = Hay diferencia en el color de las dos muestras evaluadas

X_j : 11

X_k : 24

n : 35

$$X^2 = \frac{(\frac{1}{4}(11) - 2(24) / -3)^2}{8(35)}$$

$$0.0036 < 3.84 (0.95, 1) \text{Tabla } X^2$$

Prueba de diferencia de sabor

Hipótesis: H_p = No hay diferencia en el sabor entre las dos muestras evaluadas
 H_a = Hay diferencia en el sabor de las dos muestras evaluadas

X_j : 21

X_k : 14

n : 35

$$X^2 = \frac{(\frac{1}{4}(11) - 2(24) / -3)^2}{8(35)}$$

$$10.03 > 3.84 (0.95, 1) \text{Tabla } X^2$$

Prueba de diferencia textura visual

Hipótesis: H_p = No hay diferencia en la textura visual de las dos muestras evaluadas
 H_a = Hay diferencia en la textura visual de las dos muestras evaluadas

Xj: 30

Xk: 5

n: 35

$$X^2 = \frac{(\frac{1}{4}(30) - 2(5) - 3)^2}{8(35)}$$

$$40.89 > 3.84 (0.95, 1) \text{Tabla } X^2$$

Pruebas Orientadas al consumidor

Prueba de preferencia: Análisis estadístico T student

Planteamiento:

H_p: no hay preferencia entre las dos muestras evaluadas

H_a: Sí existe preferencia entre las dos muestras evaluadas

Nivel de significancia: 0.05

Tipo de prueba t

Se acepta H_p si T_{cal} < T_{tab} (0.95, 34)

Se acepta H_a si T_{cal} > T_{tab} (0.95, 34)

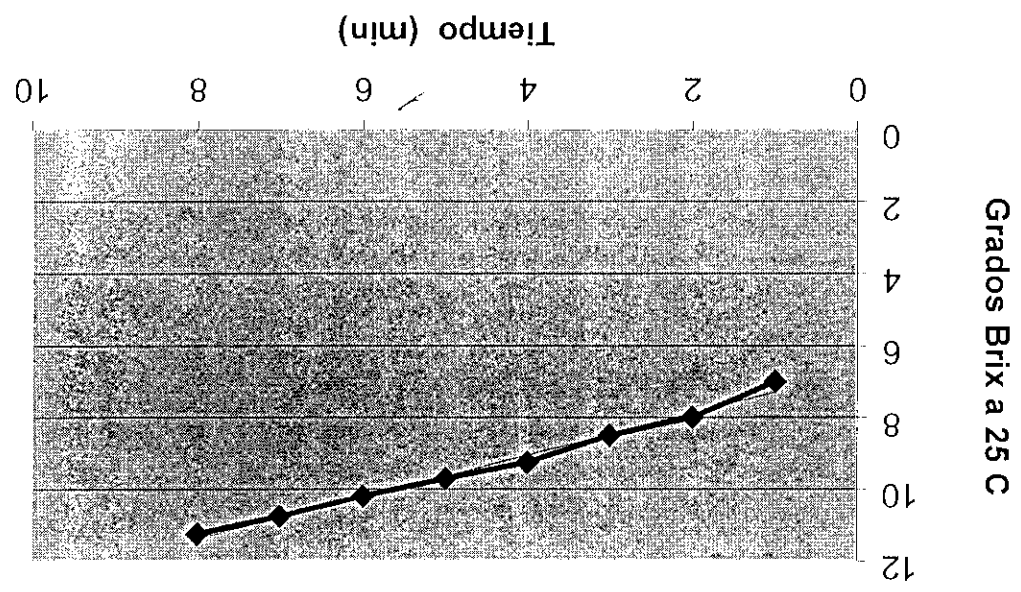
Número de respuestas acertadas:	16
Observaciones totales:	35
Media:	17.5
Desviación:	8.75
Valor T calculado:	-0.17143
Valor T tab:	1.692

$$-0.17143 < 1.692$$

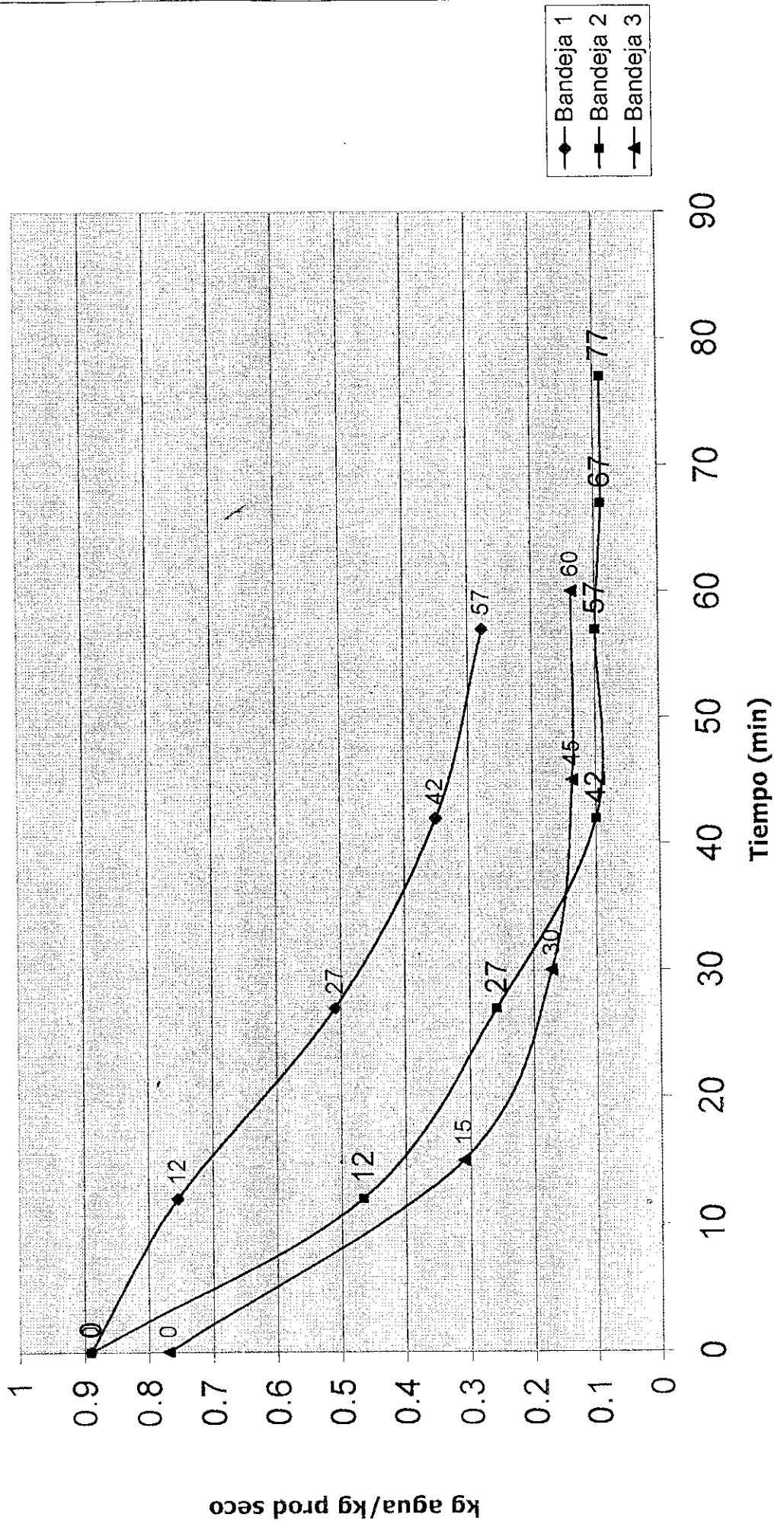
ANEXO B

Gráficas de Resultados

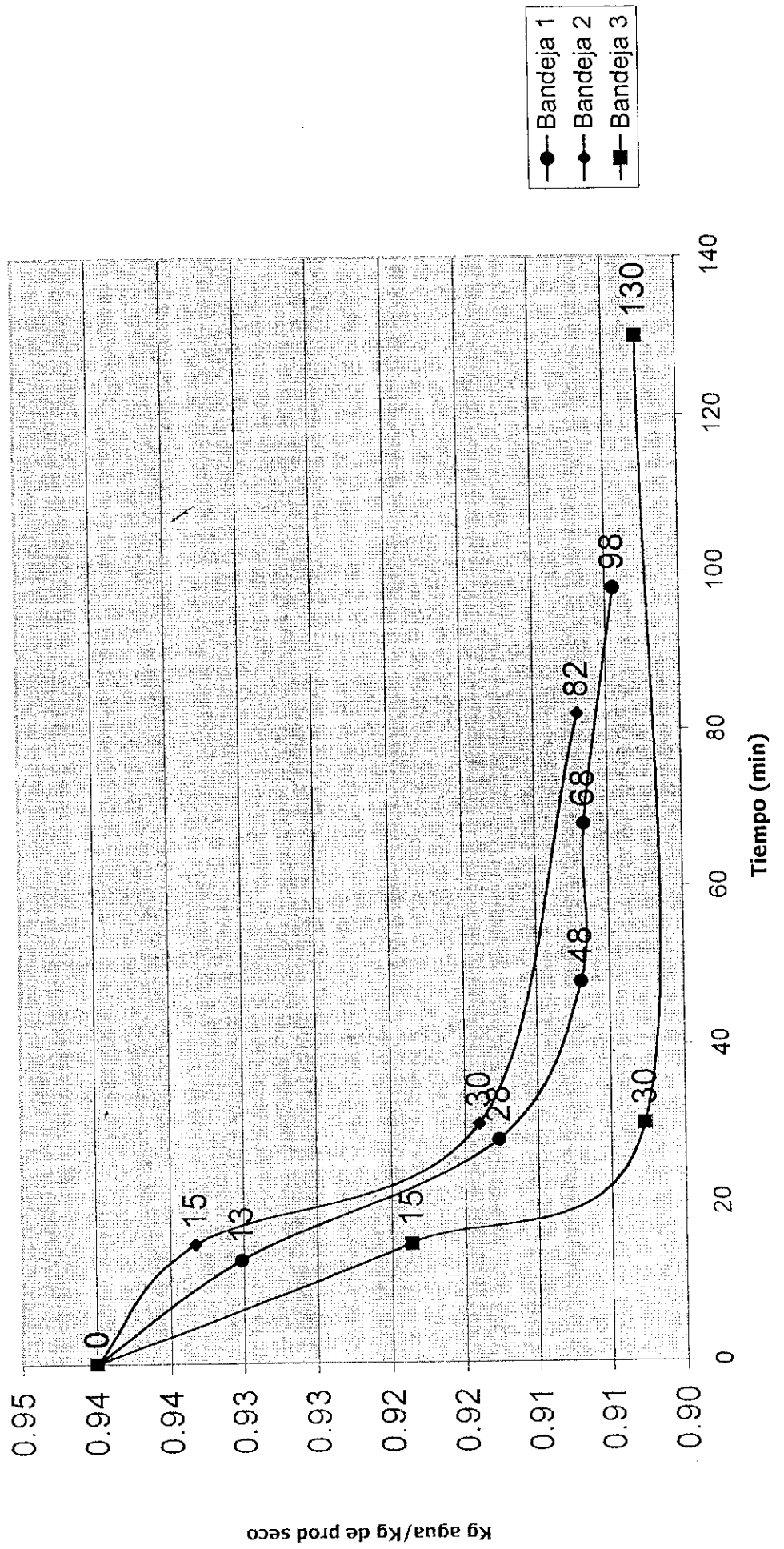
Gráfica B.1
"Cambios de los grados Brix con respecto al tiempo en el proceso de concentración de jugo de tomate a 5 psi de presión de vapor y 65 C"



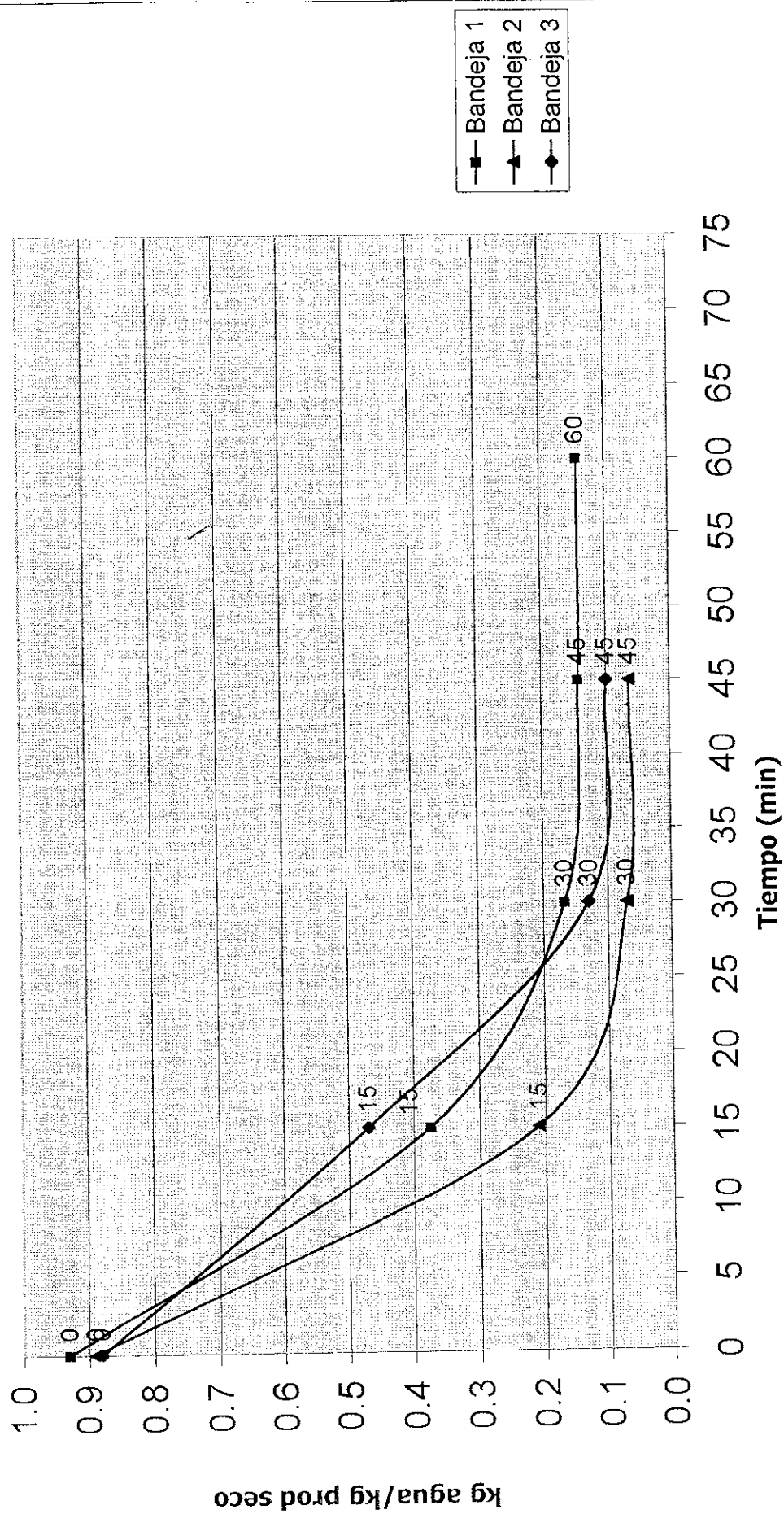
Gráfica B.3
"Curva de secado de espuma de tomate a 77 C, para la elaboración de
polvo de tomate"



Gráfica B.4
 "Curva de secado de espuma de tomate a 99 C - 77 C - 54 C, para la elaboración de polvo de tomate"



Gráfica B.2
"Curva de secado de espuma de tomate a 99 C, para la elaboración
de polvo de tomate"



ANEXO C

Tabla usadas para procedimiento e Información de tomate

Tabla 1

“Corrección para la gravedad específica cuando se determina a otras temperaturas de 25 ° C
(77° F)”

Temperatura		Corrección
°0F	0°C	Gravedad específica
Para restar de la lectura		
59.0	15	0.0026
60.8	16	0.0023
62.6	17	0.0021
64.4	18	0.0018
66.2	19	0.0016
68.0	20	0.0013
69.8	21	0.0010
71.6	22	0.0008
73.4	23	0.0005
75.2	24	0.0002
Para sumar a la lectura		
78.8	26	0.0003
80.6	27	0.0006
82.4	28	0.0009
84.2	29	0.0011
86.0	30	0.0014
87.0	31	0.0017

Tabla 2

“Correcciones para la escala de brix cuando se determina a otras temperaturas de 25° C(77° F)

Temperatura		Lectura de grados brix					
° F	° C	5	10	15	20	25	30
para restar de la lectura							
59.0	15	0.64	0.67	0.70	0.72	0.72	0.74
60.8	16	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.67
62.6	17	0.53	0.55	0.57	0.59	0.59	0.6
64.4	18	0.48	0.49	0.51	0.52	0.52	0.53
66.2	19	0.41	0.42	0.44	0.45	0.45	0.46
69.8	20	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39
71.6	21	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31
73.4	22	0.21	0.22	0.23	0.22	0.23	0.24
75.2	23	0.14	0.15	0.15	0.15	0.18	0.16
	24	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
para sumar a la lectura							
78.8	26	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08
80.6	27	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17
82.4	28	0.22	0.24	0.24	0.24	0.25	0.25
84.2	29	0.30	0.32	0.32	0.33	0.34	0.34
86.0	30	0.39	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42

(Gould,1974)

Tabla 3

"Presencia de ácidos orgánicos en tomate fresco y tomate procesado"

Acido	Miliequivalente/l	
	Fresco	Procesado
Acético	1.06	1.56
Láctico	1.37	1.46
Succínico	0.60	0.49
Alfa-cetoglutárico	1.10	0.53
Pirolidona-carboxílico	0.81	8.10
Desconocidos	0.17	0.28
Málico	3.72	5.39
Cítrico	60.92	66.92

(Gould,1,974)

ANEXO D

El tomate en Guatemala y Especificaciones de polvos de tomate comerciales

Tabla 1

“Agrupación del tomate según sus características”

AGRUPACION	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Formas:	a. Redondos b. Globo c. Achatado d. Ciruela e. Cuadrado	d. Cilíndrico	b. Pera
Uso:	a. Industrial b. Mesa c. Decorativos	a. Industrial	a. Industrial
Mercado:	a. Salvadoreño b. Guatemalteco	a. Guatemalteco	a. Guatemalteco
Consumo:	a. Fresco b. Procesado	a. Fresco b. Procesado	a. Fresco b. Procesado

(MAGA,1993)

Tabla 2

“Variedades e híbridos de tomate que se cultivan en Guatemala”

Variedad	Forma
ALLEGRO (HIBRIDO)	Redonda cuadrada
BRIGADE(HIBRIDO)	Cuadrado
BUTTE (VARIEDAD)	Redondo
CENTURION (HIBRIDO)✓	Redonda cuadrado
XPH5979(HIBRIDO)	Cilíndrico alargado
EL REY (VARIEDAD)	Redondo cuadrado
ELIOS (HIBRIDO)	Pera
LA ROSA (VARIEDAD)	Pera
LERICA(HIBRIDO)	Cuadrado casi pera
N-4764 (HIBRIDO)	Redondo alargado
NEMA 1200 (HIBRIDO)	Redondo a ciruela
NEMA 1400 (HIBRIDO)	Redondo a ciruela
PETO 95 (HIBRIDO)	Redondo cuadrado
PETO 98 (VARIEDAD)	Redondo a cuadrado
RIO GRANDE (VARIEDAD)	Redondo cuadrado a ciruela
ROMA VFN (VARIEDAD)	Pera
UC82 (VARIEDAD)	Redondo a cuadrado
ZENITH(HIBRIDO)	Cilíndrico y alargado

(MAGA, 1993)

ESPECIFICACION:**TOMATE EN POLVO cold break**

Emitido: 08/96

Código: A-B-AB

DESCRIPCION

Transformación:	deshidratación.
Presentación:	polvo.
Producto natural:	tomate natural rojo, fresco, sano, maduro.
Materia prima:	tomate concentrado cold break.
Elaboración:	atomización de la materia prima.
Aditivos:	opción: SiO ₂ (como agente antiaglomerante).
Agentes colorantes:	ninguno.
Howard, pesticidas:	conforme al reglamento UE, FDA.

ANALISIS FISICO-QUIMICO

Humedad:	4.00	% max., estufa vacío, 6h, 70°C.
Viscosidad:	8,00 - 10,00	cms. Bw., 12% s.s.
Acidez:	5,0 - 7,0	%, como ácido cítrico.
Azúcares:	45,0 - 50,0	%, como azúcares reductores.
Cloruro:	1.80	% max., como cloruro sódico.
Color en agua:	0.50	% max., E 1%/1cm. 380 μ m.
Color en hexano:	3,50 - 4,50	%, E 1%/1cm. 472 μ m.
Color Hunter/Gardner:	1.75	mln., a/b, 8,5% ss (BCR)
Densidad:	0,60 - 0,70	gr/cm ³ .

ANALISIS ORGANOLEPTICO

Reconstitución:	añada 1 gr. de producto a cada 10 mls. agua, hierva 1 minuto, removiendo.
Solución:	estable, poco viscosa, olor tomate, sin sabores extraños-amargos.
Color reconstituido:	rojo fuerte.

GRANULOMETRIA

A través malla 1mm:	100	%
Sobre malla 0,50 mm:	0,6 - 0,4	%
Sobre malla 0,20 mm:	40 - 50	%
A través malla 0,075 mm:	11 - 7	%

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Recuento total aerobios:	10,000	/gr., max.
Coliformes:	0	/10 grs., max.
Mohos y levaduras:	100	/gr., max.
Clostridium perfringens:	10	/gr., max.
Patógenos:	-	
E. coli:	0	/20 grs.

APLICACIONES

**ESPECIFICACION
PRODUCTO TERMINADO**

PRODUCTO: TOMATE EN POLVO

CÓDIGO: LITESATE WWP00-80

PROPIEDADES: ESPECIFICACION

I. DESCRIPCION: **POLTOMATE** es un polvo fino de color rojo típico del tomate, exento de impurezas, olor y sabor típico, ligeramente ácido, producto del secado por aspersión de pasta de tomate.

II. ANALISIS FISICOQUIMICOS:

	<u>MINIMO</u>	<u>MAXIMO</u>
Humedad (%)		5.00
pH (Sol. Al 10%)	4.00	5.00
Acidez	4.00	7.00

III. CARACTERISTICAS TIPICAS: **TIPICO**

Consistencia Bostwich (cm)	15.00
Azúcares reductores (Como dextrosa) (B.S.)	35.00
Cenizas (% B.S.)	5.00
Proteína (% B.S.) (N x 6.25)	7.00
Cloruros (%B.S.) (Como NaCl)	4.00

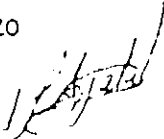
IV.- ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

	<u>MAXIMO</u>
Cuenta total de Mesófilos aerobios (UFC/g)	10,000
Coliformes totales en placa (UFC/g)	10
E. Coli	Negativo
Hongos y Levaduras (UFC/g)	100

IV: ENVASE

Bultos de 40 Kgs con bolsa interior de polietileno de calibre 400 y bolsa exterior de papel kraft de 3 capas. Para mantener las características del producto debe conservarse a temperatura ambiente y las bolsas cerradas. Este producto tiene una vida de anaquel de 6 meses bajo condiciones controladas.

Autorizo



— Ing. José Luis ayla C.
Control de Calidad

TOMATE DESHIDRATADO EN POLVO 100%



DESCRIPCION: POLVO FINO HOMOGENEO, DE COLOR ROJO LIBRE DE MATERIA EXTRAÑA

ESPECIFICACIONES:

A. SENSORIALES: COLOR CARACTERISTICO CONTRA ESTANDAR
SABOR CARACTERISTICO CONTRA ESTANDAR

B. FISICOQUIMICOS:		MIN	MAX
HUMEDAD	(%)	-----	4.0
CENIZAS	(%)	-----	10.0
PROTEINAS	(%)	10	15.0
ACIDEZ	(%)		
(Como Ac. Cítrico)		5.5	7.5
P.H			
(Sol. Al 10%)		4.0	5.0
CLORUROS			
(Como NaCl)		-----	2.5
AZUCARES REDUCTORES		40	50.0

C. MICROBIOLÓGICAS:

CUENTA ESTANDAR (Col/g)	10,000 MAX
CUENTA ORG. COLIFORMES (Col/g)	NEGATIVO
E. COLI	NEGATIVO
STAPHYLOCOCCUS a. (1g)	NEGATIVO
SALMONELLA Sp. (25 g)	AUSENTE
CUENTO DE HONGOS Y LEVDURAS (Col/g)	100 MAX

INGREDIENTES: TOMATE

EMPAQUE SACO DE POLIPROPILENO O PAPEL KRAFT CON DOBLE BOLSA INTERIOR DE POLIETILENO, CONTENIDO NETO 25 KG

ALMACENAMIENTO: ALMACENADO EN LUGAR FRESCO Y SECO EL PRODUCTO SE MANTIENE EN BUEN ESTADO POR 6 MESES

Gráfica D.1

"Precios por caja de 42 lbs de tomate fresco denominado "Industrial", reportado por la Bolsa Agrícola de Guatemala para el período de Junio 1998-Diciembre 2000"

