

ELABORACIÓN DE TOMATE DESHIDRATADO

PREPARATION OF DEHYDRATED TOMATO

Ortiz Jurado Cynthia Daiana ¹

¹ Investigadora Junior - Departamento de Procesos Industriales, Biotecnológicos y Medio Ambientales - Carrera de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”

Correo electrónico: Cynthia.daiana78@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la deshidratación de tomate “perita” por medio de aire caliente forzado en una cámara de secado de bandejas, siendo seleccionada esta variedad ya que es la más apta para el proceso de deshidratación debido a sus características fisicoquímicas y por constituir el 70% de la producción de tomate en el departamento de Tarija.

Con el fin de determinar las condiciones adecuadas para la deshidratación de tomate y lograr un producto de calidad, se procedió a usar diferentes temperaturas de deshidratación y diferentes concentraciones de metabisulfito de sodio en la etapa de sulfitación.

Las variables manipulables fueron: rango de temperatura (40 y 60 °C) y la concentración de metabisulfito de sodio en la solución (5, 1 y 0,1%); las variables fijas fueron: una velocidad de aire de 1,5 m/s y una densidad de carga de 0,1292 kg/m² y las variables de respuesta: Humedad final del producto y tiempo de secado.

En esta experiencia se determinó que el proceso, con el cual se logró un producto de calidad es trabajando a una temperatura de 60 °C y una solución de 0,1% de metabisulfito de sodio para la sulfitación. Además de eso se concluyó que es necesario un envasado al vacío para que el tomate se conserve.

PALABRAS CLAVE:

Secado, tomate deshidratado, humedad.

ABSTRACT

In this research the dehydration of tomato “perita” was realized through forced hot air in drying chamber trays. This variety of tomato was selected because it is the most suitable for the dehydration process due to their physicochemical

characteristics and because it constitutes the 70% tomato production in the Tarija’s department.

In order to determine the appropriate conditions for the dehydration of tomato and achieve a quality product, we will proceed to use different dehydration temperatures and different concentrations of sodium metabisulfite at the stage of sulfation.

The manipulated variables were: temperature range (between 40 and 60 °C) and the concentration of sodium metabisulfite solution (5, 1 and 0.1%); fixed variables were: the air velocity of 1.5 m / s and the load density, which was of 0.1292 kg/m², and the response variables: final moisture and drying time.

In the experience, with this product, it was determined that the process, achieves its best quality when was working to 60°C of temperature, and a solution of 0.1% sodium metabisulfite to sulfation. In addition to this experience we found that a vacuum packaging is required for a good conservation and preservation of the tomato.

KEY WORDS

Drying, dried tomato, moisture.

INTRODUCCIÓN

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

El cultivo de tomate corresponde a una de las especies hortícolas más difundidas a nivel mundial. La superficie total, de acuerdo a la FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura), alcanza a unas 3,6 millones de hectáreas.

En Bolivia, el cultivo de tomate es de gran importancia, su producción agrícola en el año 2012 fue de 51.748 toneladas métricas (INE, 2012), mientras que en Tarija la producción de tomate en el año 2013 superó las 7 toneladas, según la Cámara Agropecuaria de Tarija (CAT).

La diversidad de usos y sus atributos sensoriales y protectores de la salud humana han posicionado al tomate como uno de los frutos más importantes en la dieta humana. Sin embargo, su corta vida postcosecha en estado fresco ha limitado su distribución. La deshidratación de este fruto ha permitido extender su vida de anaquel, fortaleciendo su demanda.

La deshidratación consiste en eliminar el agua que contienen los alimentos, el objetivo de reducir el contenido de humedad en los alimentos, es disminuir la actividad enzimática y la capacidad de desarrollar microorganismos que afectan la preservación del alimento.

Los factores que intervienen en el proceso de deshidratado del tomate: temperatura del aire, humedad relativa del aire, velocidad del aire, el agua en los alimentos, pretratamientos, espesor del material a secar, humedad final exigida (Gómez M., 2009).

El deshidratado con aire caliente en cámaras de secado es el método más común para secar productos alimenticios. En este método el aire caliente remueve el agua en estado libre de la superficie de los productos (Biotecnia, 2012).

Por la disponibilidad de equipo y sus buenos rendimientos el deshidratado de tomate de la presente investigación se llevara a cabo en un secador de bandejas del Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima utilizada en la presente investigación es el tomate, cuya producción es ampliamente difundida en el departamento de Tarija, por su demanda e importancia comercial, la variedad seleccionada para la deshidratación fue el tomate "perita" ya que conforma el 70% de la producción de tomate en Tarija.

La metodología seguida para el proceso de secado fue:

Selección de la materia prima: La selección de la materia prima se realizó manualmente considerando que el tomate alcanza un color rojo en el 90% de su superficie total, lo que indica un grado de madurez óptimo, el cual además deberá tener un valor mayor a 4 °Brix para corroborar la madurez del mismo, físicamente el tomate no debe presentar indicios de golpes o cortaduras.

A continuación se muestra el análisis fisicoquímico realizado al tomate para su caracterización:

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de tomate "perita" fresco

Componente	Composición (%)
Humedad	94,77
Proteína total	0,56
Materia grasa	0,20
Fibra	0,76
Cenizas	0,36
Hidratos de carbono	4,47

Fuente: CEANID, 2014.

Lavado: El lavado del tomate "perita" seleccionado para la deshidratación se lavó, mediante inmersión, con abundante agua potable para la eliminación de cualquier impureza que este presentara.

Ecurrido del agua: Tras el lavado se escurre el agua de la materia prima por unos dos minutos.

Rebanado: El rebanado del tomate se realizó de manera manual procurando que cada rebanada de tomate tenga un espesor de más o menos 0,5 cm. El corte de las rodajas se realizó de manera axial con la finalidad de favorecer la eliminación de semillas del mismo.

Eliminación de semillas: Se eliminan las semillas de forma manual para proporcionar un mejor aspecto al producto final.

Sulfitación: El tomate ya rebanado y sin semillas se sumerge en soluciones de agua y metabisulfito de sodio, variando las concentraciones del mismo y el tiempo de inmersión, con la finalidad de evitar el pardeamiento y eliminar posible contaminación del tomate en las anteriores etapas del proceso.

Tabla 2. Sulfitado de la materia prima

Concentración de la solución de metabisulfito de sodio (%)	Tiempo de inmersión (min)	Consumo de metabisulfito de sodio (g/kg de tomate fresco)
5	5	0,2166
1	10	0,2832
0,1	15	0,06

Fuente: CEANID, 2014.

Las concentraciones y el tiempo de inmersión, para el proceso de elaboración de tomate deshidratado, se indican a continuación:

Escurrido: Después de la inmersión en Metabisulfito de sodio la materia prima se escurre para eliminar rastros de la solución presente en la materia prima, para lo cual es necesario el uso de un colador

Deshidratación del tomate mediante aire caliente forzado en una cámara de secado de bandejas:

El proceso de deshidratación de la materia prima se efectúa en una estufa Binder FD la cual posee un sistema de convección forzada para la eliminación de la humedad dentro de la cámara.

Para el proceso de deshidratación de la presente investigación se tomará en cuenta tres temperaturas de secado las cuales son: 40, 50, 60°C.

La velocidad del aire caliente dentro de la cámara de secado tendrá un valor de 1,5 m/s (medido con un anemómetro digital).

Enfriado: El enfriado del tomate deshidratado se realizó en un desecador, a temperatura ambiente, usando como desecante sílica gel por un tiempo de 15 h. con la finalidad de que el producto obtenido no absorba humedad del ambiente antes de su envasado.

Envasado: El envasado se realizó a vacío (laboratorio de alimentos dentro de la universidad), en bolsas de polietileno de 80 micrómetros de espesor.

Almacenado: El almacenado de las muestras ya envasadas se realizó en un lugar fresco y seco.

RESULTADOS

Para analizar la cinética y el tiempo de secado es necesario realizar los cálculos de variación de humedad con el tiempo y la variación del contenido de humedad en base seca para los 9 ensayos correspondientes a la presente investigación:

a) Variación de humedad con el tiempo: se calcula para cada intervalo de tiempo

Los ensayos realizados en la investigación se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Ensayos realizados en la elaboración de tomate deshidratado

Ensayo	Concentración (%) de metabisulfito de sodio en la solución)	Temperatura (° C)
1	5	40
2	1	40
3	0,1	40
4	5	50
5	1	50
6	0,1	50
7	5	60
8	1	60
9	0,1	60

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 4. Variación de la humedad con el tiempo para los 9 ensayos

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9
Tiempo (min)	%H	%H	%H	%H	% H	% H	% H	% H	% H
0	93,7275	95,3503	95,5493	94,8934	93,851	94,3201	93,3981	93,9215	94,4917
20	86,5804	88,5056	89,1676	87,4703	84,7202	84,1875	76,1104	80,8431	80,2119
40	79,6409	80,7906	82,7967	79,3026	75,7334	73,7435	59,6843	67,4264	66,0931
60	73,0092	73,6538	76,6377	71,2324	66,982	63,8298	43,9312	54,8857	52,0411
80	67,191	66,3809	71,0782	63,6094	58,4841	54,5418	29,8537	42,8956	39,6519
100	61,4185	59,349	65,5977	55,698	50,1479	45,6526	18,5433	31,952	28,2564
120	55,5711	52,3887	60,053	47,8146	42,2432	37,3863	10,259	22,025	18,3276
140	49,6624	45,7604	54,5073	40,183	34,7332	29,8979	4,6757	13,8223	10,8148
160	43,8581	39,3194	49,0712	32,6017	27,7365	23,2653	1,6763	7,2081	5,6346
180	38,0864	33,0292	43,5584	25,3342	21,1584	17,4707	0,5383	2,6055	2,4496
200	32,5967	27,0704	38,1515	18,7331	14,8754	12,1097	0,201	0,7058	0,7846
220	27,3125	21,3388	32,8685	12,6444	9,6198	7,6996	0,0903	0,1226	0,2119
240	24,693	16,1599	27,8095	7,6805	5,4425	4,2724	0,0512	0,0697	0,0643
260	18,3843	11,75	23,0245	4,0363	2,5979	1,994	0,0212	0,027	0,023
280	14,2221	8,0982	18,5534	1,7153	1,0644	0,8135	0	0	0
300	10,8343	5,2936	14,5594	0,4919	0,3902	0,32			
320	7,7293	3,0574	10,8497	0,1519	0,1771	0,1203			
340	5,1167	1,5267	7,6587	0,0694	0,0942	0,0385			
360	3,2098	0,5968	5,0468	0,026	0,0484	0			
380	1,7152	0,2088	2,9242	0	0				
400	0,8046	0,1108	1,2874						
420	0,3167	0,0047	0,3589						
440	0,1239	0	0,0088						
460	0,0293		0						
480	0								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Los tiempos de inmersión, así como la concentración de metabisulfito de sodio, no afectan la humedad inicial de la materia prima. La temperatura de operación afecta significativamente la variación de la humedad con el tiempo, la eliminación de humedad del tomate es más rápida cuando la temperatura es mayor.

b) Contenido de humedad en base seca: En los cálculos de secado es conveniente utilizar la humedad a base seca, debido a que la base de cálculo permanece constante a lo largo del fenómeno de secado.

Tabla 5. Contenido de humedad en base seca para los distintos ensayos

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9
Tiempo (min)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0	15,0222	20,6250	21,4375	18,5405	15,3171	16,4419	14,1087	15,3478	17,1400
20	13,8667	19,3125	20,0313	17,0811	13,8537	14,6512	11,5000	13,2174	14,5400
40	12,7556	17,6250	18,5938	15,4865	12,3659	12,8605	9,0000	11,0217	11,9800
60	11,7111	16,0625	17,2188	13,9189	10,9268	11,1163	6,6304	8,9565	9,4400
80	10,7778	14,5000	15,9688	12,4324	9,5366	9,5116	4,5000	7,0000	7,2000
100	9,8444	12,9688	14,7188	10,8649	8,1951	7,9535	2,8043	5,2174	5,1200
120	8,9111	11,4375	13,4688	9,3514	6,9024	6,5116	1,5435	3,5870	3,3200
140	7,9556	9,9688	12,2187	7,8378	5,6829	5,2093	0,6956	2,2609	1,9600
160	7,0222	8,5625	11,0000	6,3784	4,5366	4,0465	0,2609	1,1739	1,0200
180	6,1111	7,2188	9,7813	4,9459	3,4634	3,0233	0,0870	0,4130	0,4400
200	5,2222	5,9063	8,5625	3,6486	2,4390	2,0930	0,0217	0,1087	0,1400
220	4,3778	4,6563	7,3750	2,4595	1,5854	1,3256	0,0000	0,0217	0,0400
240	3,9556	3,5313	6,2500	1,4865	0,9024	0,7442		0,0000	0,0000
260	2,9556	2,5625	5,1563	0,7838	0,4390	0,3488			
280	2,2889	1,7813	4,1563	0,3243	0,1707	0,1395			
300	1,7333	1,1563	3,2813	0,0811	0,0732	0,0465			
320	1,2444	0,6875	2,4375	0,0270	0,0244	0,0000			
340	0,8222	0,3438	1,7188	0,0000	0,0244				
360	0,5111	0,1563	1,1250		0,0000				
380	0,2889	0,0625	0,6563						
400	0,1333	0,0313	0,2813						
420	0,0667	0,0000	0,0625						
440	0,0222		0,0000						
460	0,0000								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Calculo de la cinética de secado

Habiéndose calculado la cinética de secado para cada uno de los ensayos realizados, la misma nos muestra que el ensayo N° 9, es el que presenta una mayor velocidad de secado en un tiempo menor, por cuanto la temperatura aplicada es también mayor y corresponde a 60° C. Es importante también remarcar coincidentemente los resultados del análisis organoléptico y sensorial que se muestran más adelante, dando a este ensayo los mejores valores.

Por ello para el cálculo de la cinética de secado se mostrarán los datos del ensayo N° 9, ya que evaluando las condiciones económicas y de

calidad (análisis sensorial) se ha optado este proceso como el de mejor aceptación.

Se define la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo en una unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial ($-dX/dt$) operando en condiciones constantes de secado (temperaturas, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo (Ocon J. y Tojo G., 1980).

Para el cálculo de la cinética de secado se hizo uso el método de los tres puntos, este en un método analítico empleado para encontrar la pendiente en los puntos de una curva, el cual basa su análisis en la agrupación de tres puntos equidistantes para

determinar la pendiente en cada uno de ellos y así sucesivamente encontrar las pendientes en los distintos puntos equidistantes que se encuentran sobre una curva.

Antes de realizar los cálculos por el método de los tres puntos se debe aclarar que el ensayo N° 9 no se realizó en el tiempo indicado, ya que no

es económicamente factible secar el tomate después del minuto 180, puesto que a partir de este tiempo y en una hora adicional solo se elimina el 2% de humedad de la muestra; por ello, se recomienda que el proceso de secado finalice en el minuto 180 (3 h), cuando la muestra tiene una humedad en base seca de 0,44 kg de agua/kg de ss.

Tabla 6. Método de los 3 puntos

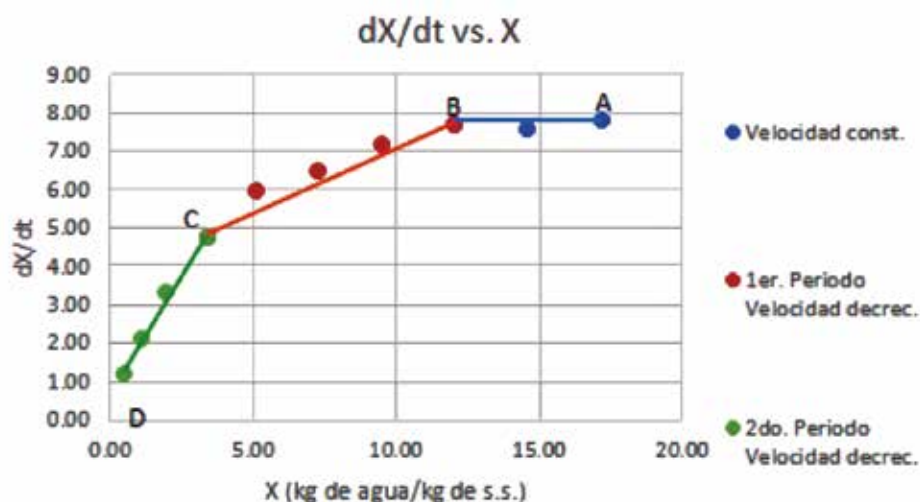
Tiempo (min)	X	$Y' = dX/dt$	$y'_{media} = -dX/dt$	$\ln X$	$\ln (y'_{media})$
0	17,14	-7,861	7,861	2,841	2,062
20	14,54	-7,636	7,636	2,677	2,033
40	11,98	-7,781	7,781	2,483	2,052
60	9,44	-7,241	7,241	2,245	1,98
80	7,2	-6,571	6,571	1,974	1,883
100	5,12	-6,031	6,031	1,633	1,797
120	3,32	-4,845	4,845	1,2	1,578
140	1,96	-3,41	3,41	0,673	1,227
160	1,02	-2,175	2,175	0,02	0,777
180	0,44	-1,24	1,24	-0,821	0,215

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Con los datos ya mencionados en la tabla se procedió a graficar la curva de secado con la

iteración de datos, dX/dt vs. X, para identificar las distintas zonas dentro de la curva de secado.

Figura 1. Curva de secado con los datos ajustados al modelo dX/dt vs. X



Fuente: Elaboración propia, 2015.

En la figura se identifica las tres zonas de la cinética de secado, la recta A-B corresponde a la velocidad de secado constante, la recta B-C corresponde a primer periodo de velocidad de secado decreciente y la línea que conecta los puntos C-D corresponde al segundo periodo de velocidad decreciente.

Con la identificación de las zonas correspondientes se procede a calcular la cinética de secado para cada zona en específico, sabiendo que el punto crítico (B), separa a las zonas anticríticas y postcríticas respectivamente.

Periodo anticrítico o de velocidad constante

Ya que el primer periodo corresponde a una velocidad constante se considera un valor ponderado entre los 3 puntos que corresponden al mismo

Primer periodo postcrítico o de velocidad decreciente

Se evalúan los puntos correspondientes a la recta B-C mediante el método de los tres puntos se calcula la pendiente en cada uno de los puntos observados:

Segundo periodo postcrítico o de velocidad decreciente

Se evalúan los puntos correspondientes a la recta C-D.

Reemplazando los valores de X de la tabla de método de los tres puntos correspondientes a la primera zona postcrítica y segunda zona postcrítica, se calcula la velocidad de secado. Además se multiplicó a estos resultados los valores de masa de Solido Seco/Área (SS/A) correspondiente al ensayo N° 9 para tener un valor de la cinética:

Tabla 7. Velocidad de secado para los tres periodos

Tiempo (min)	X (kg de agua/kg de s.s.)	y	SS/A (kg/m²)	W (kg/h*m2)
0	17,14	7,8	0,1292	1,007
20	14,54	7,8		1,007
40	11,98	7,8		1,007
60	9,44	7,16		0,925
80	7,2	6,50		0,839
100	5,12	5,75		0,743
120	3,32	4,93		0,637
140	1,96	4,08		0,527
160	1,02	3,23		0,417
180	0,44	2,40		0,31

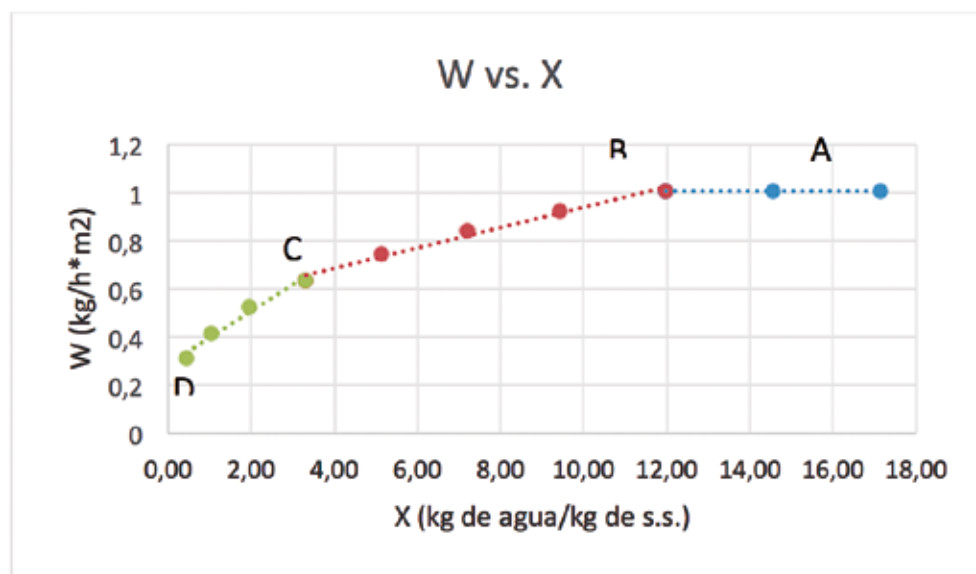
Fuente: Elaboración propia, 2015.

En la tabla se puede observar que en el periodo constante la velocidad de secado es mayor que en el resto de la curva y la velocidad permanece constante, a partir del punto crítico (B) la velocidad desciende de manera lineal hasta el punto C.

A partir de ese punto la velocidad desciende aún más, ya que el agua presente en la materia prima

es más difícil de eliminar, hasta llegar a su valor más bajo en el minuto 180 (3 h) en donde el proceso de secado finaliza.

En la siguiente figura se muestra la variación de la velocidad en función del contenido de humedad en base seca

Figura 2. Curva de velocidad de secado

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Cálculo del tiempo de secado

1.- Tiempo anticrítico

Corresponde desde el punto A hasta el punto B

$$\theta_a = +39,6 \text{ min} \approx 40 \text{ min}$$

2.- Tiempo primer periodo postcrítico

El primer periodo postcrítico corresponde desde el punto B hasta el punto C.

$$\theta_{p1} = 80 \text{ min}$$

3.- Tiempo segundo periodo postcrítico

El segundo periodo postcrítico corresponde desde el punto C hasta el punto D.

$$\theta_{p2} = 60 \text{ min}$$

Tiempo total de secado

$$\theta_{\text{total}} = \theta_a + \theta_{p1} + \theta_{p2}$$

$$\theta_{\text{total}} = (40 + 80 + 60) \text{ min}$$

$$\theta_{\text{total}} = 180$$

El tiempo de secado para el proceso de deshidratación de tomate es de 180 min = 3 h. Se debe aclarar que el proceso termina en el minuto 180 ya que la masa de agua eliminada posterior a este punto es muy baja, y no es económicamente

factible teniendo en cuenta el gasto energético que se requiere, además al ser un producto altamente higroscópico, el tomate adquiere humedad del ambiente muy fácilmente por lo cual no es conveniente llevar la deshidratación hasta un valor humedad en base seca igual 0, en el cual la humedad del tomate tiende a 0.

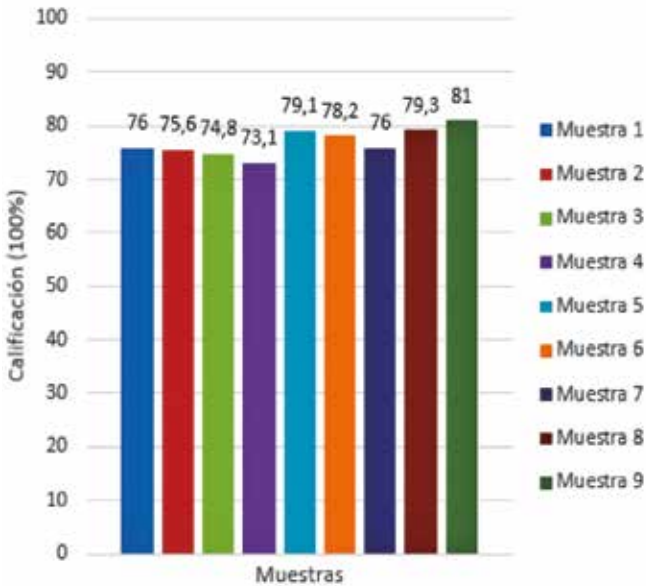
Evaluación sensorial (caracteres organolépticos)

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

La evaluación sensorial del tomate deshidratado fue realizada por 10 jueces conocedores del tema, evaluando los principales caracteres organolépticos como ser: aspecto, color, aroma, sabor y consistencia, dándole un puntaje de 20% sobre 100 a cada uno.

En la figura se muestran los promedios de la impresión sensorial general que tuvo cada uno de los jueces para cada muestra de tomate deshidratado, esta impresión sensorial general es la suma de los puntajes obtenidos en las diferentes características evaluadas en la evaluación organoléptica que son: aspecto, color, aroma, sabor y consistencia.

Figura 3. Impresión sensorial general (100%)



Fuente: Elaboración propia, 2015.

De acuerdo a los datos mostrados anteriormente se concluye que la muestra con mejor aceptación es la muestra 9, la cual tiene las características de secado de 60°C y una solución de metabisulfito de sodio al 0,1%, con un puntaje de 81 sobre el 100%.

La muestra de menor aceptación fue la muestra 4, cuyas características fueron una temperatura de secado de 50° C y una solución de metabisulfito de sodio al 5%, con un puntaje de 73,1 sobre el 100%.

Resultados

Además de los parámetros de calidad mencionados en los análisis sensoriales, tales como aspecto, aroma, color, etc., se debe considerar otros requerimientos (pardeamiento, embalaje del producto, análisis fisicoquímicos y microbiológicos, anhídrido sulfuroso en el producto y rehidratación) para garantizar un producto de calidad.

Figura 4. Tomate deshidratado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Análisis fisicoquímico del producto

El análisis fisicoquímico del producto se efectuó en el CEANID y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Análisis fisicoquímico del tomate deshidratado

Componente	Composición (%)
Humedad	6,98
Proteína total	12,52
Materia grasa	0,43
Fibra	15,18
Cenizas	9,45
Hidratos de carbono	55,44

Fuente: CEANID, 2015.

Los análisis mencionados anteriormente se realizaron a la muestra después de 1 mes de envasada, la variación de la humedad mencionada en la tabla "variación de humedad con el tiempo" y la proporcionada por el CEANID se debe a una deficiencia en el envasado, ya que la bolsa de polietileno es muy delgada y se produce fisuras en la misma en el proceso de envasado al vacío, lo cual provoca que el producto, siendo higroscópico, absorba humedad del ambiente.

Análisis microbiológico del producto

El análisis microbiológico del producto se efectuó en el CEANID y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 9.

Parámetro	Valor (U.F.C/ml)
Coliformes totales	< 10
Coliformes fecales	< 10
Mohos y levaduras	$3,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID, 2015.

Control de calidad del producto

El código alimentario argentino en su Manual de Desecados (2006) establece valores máximos de impurezas en los productos deshidratados, tal es el caso del anhídrido sulfuroso permitido en un producto deshidratado terminado en el cual se ha procedido a la inactivación enzimática mediante inmersión de la materia prima en una solución de metabisulfito de sodio.

La determinación del anhídrido sulfuroso del tomate deshidratado fue en el CEANID, se muestra el resultado:

Tabla 10. Anhídrido sulfuroso en el tomate seco

Muestra	Masa de muestra (g)	Anhídrido sulfuroso presente en la muestra (g de SO ₂ /kg de materia seca)
Tomate seco	20,15	0,32

Fuente: CEANID, 2015.

De acuerdo a lo establecido por el código alimentario argentino, el tomate deshidratado cumple con las especificaciones de anhídrido sulfuroso total en un producto deshidratado el cual es de 1 g por kilogramo de producto deshidratado.

Otro factor importante dentro del control de calidad de los productos secos, establecido por el código alimentario argentino, es la rehidratación

de los productos secos ya que esta información está directamente dirigida al consumidor para establecer el rendimiento del producto.

Tabla 11.

Muestra	Masa de muestra	% de Rehidratación
Tomate deshidratado	15,002 g	332,85

Fuente: Elaboración propia, 2015.

DISCUSIÓN

La selección de la materia prima se realizó en base a la producción de las principales variedades de tomate producidas en Tarija. Según información de la Cámara Agropecuaria de Tarija (CAT) la variedad más producida en Tarija es la "perita" constituyendo alrededor del 70 % de la producción total de tomate.

El diseño del secado para la deshidratación de tomate fresco se realizó en base a dos variables manipulables: temperatura, efectuándose pruebas experimentales a tres temperaturas diferentes (40, 50 y 60 °C) y concentración de metabisulfito de sodio en la solución para el pretratamiento del tomate, las cuales fueron de 0,1, 1 y 5% de metabisulfito de sodio en la solución. Las variables de respuesta fueron: humedad y tiempo de secado.

El proceso de secado fue realizado en el Laboratorio de Compuestos Bioactivos los cuales se encuentran en instalaciones del CEANID bajo condiciones controladas ya establecidas anteriormente, y en un ambiente seguro e higiénico.

De acuerdo al proceso de experimentación se seleccionó como mejor respuesta el proceso de deshidratado a una temperatura de 60 °C ya que el deshidratado a esa temperatura se efectúa en el menor tiempo, y mediante una valoración organoléptica del producto, el pretratamiento más apropiado para el deshidratado de tomate fresco es el de 0,1% de concentración de metabisulfito de sodio en la solución. Por lo tanto se concluye que el proceso más adecuado es el que corresponde al ensayo N° 9.

Mediante cálculos realizados se pudo determinar el tiempo promedio de deshidratación del tomate, el cual es de 3h, que puede variar de acuerdo a

la humedad de la materia prima, la madurez de la misma y las condiciones climáticas en las que se realice el proceso.

El análisis fisicoquímico del producto fue realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) el cual mostró un producto de calidad y una humedad final de 6,98% la cual es aceptable y está por debajo de la exigida por el código alimentario argentino.

El análisis microbiológico del producto fue realizado en el CEANID, indicando un adecuado pretratamiento para la inactivación de enzimas y por lo tanto un producto de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Amador P. (2014). Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano. Investigación aplicada. (Lic. en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia).
- Biocenia. Universidad de Sonora. (2012). Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). México.
- Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEI-RD). (2012). Dominicana Exporta. Perfil Económico del tomate. República Dominicana.
- Coca Morante, M. (2012). Manejo de enfermedades en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). (Boletín Técnico – Laboratorio de fitopatología FCAPFyV, UMSS. Cochabamba).
- El huerto 2.0 (2010). Tipos de tomates. México.
- Flores del Valle, W. (2004). Deshidratación de tomates – Procedimientos generales. (Ficha Técnica). Costa Rica.
- Gascon A. et al. (2006). Deseccación y deshidratación de vegetales. Mendoza (Argentina).
- Gómez Gómez, M. (2009). Deshidratado de tomate Saladette en un secador de charolas giratorias. (Tesis de grado – Universidad tecnológica de la Mixteca). México.
- Guachamin Velázquez C.D. (2007). Diseño de un secador de granos de cacao fino. Investigación aplicada. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería mecánica. Quito (Ecuador)
- Hernández Meoro, P. y Pastor Manzano, J. (2009). El tomate, su cultivo y sus enfermedades.
- INE. (2012). Producción de tomate en Bolivia.
- Maupoy et al. (REPROVAL S.L.) (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente.
- McCabe et al. (1998). Operaciones unitarias en ingeniería química. Editorial McGraw-Hill. España.
- Monsalve, J. et al. (2007). Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - variedad manzano. Venezuela.
- Mujica M. F. (2004). Elaboración de tomate seco en la provincia San Juan, Argentina. San Juan – Argentina. INTA.
- NatureChoice, SAT. (2012). Tomate pera. (Ficha técnica de producto Dpto. de Calidad. ITPC-RR.11.Rev01). España.
- Ocon J. y Tojo G. (1980). Problemas de ingeniería química. Editorial Aguilar. España. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2014.
- Potter N. y Hotchkiss J. (1999). Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia. España
- Prochile (2008). Mercado del pimentón – Aji en polvo/deshidratado, Tomate en polvo/deshidratado en Australia. Sidney (Australia).
- SAGARPA. (2010). Jitomate. México.
- Santiago J. (2006). Plan de negocios de exportación para tomate deshidratado hacia los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea. Catamarca (Argentina).
- Ramírez E. (1998). Elaboración de papaya deshidratada. Investigación aplicada. (Lic. en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia). Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2014.
- Villarroel D. (2000). Deshidratación de ajo. Investigación aplicada. (Lic. en Ing. Química). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias y Tecnología. Tarija (Bolivia). Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2014.