

## Control del apelmazamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) en polvo, producido por secado por aspersión

CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe<sup>1\*†</sup>, LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César<sup>1</sup>, ESPINOZA-ENRÍQUEZ, José Luis<sup>2</sup> y AYALA-GUERRERO, Luis Mario<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Av. La Palma 125. Col. Vista Hermosa. San Juan del Río, Qro. C.P. 76800.

<sup>2</sup>Univeridad Tecnológica de la Costa Grande de Guerrero. Carretera Nacional Acapulco-Zihuatanejo Km 201. Petatlán, Gro. México. C.P. 40830

Recibido 24 Junio, 2017; Aceptado 06 Septiembre, 2017

### Resumen

El tomate en polvo puede llegar a presentar apelmazamiento, en las etapas de envasado y/o almacenamiento, después del secado por spray, lo cual no es una característica deseable del producto. El tomate en polvo es usado en la industria alimenticia como uno de los principales condimentos. La presente investigación tiene como objetivo investigar las causas del apelmazamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) en polvo en una empresa productora ubicada en México. Además de determinar si la materia prima empleada es factor de apelmazamiento. El problema de apelmazamiento se presenta en el 20% de su producción, lo cual provoca pérdidas de confiabilidad y económicas. Se investigó y comprobó la presencia de las principales causas documentadas del apelmazamiento. Se probó el SiO<sub>2</sub> como anti-apelmazante, se encontró que reduce el problema con una concentración y técnica adecuada de dosificación.

**Secado Spray, dióxido de silicio, anti-apelmazamiento**

### Abstract

The tomato powder caking can present in two steps, packaging and storage. After its process of spray drying. This feature is not desirable. The tomato powder is used in the food industry as a major seasonings. This research aims to investigate the causes of caking of tomato (*Solanum lycopersicum*) powder in a production company located in Mexico. So research if the type of raw materials are cause of caking. The problem of caking occurs in 20% of its production, which causes loss of reliability and economic. We investigated and found the presence of the main causes of caking documented. SiO<sub>2</sub> was tested as anti-caking and was found to reduce the problem to a suitable concentration and technique.

**Spray drying, silicon dioxide, anti-caking**

**Citación:** CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe, LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César, ESPINOZA-ENRÍQUEZ, José Luis, AYALA-GUERRERO, Luis Mario. Control del apelmazamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) en polvo, producido por secado por aspersión. Revista de Simulación y Laboratorio. 2017, 4-12: 53-61

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: fcastanedao@utsjr.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor

## 1. Introducción

Existen muchos tipos de polvos alimenticios que se producen en el mundo. Se han estudiado la calidad de los polvos alimenticios desde la perspectiva de optimización en la operación de secado (Banat y Col., 2002; Bansal y Col., 2014; Cortés-Rojas y Col., 2015; Goula y Col., 2004; Nonhenel, 2002), también existen estudios sobre el comportamiento de polvos alimenticios durante su almacenamiento donde indican las variables que determinan el apelmazamiento de los polvos alimenticios (Álvarez, 2008; Barbosa, 2002; Hartman, 2011; Lipasek, 2012; Liu, 2010), además, estudios del control del apelmazamiento y el uso de anti-apelmazantes se han abordado desde el punto de vista de los polvos alimenticios en general, más no específicos del tomate, tal como los trabajos de Kwak, 2014; Lipasek, 2012 y Msagati, 2013. Esta investigación nos permite referirnos al tomate (*Solanum lycopersicum*) en un problema industrial que no se ha tratado y documentado de forma rigurosa en el pasado.

### 1.1 Justificación

En una empresa ubicada en México, en ciertas épocas del año, el tomate en polvo que produce, exporta y es usado como materia prima en la industria de alimentos, presenta apelmazamiento, aproximadamente en un 20% del total de la producción. El problema repercute en las cantidades de reproceso y reclamaciones del cliente. Esto conlleva pérdidas económicas y de credibilidad ante los clientes.

Los directivos de dicha empresa quieren conocer las posibles causas y soluciones a dicho problema, ya que económicamente está impactando su operación. Con anterioridad intentaron usar antiapelmazante, aplicándolo en diversas formas pero sin resultados favorables.

## 1.2 Problema

Para poder proponer una solución se debe entender las causas que favorecen el efecto de apelmazamiento. Por la naturaleza del tomate y su proceso, los siguientes factores son los que tienen mayor incidencia en el problema.

- El contenido de humedad, y el estado en el que se encuentra el agua dentro de los alimentos. La forma en que se encuentra el agua puede ser de dos tipos: el agua “ligada”, que no se congela y no actúa como disolvente, y el agua “libre”, que sí se congela y actúa como disolvente (Chong y Col. 2014). La mayoría de los polvos se tornan cohesivos especialmente al ganar agua del medio ambiente, este fenómeno reduce la capacidad de flujo de los polvos y es responsable de aglomeración de las partículas, que va desde la formación de grumos hasta la solidificación total del polvo (Barbosa, 2002).

El tomate en polvo es higroscópico, es decir absorbe el agua presente en la atmósfera formando semi-sólidos cuando entra en contacto con la humedad atmosférica, dando como resultado una pérdida de calidad (Candelas Cadillo y Col. 2006).

- Las condiciones de deshidratación de alimentos. Resulta un problema complejo de transferencia de calor y masa. Como consecuencia de su complejidad es muy difícil predecir la deshidratación de determinado alimento con la experiencia obtenida en otros, porque los alimentos no son homogéneos en su estructura física y en su composición química. Se debe de considerar que las condiciones atmosféricas también influyen en los resultados finales. En la tabla 1 se resumen las variables de proceso en el secado por aspersión que es el usado en esta investigación.

| Factor   | Efecto   |
|--|--|
| Incremento en sólidos totales alimentación             | Incremento de sólidos en polvo de tomate   |
| Incremento en el flujo de alimentación                 | Decremento del total de sólidos en el polvo de tomate y solubilidad.<br>Incrementa el tamaño de partícula promedio y la densidad a granel. |
| Acidificación a pH de 2-3                              | Aumenta viscosidad por decrecimiento de la actividad de la Pectin esterasa.<br>Incrementa el poder antioxidante                            |
| Incremento de la tasa de flujo de aire de alimentación | Decremento de humedad (Goula y col. 2004)  |
| Aumento de la temperatura del aire arriba de 130°C     | Se fomenta la aglomeración de las partículas, decremento de efectividad de secado (Goula y Col. 2004)                                      |

**Tabla 1** Efectos de las variables de proceso. En el secado por spray (Banat, 2002)

Cada proceso de secado requiere condiciones más o menos estables que controlen su proceso, tal como comentan Bansal y Col. (2014) y Cortés-Rojas y Col. (2015) en sus análisis de optimización de secado por spray. La acidificación hasta un pH de 2 a 3, es un medio efectivo para inactivar la pectin esterasa (PE), pero también se ha observado que realiza la viscosidad por decrecimiento de la actividad de la PE, lo cual hace variar las condiciones y resultados finales del proceso. (Sarr y Col. 2008).

– Cristalización de carbohidratos. Al producirse el tomate en polvo se forman los sólidos con una alta cantidad de glucosa y fructosa, los cuales solidifican en forma amorfa y cambian a estructuras cristalinas al absorber humedad e incrementar la presión y temperatura. Esto redundará en el incremento del apelmazamiento y la formación de “piedras” bastante duras. (Bhandari, 2002).

- Compactación. Ocurre naturalmente en los productos en polvo debido a que el transporte, empaque y almacenamiento de los mismos requiere el movimiento del producto, que de una forma u otra es golpeado, asentado o presionado. La formación de finos afecta las características de compactación. Este fenómeno favorece el mecanismo del apelmazamiento en polvos de partículas amorfas tal como menciona Msagati (2013) en su publicación.
- Relacionado con esto se puede medir la densidad sólida como la densidad del material del cual proviene la partícula sin considerar la porosidad en el mismo. En la mayoría de los casos la densidad sólida es cerca de 1.4 a 1.5 g/cm<sup>3</sup> dependiendo del contenido de humedad (Barbosa, 2002).
- Cada etapa de operación está a merced de la segregación, cuyo fenómeno trata de separar los componentes de una mezcla que por otro lado tienden a homogenizarse tanto como sea posible. Esto se recrudece cuando las partes que componen la mezcla no tienen el mismo tamaño (Duran, 2000).
- Atracción electroestática, por la propia carga de las moléculas o bien por haberse cargado con electricidad estática mediante el trasiego y manipulación del producto en polvo. Atracciones y uniones químicas por puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals o enlaces covalentes también están presentes en el fenómeno de apelmazamiento, coinciden Villalta y Monferrer, (1998) y Hartmann y Palzar en el 2011.

### 1.3 Hipótesis

Las investigaciones documentadas de problemas de apelmazamiento en polvos refieren el uso de antiapelmazantes grado alimenticio, tal como el dióxido de silicio, como una alternativa viable en la solución del problema. Por lo que se piensa que puede ser una buena solución para éste caso en particular. Para el problema de apelmazamiento del tomate planteado en ésta investigación, lo importante será determinar cuánto y cómo deberá agregarse y comprobar su efecto real.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo General

Investigar las causas por lo que el tomate en polvo se apelmaza y encontrar una posible solución al problema usando Dióxido de Silicio.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la posible existencia de gradientes de humedad en los sacos afectados por apelmazamiento.
- Determinar el perfil de tamaño de partícula del tomate recién procesado como posible factor de apelmazamiento.
- Determinar si existe diferencia en el comportamiento entre los dos tipos de pasta de tomate usados.
- Determinar el efecto de la adición de antiapelmazante en el tomate en polvo, tanto en su densidad como en los efectos de consistencia.
- Implementar pruebas en planta para la validación de las recomendaciones.

## 2. Marco Teórico

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio.

La composición típica del tomate en polvo es de Agua 4.13%, Proteínas 16.22%, Grasas 2.95%, Carbohidratos 69.33% y Fibra 7.37%. Esta composición tiene que ver con el comportamiento del producto en polvo. Los azúcares reductores, fructosa y glucosa, representan cerca del 50% de la materia seca y más del 95% de los azúcares en el tomate (Charley, 2004).

Los tipos de pasta usados por la empresa que presenta la problemática de apelmazamiento son la Cold Break (CB) y la Hot Break (HB). Adquiridas desde diversas partes del mundo como China, Chile, Estados Unidos y México. Las especificaciones básicas de ellas se muestran en la tabla 2.

|   | Cold break   | Hot break  |
|---|--|--|
| °brix   | 36-38  | 28-30  |
| Azúcares reductores   | > 45%  | > 45%  |
| Temperatura de proceso  | < 70°C.<br>Producto de menos viscoso.<br>Color más natural y sabor fresco. | 90°C.<br>Inactivación de enzimas, producto más viscoso |
| Grado de actividad y polimerización de pectinas (chong y col. 2014) | Similar en ambos casos   |  |

**Tabla 2** Especificaciones de pasta de tomate usadas para producir tomate en polvo. (Manual de Calidad, 2014)

Se pensaba que podría haber diferencia entre el tipo de pasta de tomate y su efecto en el fenómeno de apelmazamiento, lo cual se evaluó. Una vez que se han establecido las causas probables del apelmazamiento y las características del tomate, es conveniente aclarar la forma de actuar de los agentes Anti aglomerantes. La adición de agentes anti aglomerantes o acondicionadores de flujo trae consigo un aumento en la densidad a granel del polvo y la reducción en la compresibilidad de los mismos.

Son polvos muy finos (partículas de 1 a 4  $\mu\text{m}$ ) de sustancias inertes que se añaden a los alimentos en polvos (cuyos tamaños de partículas son mucho mayores). Para que el acondicionador sea efectivo, el polvo fino debe de cubrir las partículas mayores para reducir la atracción interparticular y en algunos casos interferir en la formación de puentes líquidos.

Los mecanismos de los anti aglomerantes son:

- Separación Física.
- Adsorción de Agua. Compiten con el polvo por la humedad, reduciendo la higroscopicidad.
- Cancelación de cargas electrostáticas y fuerzas moleculares.
- Modificación de estructuras cristalinas.

Coinciden Duran (2000) y Lipasek y Col. (2012). En particular el uso del Dióxido de Silicio grado alimenticio, mejora la humectabilidad e incluso que no se formen grumos. Esto se debe al hecho de que lo envuelve el polvo de silicio, lo que actúa como una cubierta de las partículas de polvo. En los espacios del agua el dióxido de silicio proporciona una buena retención de los polvos de colores y una alta transparencia una vez que se mezcla en el agua. (Kwak & Nakagawa, 2014)

Los fabricantes de dióxido de silicio mencionan en sus especificaciones que “ayuda a evitar la aglomeración de manera eficiente, permitiendo a los productores de polvos ofrecer permanentemente un producto de alta calidad en todo el mundo, por lo anterior los productos alimenticios tratados con dióxido de silicio muestran estabilidad y largo almacenamiento” (tradechemicalmexico, 2014). Sin embargo, hasta antes de ésta investigación ya se había probado en diversas formas dicho producto sin éxito.

### 3. Metodología de Investigación

#### Equipo

- Balanza de Humedad. Marca Sartorius Modelo MA45
- Cernidor W.S. Tyler. Mod. RX-812
- Balanza Analítica. Marca Sartorius. Mod. CP324S
- Bolsas de empaque final.
- Selladora de bolsa de polietileno.
- Secador Industrial. Spray Dryer.

#### Métodos

##### Determinación de humedad con balanza de humedad

Se tomaron muestras de 10 sacos de devolución (5 de CB y 5 de HB) y 10 sacos de producción de 1 mes de almacenamiento (5 de CB y 5 de HB), 4 muestras por saco para un total de 80 muestras. El análisis estadístico será para determinar si existen gradientes importantes de humedad y diferencia significativa de las muestras de los dos tipos de pasta de tomate.

##### Tamaño de partícula

Realizado con cernidor W.S. Tyler. Se determinó el perfil de tamaño de partícula en 10 muestras CB y 10 muestras HB, recién salidas del secador. El tamaño de muestras fue de 500 gr en bolsas, resellables. El tiempo de tamizado fue de 10 minutos. Se hará análisis estadístico de distribución de tamaño de partícula para determinar si existe diferencia significativa entre los dos tipos de muestra

### Análisis de dosificación de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>)

Realizado en 4 niveles 0.0, 0.5; 1.0 y 1.5%, tanto de la muestra CB y HB. Los niveles de dosificación están basados en las recomendaciones de uso del proveedor de dióxido de silicio. Se evaluaron 3 variables respuesta a los 15 días de almacenamiento, Fluidez (sin formación de terrones y con movimiento del material a un ángulo de 45°), y tipo de apelmazamiento (suave o duro). Además de su densidad. El análisis será para determinar el efecto del nivel de dosificación y su correlación de dosificación de antiapelmazante contra densidad.

### Dosificación de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>), prueba en planta

Se agregó de forma manual dióxido de silicio a concentración de 1.5%, de forma manual a 20 sacos de “producción normal” de tomate en polvo cold break (CB). La adición es a la salida del secador. El proceso de sellado es en bolsas de polietileno y bolsas de papel Kraf. Se estiban en tarima de 40 sacos durante 45 días. El análisis estadístico será para determinar el efecto del nivel de dosificación y su % de error.

## 4. Resultados

Se realizó la determinación de humedad en muestras de tomate en polvo, comparando los tipos de pastas usadas como materias primas. En la tabla 3 se muestran los resultados de las muestras tomadas en dos condiciones de producto terminado, que son en Almacenamiento sin salir de la planta y en producto de devolución. En ambos casos se muestreó en zonas de un mismo saco que fueran fluidas y con apelmazamiento, buscando gradientes de humedad.

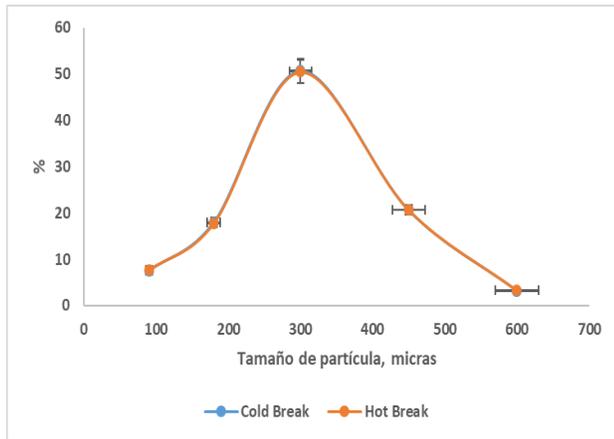
|                                   | TOMATE TIPO COLD BREAK (CB)       |                                | TOMATE TIPO HOT BREAK (HB)        |                                |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|                                   | Devolución                        | Almacenamiento                 | Devolución                        | Almacenamiento                 |
| <b>Tomate en polvo fluido</b>     | $\bar{X} \pm S$<br>2.5<br>± 0.32  | $\bar{X} \pm S$<br>1.71 ± 0.24 | $\bar{X} \pm S$<br>2.41<br>± 0.36 | $\bar{X} \pm S$<br>1.59 ± 0.26 |
| <b>Tomate en polvo apelmazado</b> | $\bar{X} \pm S$<br>8.82<br>± 0.42 | $\bar{X} \pm S$<br>5.77 ± 0.62 | $\bar{X} \pm S$<br>8.81<br>± 0.43 | $\bar{X} \pm S$<br>5.65 ± 0.32 |

**Tabla 3** Determinación de % de humedad en pastas de tomate

Los resultados mostrados demuestran que existen gradientes de humedad entre el tomate en polvo fluido y apelmazado. También entre las muestras de devolución y almacenado en planta. La hipótesis inicial es que  $H_0: \mu_x = \mu_y$  y la alternativa  $H_A: \mu_x \neq \mu_y$ . Es decir, que las medias de humedad fueran iguales o diferentes entre muestras. Se realizó el análisis estadístico comparando los tratamientos de forma apareada para el análisis de las medias. Se hizo un análisis de distribución usando la *t* de student. Se escogió la alternativa bilateral, ya que no había certeza de tendencias de humedad. Se probó con un nivel de significancia de 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

Estadísticamente no existe diferencia entre los productos obtenidos por los dos tipos de pasta de tomate, lo cual indica que la materia prima no influye en el desarrollo de gradientes de humedad, aceptándose la hipótesis inicial para esos casos. Para los casos de análisis entre zonas fluidas de polvo y zonas apelmazadas, la hipótesis alternativa es la aceptada, hay diferencia entre estas muestras. Al igual que entre las muestras de devolución y almacenadas, estadísticamente son diferentes entre ellas.

- Como parte de la caracterización del polvo de tomate, se consideró importante llevar a cabo la distribución de tamaño de partícula, el cual arroja los siguientes resultados (Grafico1).



**Gráfico 1** Distribución del tamaño de partícula del tomate en polvo promedio del CB y HB

Se puede apreciar una distribución normal en el tamaño de partícula del tomate en polvo. Esto nos indica que al haber diferentes tamaños de partícula alrededor de la de 300 micras, contribuye a la compactación del material y a que los huecos tienden a ser ocupados por material de menor tamaño. Y esto se identifica como algo característico de los polvos de tomate. (Fernández-Lozano, 2012).

El porcentaje de error entre las muestras de tomate en polvo fue de 0.95%. No hay diferencia significativa entre las dos muestras analizadas.

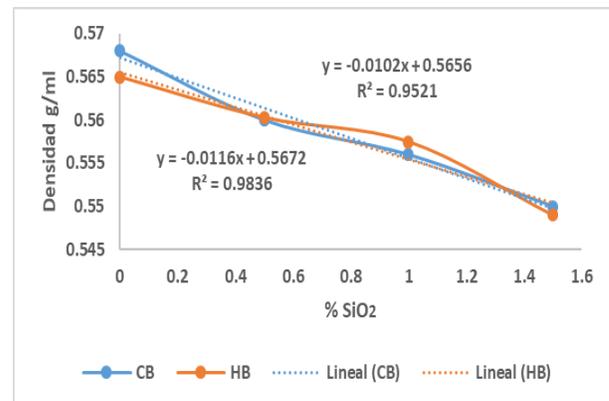
En cuanto a la dosificación del SiO<sub>2</sub> se realizaron tres niveles de dosificación y su testigo. En la Tabla 4 se presentan los resultados encontrados en las pruebas de laboratorio y en las pruebas de producción a diferentes dosis de dióxido de silicio.

|   | Testigo             | 0.5% SiO <sub>2</sub> .                     | 1.0% SiO <sub>2</sub> .           | 1.5% SiO <sub>2</sub> .          |
|---|---------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| % de Cambio de la densidad                  | -----               | 3%  | 4%                                | 5.5%                             |
| Evaluación de textura prueba de Laboratorio | Apelmazamiento duro | Formación de sección de apelmazamiento duro | Formación de apelmazamiento suave | Sin apelmazamiento y muy fluido. |

| Evaluación de textura en prueba en planta | Apelmazamiento duro en los alrededores de los Sacos. Igual en CB y HB | Apelmazamiento duro en los alrededores de los Sacos. Igual en CB y HB | Apelmazamiento suave | Sólo en 2 sacos (10%) se encontró apelmazamiento suave. Lo demás se considera Fluido. |
|---|---|---|----------------------|---|
|---|---|---|----------------------|---|

**Tabla 4** Resultados de la adición de SiO<sub>2</sub> a Tomate en polvo. Pruebas de Laboratorio y en Planta

Como se observa en el gráfico 2, existe una buena correlación entre la cantidad de SiO<sub>2</sub> y la densidad del polvo de tomate. Al aumentar la concentración de antiapelmazante, disminuye su densidad. Existe diferencia en la densidad de las dos muestras de tomate en polvo, pero no son significativas a nivel de significancia de 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Por lo que se acepta la hipótesis inicial de  $H_0: \mu_x = \mu_y$  para la comparación de Densidad.



**Figura 2** Líneas de tendencia de antiapelmazante vs. densidad

Con éstos resultados podemos considerar que la estabilidad del tomate en polvo para fines comerciales se mantiene durante el almacenamiento, pero la tendencia es a la aglomeración de sus partículas como comenta Liu y Col. (2010).

## 5. Conclusiones

De los factores que bibliográficamente contribuyen al apelmazamiento de los polvos alimenticios se observaron en las muestras analizadas de tomate en polvo:

- La presencia de gradientes de humedad (hasta en un 9%) en el envasado.
- Distribución heterogénea de tamaño de partícula.
- Conforme a lo esperado hubo una disminución de la densidad en el polvo de tomate al agregar el SiO<sub>2</sub>. Sin representar una diferencia significativa.
- El proceso de secado varía mucho por las condiciones atmosféricas y de condiciones de proceso, siendo causa de variación en el producto final. La composición del tomate hace suponer una cristalización amorfa de sus azúcares. Además, el trasiego del producto favorece su compactación, según concuerdan Barbosa (2002), Bhandari (2002), Durán (2000), Hartman (2011), Liu y Col. (2011), y Sarr y Col. en el 2008.

La adición de SiO<sub>2</sub> como antiapelmazante a concentración de 1.5%, permitió validar buenos resultados para el producto terminado. Con la condición de agregar el SiO<sub>2</sub> inmediatamente después de pasar por el secador. Los resultados fueron bastante aceptables, pues se presentaron algunos terrones en el 10% de los sacos, pero muy suaves, lo cual no representa problema para el consumidor. El resto permaneció de forma fluida.

Los resultados indican que el problema de apelmazamiento no es exclusivo de uno de los dos tipos de pastas de tomate empleadas como materia prima. Al no registrar diferencias significativas. Los resultados son alentadores, ya que el SiO<sub>2</sub> resuelve en gran medida el problema de apelmazamiento a una dosis de 1.5% con una aplicación al final del proceso de secado.

La empresa en cuestión está considerando implementar cambios al respecto en su línea de proceso. Estos resultados no habían sido reportados con anterioridad para este producto y proceso.

## 6. Referencias

Álvarez, V. Cornejo, F. (2008). *Efecto de las Condiciones de Almacenamiento en el Tiempo de Vida Útil de Productos de Consumo Masivos de Baja Humedad Empacados en Películas Plásticas*. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. XX. Pág. 12.

Banat, F. Jumah, R. Al-Asheh, S. Hammad, S. (2002). *Effect of Operating Parameters on the Spray Drying of Tomato Paste*. Engineering in Life Sciences. 2:12, Pages 403 - 407

Bansal, V. Sharma, H.K. and Nanda, V. (2014). *Optimization of spray drying process parameters for low-fat honey-based milk powder with antioxidant activity*. International Journal of Food Science & Technology. 49:4. Pag. 1196-1202. DOI: 10.1002/9781118292327.ch10

Barbosa, G. (2002). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Temas en Tecnología de Alimentos. *Caracterización de Alimentos en polvo*. Ed. Alfaomega. Pág. 306-323.

Bhandari, B.R. and Hartel, R.W. (2002), *Cocrystallization of Sucrose at High Concentration in the Presence of Glucose and Fructose*. Journal of Food Science. 67. Pages. 1797–1802.  
Candelas Cadillo, M. Alanís Guzmán, M. Río Olague, F. (2006). *Cuantificación de Licopeno y otros Carotenoides en Tomate y Polvo de Tomate*. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. X. (19).

Charley, Helen. (2004). *Tecnología de Alimentos*. Limusa. Noriega Editores. México Pág. 676.

CASTAÑEDA-OLIVARES, Felipe, LEMUS-HERNÁNDEZ, Julio César, ESPINOZA-ENRÍQUEZ, José Luis, AYALA-GUERRERO, Luis Mario. Control del apelmazamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) en polvo, producido por secado por aspersión. Revista de Simulación y Laboratorio. 2017.

- Chong, H.H., Simsek, S. and Reuhs, B.L. (2014). *Chemical Properties of Pectin from Industry Hot and Cold Break Tomato Products*. Food and Nutrition Sciences, 5, 1162-1167
- Cortés-Rojas, D.F. Fernandes, C.R. Pereira, W. (2015). *Optimization of spray drying conditions for production of Bidens pilosa L. dried extract*. Chemical Engineering Research and Design. 93. Pag. 366-376.
- Duran, J. (2000). *Sands, Powders, and Grains*. (An introduction to the Physics of Granular Materials). Springer. USA. 2000. Page 13.
- Fernández-Lozano, J. (2012). *Componentes de Calidad en el Tomate*. Revista énfasis alimentación. Año XVIII. 3-12-2012.
- Goula, A. M. Adamaoupulos, K. Kazakis, N. (2004). *Influence of spray drying conditions on tomato powder moisture*. Drying Technology: An International Journal 22: 5. Pag. 1129-1155.
- Hartman, M. Palzer, S. (2011). *Caking of amorphous powders*. Material aspects, modelling and applications. Powder Technology. 206:1-2. Pag. 112-121.
- Kwak, Hae-Soo. Nakagawa Kyuya. (2014). *Nano- and Microencapsulation for Foods*. John Wiley & Sons, Ltd. UK. Pag. 131. DOI: 10.1002/9781118292327.ch10
- Lipasek, R.A. Ortiz, J.C. Taylor, L.S. and Mauer, L.J. (2012). *Effects of anticaking agents and storage conditions on the moisture sorption, caking, and flowability of deliquescent ingredients*. Food Research International. 45:1. Pag. 369-380.
- Liu, F. Cao, X. Wang, H. Liao, X. (2010). *Changes of tomato powder qualities during storage*. Powder Technology. 204:1. Pag. 159-166.
- Manual de Calidad de la empresa objeto de estudio. (2014).
- Msagati, A.M. (2013). *Chemistry of Food Additives and Preservatives. Anticaking Agents*. John Wiley & Sons, Ltd. UK. Pag. 168. DOI: 10.1002/9781118274132.ch9
- Nonhenel, G. Moss, A. (2002). *El Secado de Sólidos en la Industria Química*. Editorial Reverté, Barcelona.
- Sarr, F. and Tsai, P.-J. (2008), *Effects of Acidification on PE Activity, Color and Antioxidant Properties of Cold Break Tomato Juice*. Journal of Food Quality, 31. Pag 34–47.
- Villalta, J. Monferrer, A. (1998). Boletín de BDN. *Food solutions*. No. 24 <http://bdnhome.com>. Consultado el 17 de agosto de 2016.
- [www.tradechemicalsmexico.com/products](http://www.tradechemicalsmexico.com/products).  
Página de productor de antiapelmazantes. Consultado el 6 de mayo de 2016.